

Projeto de uma Caixa de Velocidades com 9 Velocidades Aplicada a uma Fresadora

João Tiago Marinho da Silva Filipe

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Luís Andrade Ferreira



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Setembro de 2020

Dedico este trabalho aos meus pais e irmão.

Resumo

Um projeto é um processo único que consiste num conjunto de atividades coordenadas, com datas de início e fim, realizadas para atingir objetivos em conformidade com requisitos específicos, incluindo restrições de tempo, custo e recursos.

No presente documento é realizado um projeto de uma caixa de velocidades com 9 velocidades para aplicar a uma fresadora. Teve-se em conta as diferentes metodologias de gestão de projeto para a execução do mesmo, incluindo as quatro fases de um projeto: fase conceptual, fase de desenvolvimento e dimensionamento, fase de construção e fase de entrega. Numa primeira fase, começou-se por fazer uma análise à proposta inicial e de seguida definiram-se os requisitos de projeto que o equipamento devia de cumprir. Fez-se também uma análise às soluções existentes para o cumprimento dos requisitos e obteve-se uma solução. Numa segunda fase, verificou-se se a solução escolhida era válida e de execução possível através do dimensionamento dos equipamentos utilizando o programa KISSsoft. Numa terceira fase tratou-se do processo de fabrico de alguns componentes da solução. Por último fez-se um plano de manutenção do equipamento utilizando RCM com vista a garantir o correto funcionamento deste durante o período de vida útil.

No final do documento, é possível concluir que o cumprimento de todos os requisitos, necessários e desejados, numa só solução é de grande dificuldade senão impossível, por isso é necessária alguma flexibilidade no dimensionamento dos componentes. Conclui-se também que as ferramentas de manutenção centrada em fiabilidade são simples, mas poderosas na execução de planos de manutenção.

Abstract

A project is a single process that consists of a set of coordinated activities, with start and end dates, carried out to achieve objectives in compliance with specific requirements, including time, cost, and resource constraints.

In this document is carried out a design of a gearbox with 9 speeds to apply to a milling machine. The different project management methodologies for its execution were taken into account, including the four phases of a project: conceptual phase, development and dimensioning phase, construction phase and delivery phase. In a first phase, we started by an analysis of the initial proposal and then defined the design requirements that the equipment should meet. An analysis was also made to existing solutions for compliance with the requirements and a solution was obtained. In a second phase, it was verified whether the solution chosen was valid and possible execution through the sizing of the equipment using the KISSsoft program. In a third phase it was the manufacturing process of some components of the solution. Finally, a maintenance plan was made of the equipment using RCM to ensure the correct operation of the equipment during the useful life.

At the end of the document, it is possible to conclude that the fulfilment of all requirements in a single solution is of great difficulty if not impossible, so some flexibility is required in the sizing of the components. It is also concluded that reliability-centred maintenance tools are simple but powerful in executing maintenance plans.

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Luís Andrade Ferreira, por ter proposto um tema tão desafiante, cativante e completo. Agradeço também o apoio, orientação, conselhos e ensinamentos.

Aos professores Paulo Tavares de Castro e José Esteves pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas e fornecimento de material de consulta.

Aos meus amigos que me acompanharam ao longo do período da dissertação, sempre prontos para ajudar. Em especial ao Tiago Vieira, pela motivação, ambição, acompanhamento e disponibilidade demonstrada. Em especial também ao João Maria Aleluia, pela disponibilidade, entusiasmo e orientação.

Aos meus pais que ensinaram a lidar com a pressão, que sempre me apoiaram nas minhas decisões e me incentivam todos os dias a não desistir. Agradeço ainda pela paciência e disponibilidade.

Conteúdos

RESUMO	III
ABSTRACT	IV
AGRADECIMENTOS	V
CONTEÚDOS	VII
SIGLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABELAS	XV
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO DO PROJETO E MOTIVAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS DO PROJETO.....	2
1.3 MÉTODO SEGUIDO NO PROJETO	2
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
CAPÍTULO 2.....	5
ESTADO DE ARTE	5
2.1 MAQUINAGEM	5
2.1.1 <i>Fresagem</i>	5
2.2 ACIONAMENTO.....	6
2.2.1 <i>Motor elétrico</i>	6
2.2.2 <i>Tipos de motor</i>	6
2.2.3 <i>Constituintes de um motor de indução</i>	8
2.3 CAIXA DE VELOCIDADES	9
2.4 ENGRENAGEM	9
2.4.1 <i>Tipos de engrenagens</i>	9
2.5 ROLAMENTOS.....	11
2.5.1 <i>Tipos de rolamentos</i>	11
2.6 EMBRAIAGEM.....	11
2.6.1 <i>Embraiagem eletromagnética</i>	11
2.7 ESQUEMA DO SISTEMA	12
2.8 MANUTENÇÃO	13
2.8.1 <i>RCM (Reliability centred maintenance)</i>	13
2.8.1.1 <i>As sete perguntas da RCM</i>	13
2.8.1.2 <i>Diagrama de Decisão da RCM</i>	14
2.8.2 <i>FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)</i>	15
2.8.3 <i>RPN (Risk Priority Number)</i>	17
CAPÍTULO 3.....	19
FASE CONCEPTUAL.....	19
3.1 CLARIFICAÇÃO DO PROBLEMA	19
3.1.1 <i>Lista de requisitos proposta</i>	19
3.1.2 <i>Expansão da lista de requisitos</i>	20
3.1.2.1 <i>Lista de verificação e detalhamento</i>	20
3.1.2.2 <i>Método dos cenários</i>	23
3.1.3 <i>Lista de requisitos</i>	24

3.2	DESENVOLVIMENTO CONCEPTUAL	26
3.2.1	<i>Composição do equipamento</i>	26
3.2.2	<i>Princípios de funcionamento</i>	26
3.2.2.1	Acionamento	26
3.2.2.2	Caixa de velocidades	28
3.2.3	<i>Seleção de um conceito</i>	28
CAPÍTULO 4		31
FASE DE DESENVOLVIMENTO E DIMENSIONAMENTO		31
4.1	INTRODUÇÃO	31
4.2	ANÁLISE DO ACIONAMENTO	31
4.2.1	<i>Recomendações da WEG</i>	31
4.2.2	<i>Seleção do tipo de acionamento</i>	32
4.2.3	<i>Seleção do motor elétrico</i>	32
4.3	CADEIA CINEMÁTICA	35
4.3.1	<i>Definição da cadeia cinemática</i>	35
4.3.1.1	Seleção da razão de progressão	35
4.3.1.2	Seleção da variante construtiva	36
4.3.1.3	Seleção da variante cinemática	37
4.3.2	<i>Definição dos parâmetros base</i>	39
4.3.2.1	Embraiagens eletromagnéticas	39
4.3.3	<i>Parâmetros base</i>	40
4.3.4	<i>Dimensionamento da cadeia cinemática</i>	42
4.4	VEIOS	46
4.4.1	<i>Definição dos parâmetros de dimensionamento dos veios</i>	46
4.4.2	<i>Dimensionamento dos veios</i>	50
4.4.3	<i>Elementos de ligação</i>	51
4.4.4	<i>Caixa</i>	57
4.4.4.1	Dimensões da carenagem	57
4.4.4.2	Lubrificação	60
4.4.4.3	Circuito elétrico das embraiagens	61
4.5	MONTAGEM E DESMONTAGEM	62
CAPÍTULO 5		70
FASE DE CONSTRUÇÃO		70
5.1	INTRODUÇÃO	70
5.2	DESENHOS DE DEFINIÇÃO	70
5.3	PLANO DE FABRICO	70
5.3.1	<i>Matéria-prima</i>	70
5.3.2	<i>Operações de maquinagem</i>	71
5.4	SEQUÊNCIA DE MAQUINAGEM	72
CAPÍTULO 6		74
FASE DE ENTREGA		74
6.1	INTRODUÇÃO	74
6.2	RCM	74
6.2.1	FMEA	75
6.2.1.1	RPN	75
6.2.2	<i>Diagrama de decisão</i>	79
6.2.3	<i>Plano de manutenção</i>	79
6.3	CONCLUSÕES DA ANÁLISE	82
CAPÍTULO 7		84
CONCLUSÃO		84
7.1	TRABALHOS FUTUROS	84

REFERÊNCIAS.....	86
ANEXO A: METODOLOGIAS DE GESTÃO DE PROJETO	88
ANEXO B: FICHA TÉCNICA DO MOTOR ELÉTRICO	93
ANEXO C: CATÁLOGO DAS EMBRAIAGENS ELETROMAGNÉTICAS	95
ANEXO D: FICHA TÉCNICA DO AÇO DIN 42CRMO4	96
ANEXO E: FICHA TÉCNICA DO LUBRIFICANTE	98
ANEXO F: RELATÓRIO DAS ENGRENAGENS	99
ANEXO G: FICHA TÉCNICA DO AÇO DIN CK45	100
ANEXO H: RELATÓRIOS DOS VEIOS	101
ANEXO I: DIAGRAMAS DE CÁLCULO DOS VEIOS	102
ANEXO J: FICHA TÉCNICA DO FERRO FUNDIDO ASTM A48 CLASSE 40.....	111
ANEXO K: DESENHOS DE CONJUNTO	112
ANEXO L: DESENHOS DE DEFINIÇÃO	113
ANEXO M: ANÁLISE FMEA.....	114
ANEXO N: DIAGRAMAS DE DECISÃO DO EQUIPAMENTO	129

Siglas

Capítulo 2 Estado de Arte

D	D etetabilidade
FMEA	F ailure M ode and E ffects A nalysis
O	O corrência
S	S everidade
RCM	R eliability C entred M aintenance
RPN	R isk P riority N umber

Capítulo 3 Fase Conceptual

D	D esejado
N	N ecessário

Capítulo 4 Fase de desenvolvimento e dimensionamento

4.2) Análise do acionamento

f	Frequência
p	Número de polos
n_{nominal}	Velocidade nominal

4.3) Cadeia cinemática

a	Distância entre eixos
b	Espessura da engrenagem
d_a	Diâmetro de addendum
d_b	Diâmetro de base
d_i	Diâmetro interno
d_p	Diâmetro primitivo da engrenagem
EH	E ngrenagem H elicoidal
EC	E ngrenagem C ônica
i	Razão de transmissão
k_a	Fator de aplicação
m	Módulo da engrenagem

m_n	Módulo real da engrenagem
n_0	Velocidade do acionamento
n_1	Primeira Velocidade
n_z	Velocidade mais alta
R	Razão das velocidades extremas
$u_{k,1}$	Primeira relação de transmissão de cada mecanismo elementar
$u_{1,k}$	Relação de transmissão k do primeiro mecanismo de seleção
$u_{2,k}$	Relação de transmissão k do segundo mecanismo de seleção
x	Correção do dentado
z	Número de dentes
$z_{\text{velocidades}}$	Número de Velocidades
α	Ângulo de pressão
β	Ângulo de hélice
ϵ	Razão de condução
ϕ	Razão de progressão

4.4) Veios

AE	A nel E lástico
A_i	Área interna do parafuso
b_{chaveta}	Largura da chaveta
CP	C haveta P aralela
d_{fresa}	Diâmetro da fresa
$d_{i \text{ máx}}$	Diâmetro interno máximo
$d_{i \text{ parafuso}}$	Diâmetro interno do parafuso
$d_{m \text{ rosca}}$	Diâmetro médio da rosca do parafuso
d_{pm}	Diâmetro médio da cabeça do parafuso
d_{veio}	Diâmetro do veio
$dist_p$	Distância do parafuso ao centro do veio
E	E spaçador
F_{parafuso}	Força atuante no parafuso
F_a	Força Axial
F_r	Força Radial
h_{chaveta}	Altura da chaveta
l_{corte}	Comprimento mínimo da chaveta para resistir a esforços de corte
$l_{\text{esmagamento}}$	Comprimento mínimo da chaveta para resistir a esforços de esmagamento

l_{fresa}	Comprimento da fresa
L_{apoio}	Distância máxima entre apoios
m	Módulo da engrenagem
M	Binário aplicado à engrenagem
M_{aperto}	Momento de aperto do parafuso
M_{fresa}	Momento aplicado da fresa
M_t	Momento tursor aplicado
N_p	Pré-esforço
n_p	Número de parafusos
N_{Rd}	Esforço normal resistente
N_{sd}	Esforço normal atuante
n_s	Número de planos de escorregamento
$p_{parafuso}$	Passo do parafuso
r_a	Raio de addendum
RA	R olamento de A gulhas
RE	R olamento de E sferas
s	Espessura
sf	Espessura da flange
T	Esforço transversal
t_1	Profundidade do escatel do veio
$\tan(\rho')$	Coeficiente de atrito porca-parafuso
T_{Rd}	Esforço resistente transversal
V	V eio
w_f	Largura da flange
σ_{adm}	Tensão normal admissível
σ_c	Tensão de cedência
σ_{sd}	Tensão equivalente atuante
σ_{Rd}	Tensão equivalente resistente
σ_{Rotura}	Tensão de rotura
τ_{adm}	Tensão de corte admissível
μ	Coeficiente de atrito entre a cabeça do parafuso e o material a apertar

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema de um motor de indução (Santos, s.d.)	8
Figura 2 - Esquema de embraiagem eletromagnética	12
Figura 3 - Esquema do sistema	12
Figura 4 - Plano de decisão.....	15
Figura 5 - Diagrama de decisão.....	15
Figura 6 - Fluxograma da FMEA (CEI IEC 60812: Analysis techniques for system reliability) ...	16
Figura 7: Esquema de um acoplamento flexível (ktr, s.d.).....	27
Figura 8 - Esquema de um motor com base de apoio	27
Figura 9 - Esquema de um motor com flange (WEG, W22 Three-Phase Electric Motor).....	27
Figura 10 - Esquema do sistema a dimensionar	29
Figura 11 - Gráfico da eficiência energética do motor elétrico	33
Figura 12 - Curva de binário do motor elétrico.....	34
Figura 13 - Estrutura da variante cinemática	37
Figura 14 - Disposição axial da caixa de velocidades.....	44
Figura 15 - Diagrama de velocidades	44
Figura 16 - Esquema de montagem duplex de rolamentos	49
Figura 17 - Esquema da disposição dos parafusos da flange da caixa de velocidades.....	59
Figura 18 - Esquema hidráulico do sistema de lubrificação	61
Figura 19 - Esquema elétrico das embraiagens eletromagnéticas	61
Figura 20 - Esquema do veio do motor.....	62
Figura 21 - Esquema do veio 1	63
Figura 22 - Esquema do veio 2	64
Figura 23 - Esquema do veio 3	66
Figura 24 - Esquema do veio 4	68
Figura 25 - Diagrama Hierárquico de Blocos do Equipamento	75
Figura 26 - Esquema de melhoria possível.....	85

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Matriz morfológica de uma fresadora	7
Tabela 2 - Matriz morfológica de uma caixa de velocidades	10
Tabela 3 - Lista de Requisitos Proposta	19
Tabela 4 - Método dos cenários.....	23
Tabela 5 - Lista de requisitos do Acionamento	24
Tabela 6 - Lista de requisitos da árvore de saída	24
Tabela 7 - Lista de requisitos da caixa de velocidades	25
Tabela 8 - Características do modelo do motor elétrico	32
Tabela 9 - Cargas suportadas pelo veio do motor elétrico para 20000 horas de funcionamento ..	34
Tabela 10 - Variáveis conhecidas da cadeia cinemática	35
Tabela 11 - Seleção da variante construtiva da cadeia cinemática	36
Tabela 12 - Frequências de rotação da cadeia cinemática	38
Tabela 13 - Razões e relações de transmissão da cadeia cinemática.....	38
Tabela 14 - Razões de transmissão da cadeia cinemática corrigidas.....	39
Tabela 15 - Embraiagens eletromagnéticas	40
Tabela 16 - Verificação das frequências de rotação	43
Tabela 17 - Características das engrenagens.....	45
Tabela 18 - Velocidades de cálculo dos veios	46
Tabela 19 - Diâmetro interior máximo das engrenagens	47
Tabela 20 - Rolamentos dos veios.....	49
Tabela 21 - Verificação do veio do motor elétrico	50
Tabela 22 - Anéis elásticos.....	52
Tabela 23 - Chavetas.....	52
Tabela 24 - Cálculo do parafuso do veio 3.....	54
Tabela 25 - Parafusos das embraiagens	55
Tabela 26 - Espaçadores	56
Tabela 27 - Rolamentos de agulhas.....	56
Tabela 28 - Dimensões da caixa de velocidades.....	57
Tabela 29 - Carga provocada pelo funcionamento da caixa	58
Tabela 30 - Cálculo dos parafusos da caixa.....	58
Tabela 31 - Cálculo dos parafusos da tampa inferior do veio 4.....	59
Tabela 32 - Características do corte	71
Tabela 33 - Sequência de maquinagem do veio.....	72
Tabela 34 - Sequência de maquinagem da tampa.....	73

Tabela 35 - Sequência de maquinagem do pinhão	73
Tabela 36 - Tabela de Severidade (CEI IEC 60812: Analysis techniques for system reliability) ...	76
Tabela 37 - Tabela de Ocorrência	76
Tabela 38 - Tabela da Detetabilidade.....	77
Tabela 39 - Matriz de Criticidade.....	77
Tabela 40 - Análise RPN do Motor	78
Tabela 41 - Análise RPN da Caixa de Velocidades.....	78
Tabela 42 – Análise RPN do Sistema de Lubrificação.....	79

Capítulo 1

Introdução

O principal objetivo dos engenheiros é aplicar o seu conhecimento da ciência e da engenharia às soluções de problemas técnicos e de seguida optimisar essas soluções dentro dos requisitos e restrições definidas pelo material, pela tecnologia, pela economia, pela lei, pelo ambiente e pelas considerações relacionadas com o homem. Os problemas tornam-se em tarefas concretas, depois dos problemas que os engenheiros têm de resolver para criar novos produtos serem clarificados e definidos. O processo de desenvolvimento de uma solução a um dado problema é um projeto.

O projeto é uma atividade interessante da engenharia que:

- Afeta quase todas as áreas da vida humana
- Usa as leis e conhecimentos da ciência
- Cria sobre experiência especial
- Fornece os pré-requisitos para a realização física das soluções pensadas
- Requer integridade profissional e responsabilidade.

Os objetivos do projeto devem ser direcionados ao encontro dos objetivos para ser optimizado, tendo em conta as restrições dadas. Novas funções, tempo de vida maior, custos menores, problemas de produção e requisitos ergonómicos alterados são exemplos de razões possíveis para restabelecer novos objetivos do projeto. (Pahl, Feldhusen, Beitz, & Grote, 2007)

As fases do projeto passam pela fase inicial, a fase de desenvolvimento e dimensionamento, a fase de construção e a fase de entrega. (Burke, 2013)).

É neste contexto de interligação das diferentes fases do projeto que a presente dissertação se insere. Tem como principal objetivo o projeto de uma caixa de velocidades para aplicar a uma fresadora e tem como ponto de partida um conjunto de restrições impostas.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Os produtos de qualidade a baixo custo sempre foram cobiçados e com o desenvolvimento da indústria e a amplificação do mercado, permite que haja várias soluções para o mesmo problema, o que origina uma competição entre duas ou mais entidades para conseguir vender os seus produtos. A optimização do projeto de execução dos produtos está em constantes melhorias para cumprir com a meta de mercado. Desta forma, executar um projeto de um equipamento torna-se um desafio que exige uma boa combinação de conhecimentos

teóricos e práticos obtidos ao longo dos cinco anos de ensino académico e também das orientações e sugestões do professor Luís Andrade Ferreira.

1.2 Objetivos do projeto

Os objetivos traçados para a execução da presente dissertação são:

- Executar o projeto de um equipamento mecânico;
- Elaborar os desenhos de conjunto do equipamento;
- Elaborar os desenhos de definição dos componentes do equipamento que necessitem de ser produzidos;
- Definir o processo de fabrico dos componentes a ser fabricados;
- Executar um plano de manutenção utilizando a filosofia da Manutenção Centrada na Fiabilidade.

1.3 Método seguido no projeto

O presente trabalho está organizado tendo por base a metodologia apresentada por (Burke, 2013) que defende que um projeto é composto por 4 fases distintas: a fase inicial, a fase de desenvolvimento e dimensionamento, a fase de construção e a fase de entrega.

Fase inicial ou conceptual inicia o projeto, estabelecendo um propósito ou uma necessidade para o produto.

Fase de desenvolvimento e dimensionamento usa linhas de guia definidas pelo estudo de viabilidade para dimensionar o produto e desenvolver horários detalhados e planos para fazer e implementar o produto.

Fase de construção ou implementação implementa o projeto com base no plano definido na fase anterior.

Fase de entrega confirma que o projeto foi bem realizado.

Assim sendo, numa primeira fase, a fase conceptual, teve-se como objetivo elaborar a lista de requisitos de projeto e escolher uma solução possível ao problema. Numa segunda fase, a fase de desenvolvimento e dimensionamento, põe em prática a solução apresentada e faz as corretas verificações quanto ao cumprimento dos requisitos e viabilidade. Numa terceira fase, a fase de construção, são feitos os desenhos de definição e o processo de fabrico de alguns componentes do equipamento. Por fim, a fase de entrega, onde é elaborado um plano de manutenção para o tempo de vida útil do equipamento.

1.4 Estrutura da dissertação

(Burke, 2013) também explica que o método descrito no ponto 1.3 do presente documento, também pode ser aplicado para executar cada uma das 4 fases do projeto, dividindo-as em 4 subfases. Desta forma, aplicou-se este método não só ao desenvolvimento do projeto, mas também ao próprio documento.

Dividiu-se então o documento em 7 capítulos:

- Capítulo 1: Introdução.

Faz-se uma introdução e contextualização do tema, um enquadramento do projeto, definem-se os objetivos do documento, a metodologia seguida pelo documento e a forma como está estruturada.

- Capítulo 2: Estado da arte.
Faz-se uma introdução aos capítulos seguintes com uma explicação teórica dos conceitos abordados ao longo do documento.
- Capítulo 3: Fase conceptual.
São verificados os requisitos iniciais do projeto e expande-se a lista de requisitos para o equipamento. São também analisadas as soluções construtivas existentes para o problema e escolhido um conjunto de soluções que cumpre com os requisitos impostos.
- Capítulo 4: Fase de desenvolvimento e dimensionamento.
A solução escolhida é dimensionada, começando por dimensionar o acionamento do equipamento, de seguida a cadeia cinemática, os veios, os rolamentos e por fim os acessórios da caixa de velocidades bem como o cárter e a tampa da caixa.
- Capítulo 5: Fase de construção.
Três componentes da solução são estudados para produzir. Começa-se por executar os desenhos de definição, seguido da definição das operações de maquinação e posterior sequência de maquinação.
- Capítulo 6: Fase de entrega.
É aplicada a RCM para obter um plano de manutenção, realizando uma FMEA para definir os modos de falha e construir o plano com o conceito do RPN e dos diagramas de decisão.
- Capítulo 7: Conclusão
São discutidas as conclusões retiradas da execução da dissertação e os trabalhos futuros a realizar para complemento do projeto.

Capítulo 2

Estado de Arte

2.1 Maquinagem

A maquinagem é um processo de fabrico subtrativo. Pode ser realizada através de processos convencionais onde a remoção de material é realizada por corte, recorrendo a uma ferramenta sólida que interfere com o material da peça a maquinar. Apresenta-se como processo de fabrico muito versátil sendo possível enumerar as seguintes vantagens:

- Grande variedade de materiais (metais, polímeros e polímeros reforçados)
- Grande variedade de formas (regulares e irregulares)
- Elevada precisão dimensional e geométrica
- Bons acabamentos superficiais

Algumas limitações da maquinagem são as seguintes:

- Desperdício de material (apara removida é material desperdiçado)
- Elevado consumo de tempo na produção de médias a grandes séries, relativamente a outros processos (ex. fundição, forjamento).

Os processos de maquinagem convencionais recorrem a uma ferramenta de corte que interfere com o material e, nos casos dos materiais com comportamento elastoplástico, força a sua deformação plástica e fratura, destacando-se material da peça na forma de resíduos ou aparas (Jesus, 2019).

2.1.1 Fresagem

A fresagem é um tipo de maquinagem convencional em que utiliza uma fresa para remover material à peça a maquinar. O seu funcionamento consiste em transladar uma fresa em rotação contra a peça a maquinar, que pode ser realizado de várias direções, inclinações, velocidades de rotação e de avanço dependendo da geometria da ferramenta e da peça, mas ao contrário da furação em que a ferramenta é avançada na direção da ferramenta, na fresagem o avanço é perpendicular ao eixo da ferramenta.

A fresagem permite fazer as seguintes operações:

- Fresagem de cantos a 90°
- Facejamento
- Fresagem de perfis
- Cortes e fresagem de canais
- Fresagem de chanfros

- Tornofresamento
- Maquinagem de engrenagens
- Furos e cavidades / abertura de bolsões

Uma fresadora é composta por:

- Acionamento: introduzir energia ao sistema. Geralmente é feito por um motor elétrico. Este motor elétrico pode ser de corrente contínua ou de corrente alternada.
- Seleção de velocidades: seleciona a velocidade de rotação da ferramenta. Normalmente o motor de corrente contínua pode variar a velocidade de rotação com a variação da intensidade de corrente, logo, é possível selecionar a velocidade de rotação com o próprio motor. Já os motores de corrente alternada (de indução) trabalham sempre à mesma velocidade, então para alterar a velocidade da árvore de saída utiliza-se uma caixa de velocidades.
- Cabeçote ou árvore de saída: suporta a ferramenta. Pode ser vertical ou horizontal dependendo do tipo de fresadora. Caso seja vertical pode rodar em relação à mesa de trabalho ou ser fixa.
- Mesa: posiciona a peça a maquinar e faz o avanço da ferramenta. Existem diferentes formas de efetuar os avanços, no entanto não se irão tratar no presente documento uma vez que o trabalho proposto não requer o dimensionamento desta.

Na Tabela 1 está uma matriz morfológica de uma fresadora. É de notar que para o presente trabalho optou-se por utilizar um motor de indução, uma caixa de velocidades e a árvore de saída na vertical.

2.2 Acionamento

2.2.1 Motor elétrico

Motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. Os tipos mais comuns de motores elétricos são os motores de corrente contínua e os motores de corrente alternada.

2.2.2 Tipos de motor

Motor de corrente contínua é um motor que necessita de uma fonte de corrente contínua ou de um dispositivo que converta corrente alternada em corrente contínua. Pode funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites, no entanto prestam-se a controlos com grande precisão e flexibilidade. Sendo assim, o seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensem o custo de toda a instalação.

Motor de corrente alternada é um motor em que a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada e por isso são mais utilizados. Existem dois tipos de motor de corrente alternada: os motores síncronos e os motores de indução.

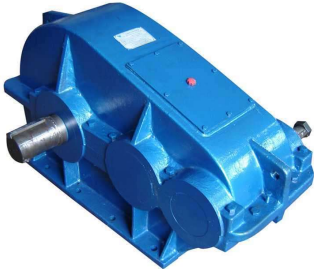
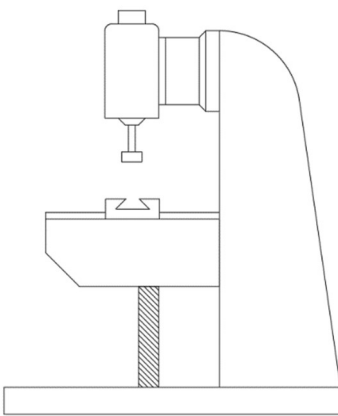
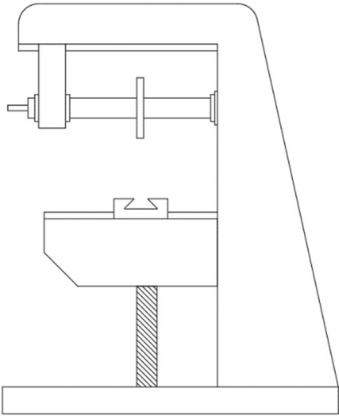
Motor síncrono funciona com uma velocidade fixa e é utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.

Motor de indução funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido à sua grande simplicidade, robustez e baixo custo, é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática.

Sistema de alimentação de um motor de corrente alternada pode ser monofásico ou trifásico. O sistema monofásico é utilizado em serviços domésticos, comerciais e rurais. O sistema trifásico é utilizado em aplicações industriais.

No motor de gaiola o rotor é constituído por um conjunto de barras não isoladas e interligadas por anéis de curto-circuito. O que caracteriza o motor de indução é que só o estator é ligado à rede de alimentação. O rotor não é alimentado externamente e as correntes que circulam nele, são induzidas electromagneticamente pelo estator, daí o nome motor de indução (WEG, Motores Elétricos, 2005)

Tabela 1 - Matriz morfológica de uma fresadora

Componentes	Soluções	
Acionamento	 Motor de corrente contínua (PNG EGG, 2020)	 Motor de indução (PNG EGG, 2020)
Seleção de velocidades	 Motor de corrente contínua	 Caixa de velocidades (SoGears, 2020)
Árvore de saída	 Vertical	 Horizontal

2.2.3 Constituintes de um motor de indução:

Um motor de indução, ilustrado na Figura 1, é composto por uma parte estática conhecida por estator e uma parte móvel conhecida por rotor.

Estator é composto pela carcaça, um núcleo de chapas e o enrolamento trifásico:

- Carcaça é a estrutura que suporta o equipamento e por isso é uma construção robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão e com alhetas para dissipar calor.
- Núcleo de chapas são chapas de aço magnético, tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas no ferro.
- Enrolamento trifásico são três conjuntos de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico ligado à rede trifásica de alimentação.

Rotor é composto pelo eixo, um núcleo de chapas e as barras e anéis de curto-circuito:

- Eixo transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor. É tratado termicamente para evitar problemas como empenamento e fadiga.
- Núcleo de chapas possuem as mesmas características das chapas do estator.
- Barras e anéis de curto-circuito são de alumínio injetado sob pressão numa única peça.

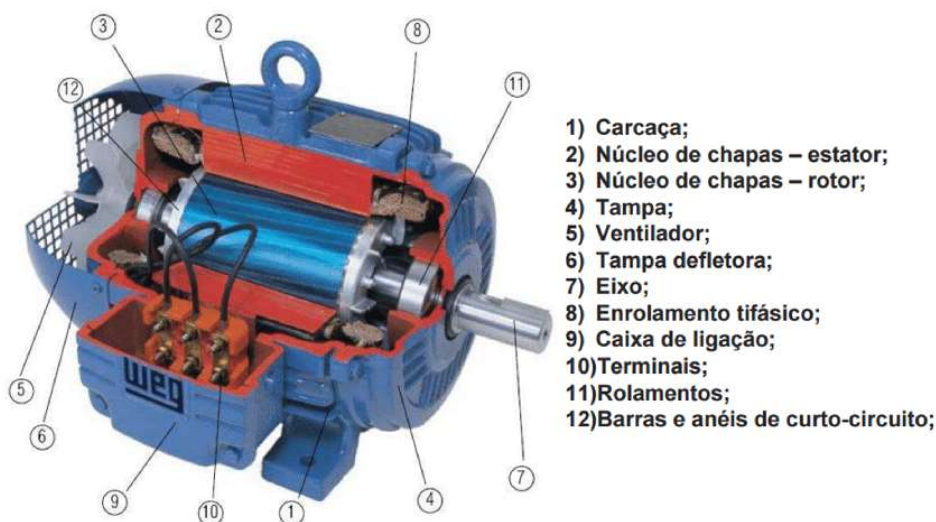


Figura 1: Esquema de um motor de indução (Santos, s.d.)

2.3 Caixa de velocidades

Uma caixa de velocidades é um equipamento mecânico que transforma a velocidade de rotação e o binário proveniente do acionamento sem alterar a potência, através de conjuntos de engrenagens. Quando a velocidade de saída da caixa de velocidades é inferior à velocidade de entrada, diz-se que a caixa de velocidades é redutora. A caixa de velocidades é composta por:

- Engrenagens: fazem a multiplicação da velocidade de entrada. Podem ser engrenagens de dentado reto, de dentado helicoidal, cónicas ou um sem-fim.
- Engrenamento: faz a ligação das engrenagens aos veios onde estão montadas de forma a que apenas uma engrenagem esteja engrenada em cada conjunto de engrenagens da caixa. Pode ser feita utilizando um veio estriado ou embraiagens.
- Apoio: permite a rotação dos veios e é responsável por transmitir os esforços provocados pelo funcionamento da caixa para o cárter. Pode ser feito utilizando chumaceiras radiais ou rolamentos.
- Lubrificação: lubrifica a caixa de velocidades para aumentar o tempo de vida útil dos componentes da caixa. Pode ser feita por chapinagem ou pode ser forçada.

Na Tabela 2 está ilustrada uma matriz morfológica de uma caixa de velocidades. As engrenagens seleccionadas foram engrenagens helicoidais para efetuar a variação de velocidades e como a árvore de saída é na vertical, também se seleccionou uma engrenagem cónica.

2.4 Engrenagem

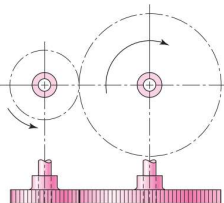
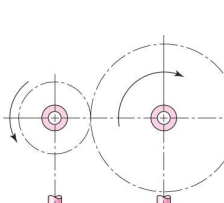
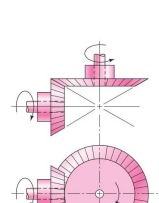
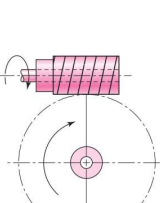
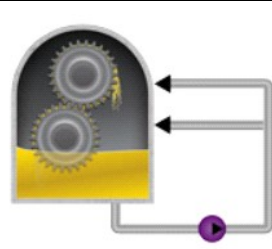
Chama-se engrenagem ao conjunto de duas rodas dentadas acopladas entre si. Um elemento isolado designa-se por roda dentada. Ao elemento dentado que tem menor número de dentes dá-se o nome de pinhão. As engrenagens classificam-se conforme a posição relativa dos eixos a que estão ligadas e entre os quais transmitem o movimento de rotação. (Castro, Engrenagens, 2013)

2.4.1 Tipos de engrenagens

Existem 4 tipos principais de engrenagens:

- Dentado reto: têm os dentes paralelos com o eixo de rotação e são usados para transmitir rotação entre os dois veios paralelos.
- Dentado helicoidal: têm os dentes inclinados em relação ao eixo de rotação. Podem ser usados nas mesmas aplicações que as engrenagens de dentado reto, e quando usadas, não fazem tanto ruído, devido ao maior engate gradual durante o engrenamento. O dentado inclinado também induz esforços axiais que não estão presentes quando usado dentado reto.
- Cónica: os dentes formam uma superfície cónica e são mais usados para transmitir movimento entre veios intersectados.
- Sem fim: o sem fim faz o efeito de parafuso e o sentido de rotação varia com o sentido de rotação do sem-fim e da direção da hélice do sem-fim (direita ou esquerda). Normalmente é usado para razões de velocidade muito elevadas.

Tabela 2 - Matriz morfológica de uma caixa de velocidades

Componentes	Soluções			
Engrenagens	 Dentado Reto (Budynas & Nisbett, 2009)	 Dentado Helicoidal	 Cônica	 Sem-fim
Engrenamento	 Veio estriado (Engineerlive, 2020)	 Embraiagem (Orthlinghaus, 2020)		
Apoio	 Chumaceiras Radiais (OMICrom, 2020)	 Rolamentos (SKF, 2020)		
Lubrificação	 Chapinagem	 Forçada		

2.5 Rolamentos

Rolamento é a classe de chumaceiras em que a carga principal é transferida através de elementos em contacto rolante em vez de contacto deslizante. É composto normalmente por 4 partes: o anel exterior, o anel interior, os elementos rolantes (normalmente esferas ou cilindros) e o separador.

2.5.1 Tipos de rolamentos

Os rolamentos são produzidos para aguentar cargas axiais, cargas radiais ou uma combinação de ambas. Os fabricantes de rolamentos fornecem manuais e catálogos com vasta informação sobre os tipos de rolamentos disponíveis. Alguns dos tipos de rolamentos mais usados são:

- Rolamento de esferas: suporta carga axial bem como radial. Pode ser de uma ou várias pistas dependendo da carga a aplicar.
- Rolamentos de cilindros: suporta mais carga radial que axial devido à área de contacto. Tem a desvantagem de requererem uma geometria quase perfeita das pistas e dos cilindros. Um pequeno desalinhamento é o suficiente para que os cilindros descarrilem.
- Rolamento de agulhas: É muito usado quando o espaço radial é limitado. Tem uma grande capacidade de carga quando são usados separadores.
- Rolamento cónico: Combina as vantagens dos rolamentos de esferas e dos rolamentos cilíndricos verticais, uma vez que suporta cargas axiais, radiais ou uma combinação de ambos e ainda tem a grande capacidade de carga dos rolamentos cilíndricos. O rolamento cónico está desenhado para que todos os elementos do rolamento se intersectem num ponto comum no eixo do rolamento.

2.6 Embraiagem

Uma embraiagem serve para transmitir potência entre dois veios ou uma roda dentada e um veio, igualando a velocidade dos dois. Podem ser de acionamento mecânico, eletromagnético ou hidráulico.

2.6.1 Embraiagem eletromagnética

Uma embraiagem eletromagnética opera eletricamente, mas transmite binário mecanicamente. São adequadas para operações remotas, uma vez que não é necessária nenhuma ligação mecânica para o seu funcionamento.

Na Figura 2 mostra uma embraiagem eletromagnética. O estator A contém um eletroímã e está ligado à caixa de velocidades por um suporte e está ligado a um circuito elétrico que alimenta a embraiagem. Montado entre o rotor B e o tambor C, estão anéis de atrito estriados exteriormente podendo transladar no tambor C e discos que se movem solidários com B. Com o sistema parado, quando o tambor roda, os anéis movem-se enquanto que os discos permanecem estacionários. Quando o eletroímã montado em A é acionado, cria um campo eletromagnético que empurra os anéis contra os discos e cria a transmissão de potência.

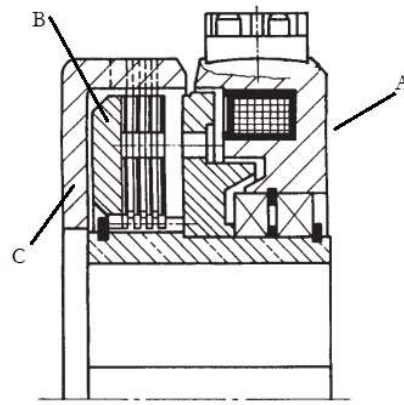


Figura 2 - Esquema de embraiagem eletromagnética

É de ter em atenção que o uso de embraiagens eletromagnéticas implica que as engrenagens estão permanentemente engrenadas umas nas outras, o que para aplicações com engrenagens de dentado helicoidal é uma grande vantagem.

2.7 Esquema do sistema

A Figura 3 mostra um esquema do que se pode esperar do sistema com um motor elétrico, uma embraiagem, rolamentos e engrenagens cilíndricas e uma cónica.

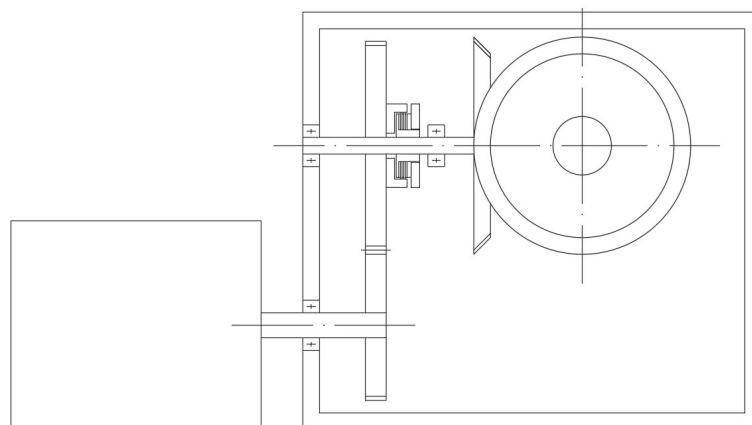


Figura 3 - Esquema do sistema

2.8 Manutenção

Manutenção assegura que os ativos físicos continuem a fazer o que os seus utilizadores querem que ele faça. (Moubray, 2003)

Um plano de manutenção é um conjunto estruturado de tarefas que compreendem as atividades, os procedimentos, os recursos, e a duração necessária para executar a manutenção. (NP EN 13306:2007: Terminologia de manutenção, 2007).

2.8.1 RCM (Reliability centred maintenance)

Manutenção centrada em fiabilidade é um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que os seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional. (Moubray, 2003)

A RCM tem como resultados:

- Maior segurança e proteção ambiental
- Desempenho operacional melhorado
- Maior eficiência do custo de manutenção
- Maior vida útil de itens caros
- Base de dados de manutenção completa

2.8.1.1 As sete perguntas da RCM

O processo RCM baseia-se em sete perguntas sobre cada um dos itens sob revisão (Moubray, 2003).

1. Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
2. De que forma ele falha em cumprir as suas funções?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que forma cada falha importa?
6. O que pode ser feito para prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Para responder a estas perguntas, é necessário primeiro definir os seguintes conceitos:

- Funções e padrões de desempenho: o que os utilizadores esperam que os ativos sejam capazes de fazer. Podem ser divididos em duas categorias:
 - Funções primárias: resumem a razão pela qual os ativos foram adquiridos
 - Funções secundárias: reconhecem que é esperado que o ativo faça mais do que simplesmente preencher as suas funções primárias.
- Falhas funcionais: razões para um item estar incapaz de preencher a função num padrão de desempenho que seja aceitável para o utilizador.
- Modos de falha: eventos que são razoavelmente prováveis de causar cada falha funcional.
- Efeitos de falha: descrevem o que acontece quando ocorre cada modo de falha
- Tarefas pró-ativas: tarefas empreendidas antes de uma falha ocorrer, de modo a prevenir o item de entrar num estado de falha. A RCM divide as tarefas pró-ativas em três categorias:

- Tarefas de restauro programado: restauro ou revisão de um conjunto numa determinada idade limite, ou antes dela, independente da sua condição naquele momento.
- Substituição programada: substituição de um conjunto numa determinada idade limite, ou antes dela, independente da sua condição naquele momento.
- Tarefas sob condição programada: detecção de potenciais falhas, de modo a permitir tomar uma ação de prevenção para evitar as consequências de uma falha funcional.

Existem dois tipos de causas para os modos de falha:

- As causas de raiz, onde o modo de falha é provocado pelo próprio equipamento, por exemplo, a quebra de um componente.
- As causas induzidas, onde o modo de falha é provocado por um motivo externo ao sistema, por exemplo, um motor elétrico deixar de funcionar porque houve um corte de electricidade pela parte do fornecedor.

2.8.1.2 Diagrama de Decisão da RCM

O diagrama de decisão ilustra todos os processos de decisão numa representação única. É realizado após a análise FMEA. Enquanto que a FMEA é o conjunto de informação, é no diagrama de decisão que se decide o que fazer. Este passo é de grande impacto pois terá consequências diretas nos planos de manutenção futuros. Erros de decisão ou decisões tomadas à pressa ou baseadas em informação errada podem trazer mais problemas do que benefícios. O diagrama é preenchido com auxílio do plano de decisão ilustrado na Figura 4. O plano de decisão é separado em 4 secções:

- Secção H: onde se avalia se a perda da função causada pelo modo de falha é evidente ao utilizador em condições normais;
- Secção S: onde se avalia se o modo de falha que causa a perda da função ou outro dano pode ferir ou matar alguém;
- Secção E: onde se avalia se o modo de falha que causa a perda da função ou outro dano pode quebrar algum regulamento ou padrão ambiental conhecido;
- Secção O: onde se avalia se o modo de falha tem um efeito direto adverso na capacidade operacional.

Percorrendo o plano de decisão para cada modo de falha, este devolve que tipo de tarefa pró-ativa aplicar ao modo de falha.

O diagrama de decisão Figura 5 é então preenchido da seguinte forma:

- A coluna H1/S1/O1/N1, regista se uma tarefa sob condição deve ser realizada de modo a antecipar o seu modo de falha em tempo útil.
- A coluna H2/S2/O2/N2 regista o uso de tarefas preventivas sistemáticas (programadas) com o intuito de prevenir o respetivo modo de falha.
- A coluna H3/S3/O3/N3 identificar se alguma tarefa de descarte é adequada para aquele modo de falha.

As colunas H4 H5 e S4 têm relevância se todas as respostas para a realização de tarefas pró-ativas forem negativas. A coluna H4 verifica se a análise da falha é tecnicamente viável ou não. A coluna H5 só é considerada se a resposta à coluna H4 for negativa e verifica se o efeito da falha tem consequências para o meio ambiente ou para a segurança dos demais. Por último a coluna S4 verifica se uma combinação de tarefas é tecnicamente viável e compensatória por forma a reduzir

o risco de falha para um nível aceitável. Se as respostas às ações anteriores forem negativas e houver impacto ambiental ou na segurança, o reprojeito é obrigatório.

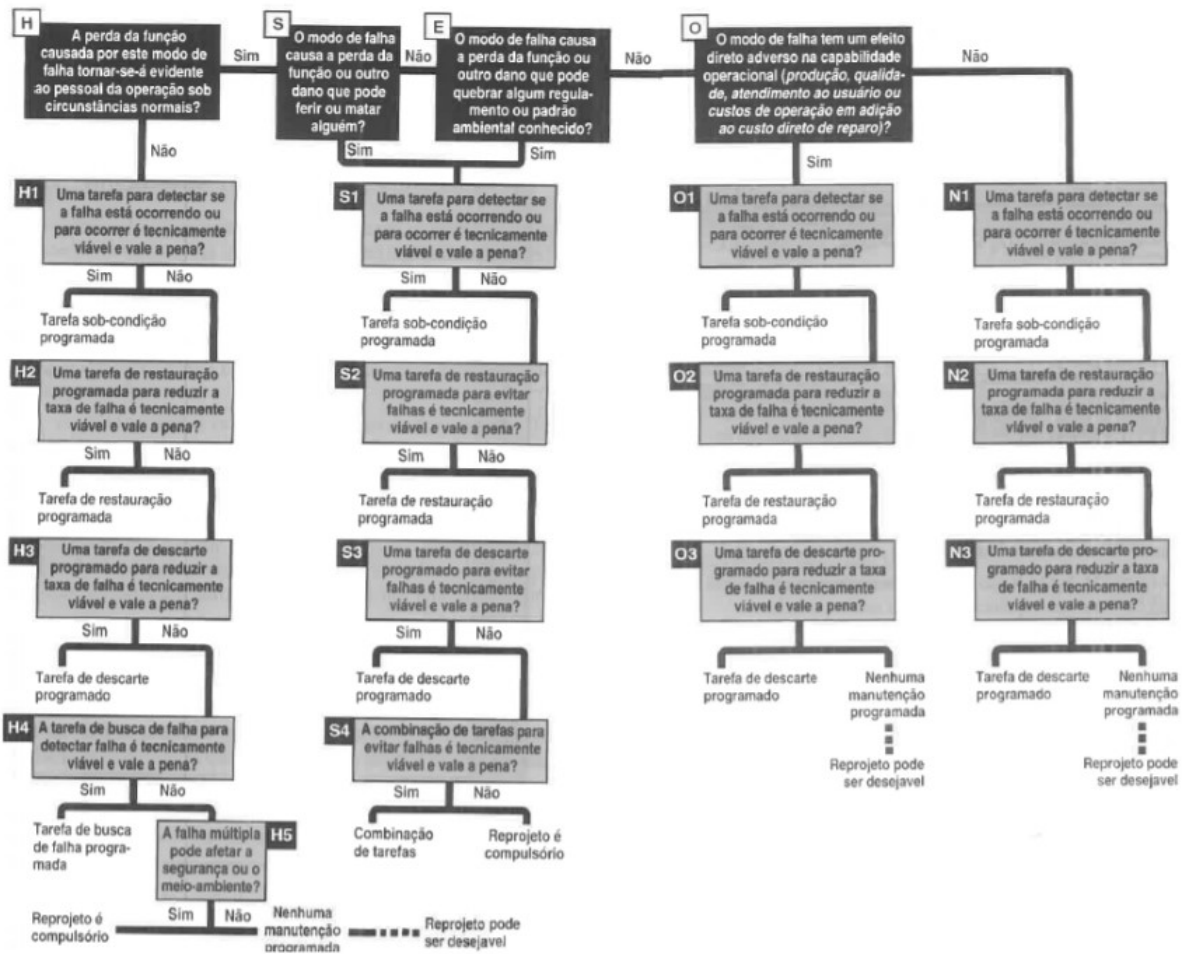


Figura 4 - Plano de decisão

Decision Worksheet												
Sistema: Motor Elétrico						Data de Início: 09/09/2020						
RCM Reference	Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Task				
F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	H4	H5	
							S1	S2	S3	S4	S5	
							O1	O2	O3	O4	O5	
							N1	N2	N3	N4	N5	
Recommended action												Initial Frequency
												Can be done by:

Figura 5 - Diagrama de decisão

2.8.2 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

FMEA (análise de modos de falha e efeitos) é uma ferramenta para utilizar RCM, nomeadamente, responder à pergunta 5. É uma técnica qualitativa da fiabilidade para sistematicamente analisar cada modo de falha possível dentro de um sistema e identificar as consequências nesse sistema, no próprio sistema e no utilizador. Uma FMEA completa é o resultado de uma equipa composta por indivíduos qualificados para reconhecer e avaliar a magnitude e consequências de vários tipos de potenciais soluções no projeto que levem a falhas. As razões para adotar uma FMEA podem ser:

- Identificar as falhas que causam efeitos indesejados na operação do sistema, por exemplo, impedir ou degradar significativamente a operação ou afetar a segurança do usuário;
- Satisfazer os requisitos contratuais de um cliente, conforme aplicável;

- Permitir melhorias na fiabilidade ou segurança do sistema (por exemplo, alteração de projeto ou ações de garantia de qualidade);
- Permitir a melhoria da capacidade de manutenção do sistema (destacando áreas de risco ou não conformidade para manutenção).

A análise deve ser realizada, de preferência, no início do ciclo de desenvolvimento para que a remoção ou mitigação dos modos de falha seja o mais barato possível. Esta análise pode ser realizada logo após o sistema estar definido o suficiente para ser apresentado por um diagrama de blocos funcional onde o desempenho dos elementos pode ser definido. É também um processo iterativo que é atualizado com o desenvolvimento do projeto. Alterações no projeto implicam que as partes relevantes de FMEA sejam revistas e atualizadas

Uma FMEA é aplicável a vários níveis de decomposição do sistema desde o nível mais alto do diagrama de blocos até às funções de componentes discretos ou comandos de software.

Esta metodologia está descrita no fluxograma ilustrado na Figura 6.

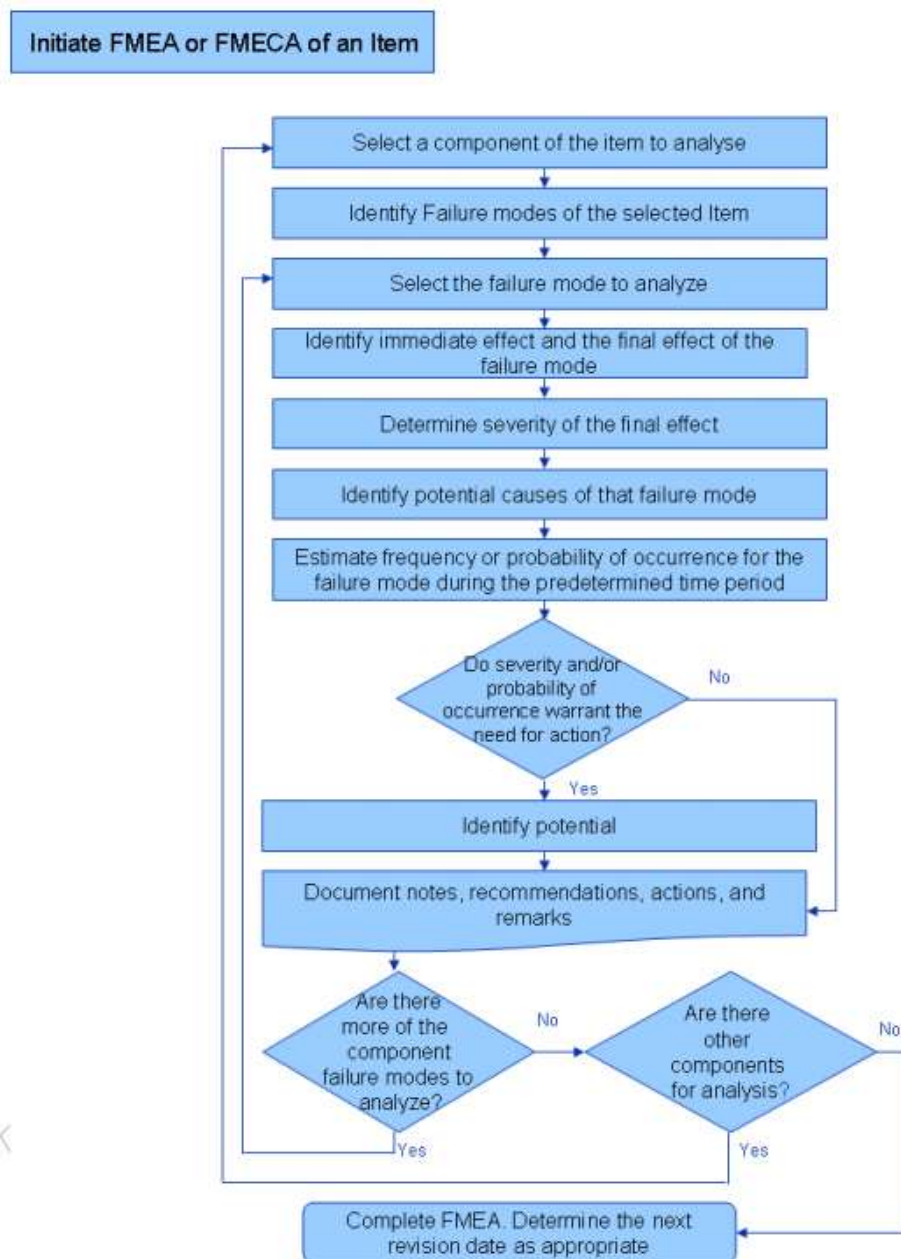


Figura 6 - Fluxograma da FMEA (CEI IEC 60812: Analysis techniques for system reliability)

2.8.3 RPN (Risk Priority Number)

Um dos métodos para determinar quantitativamente a criticidade é o RPN. O risco é avaliado por uma medida subjetiva da severidade do efeito (S), uma estimativa da probabilidade de ocorrência espectável para um determinado período assumido para análise (O) e um nível de detecção da falha a nível do sistema (D). Assim o RPN é calculado pela fórmula 2.1

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.1)$$

O RPN pode então ser usado para priorização quando se tratar da mitigação dos modos de falha. Para além da magnitude do RPN, a decisão da mitigação é principalmente influenciada pela severidade do modo de falha, o que significa que se houver modos de falha com RPN similares ou idênticos, o modo de falha que é tratado primeiro são os que têm uma maior severidade.

Severidade

A Severidade é a avaliação da gravidade do efeito de um modo de falha na operação de um item. A classificação dos efeitos da severidade é altamente dependente da aplicação da FMEA e do seu desenvolvimento em consideração dos seguintes fatores:

- Natureza do sistema em relação a potenciais efeitos nos utilizadores ou no que rodeia o sistema provocados por falhas;
- O desempenho funcional do sistema ou do processo;
- Requisitos contratuais impostos pelo cliente;
- Requisitos normalizados pelo governo ou pela indústria;
- Requisitos implícitos pela garantia.

Ocorrência

A probabilidade de ocorrência deve ser determinada de forma a avaliar adequadamente o efeito ou criticidade do modo de falha. Para determinar a ocorrência é muito importante considerar o perfil operacional (esforços mecânicos, elétricos ou ambientais aplicados) de cada componente que contribui para a probabilidade de ocorrência. Isto deve-se ao facto das taxas de falha dos componentes e consequentemente do modo de falha em consideração, normalmente aumentam com o aumento dos esforços aplicados.

Quando é estimada a probabilidade de ocorrência, a FMEA deve referir-se a um período para que as estimativas sejam feitas. Normalmente é o período de garantia ou de vida predeterminado de um item ou produto.

Detetabilidade

Detetabilidade é a probabilidade de um conjunto de controlos do processo, já implementados, detetarem e isolarem uma falha antes desta se transferir para os processos subsequentes ou para o produto final.

Capítulo 3

Fase Conceptual

Neste capítulo é tratada a fase conceptual do projeto, onde é explicada a função do equipamento e dos seus constituintes segundo a metodologia proposta por (Pahl, Feldhusen, Beitz, & Grote, 2007) (anexo A.1) que parte do problema proposto e culmina na obtenção de uma lista de requisitos e numa solução ao problema. Para isso, começa-se por clarificar o problema proposto com a análise e expansão da lista de requisitos (anexo A.2) e aplicação do método dos cenários e de seguida estudam-se as soluções existentes para problemas semelhantes e suas combinações de forma a atingir uma solução (anexo A.4).

3.1 Clarificação do problema

Nesta secção pretende-se mostrar o processo baseado na metodologia proposta por (Pahl, Feldhusen, Beitz, & Grote, 2007)(anexo A.2), para a definição da lista de requisitos necessária para a execução do projeto, partindo dos requisitos propostos.

3.1.1 Lista de requisitos proposta

Numa fase inicial foi utilizada a lista de requisitos fornecida na proposta do problema, reproduzida na Tabela 3. Esta lista tem os diferentes requisitos classificados como desejados (D) ou necessários (N). Uma vez que se trata da lista de requisitos fornecida, a solução tem de os cumprir, daí estarem todos classificados como necessários.

O equipamento a projetar é uma caixa de velocidades com 9 velocidades e com embraiagens eletromagnéticas, para aplicar numa fresadora.

Tabela 3 - Lista de Requisitos Proposta

Lista de Requisitos Para: caixa de velocidades	
D N	Requisitos
N	Potência do motor: 11,5kW/2800rpm
N	Velocidade máxima: 1000rpm
N	Velocidade mínima: 112rpm
N	Número de velocidades: 9

3.1.2 Expansão da lista de requisitos

Nesta secção está ilustrada a expansão da lista de requisitos de forma a que esta se torne mais clara e objetiva. Para isso, fez-se uma lista de verificação e detalhamento e de seguida aplicou-se o método dos cenários.

3.1.2.1 Lista de verificação e detalhamento

Segundo (Pahl, Feldhusen, Beitz, & Grote, 2007)(anexo A.3), os requisitos podem ser definidos com base nos seguintes parâmetros:

1. Geometria;	9. Produção;
2. Cinemática;	10. Controlo de qualidade;
3. Forças;	11. Montagem;
4. Energia;	12. Transporte;
5. Material;	13. Operação;
6. Sinais;	14. Manutenção;
7. Segurança;	15. Reciclagem;
8. Ergonomia;	16. Custo;
	17. Horários.

Detalhar estes parâmetros, não só facilita a definição dos requisitos, como ajuda a classificá-los como desejados ou necessários. Uma das formas de o fazer é utilizar o método descrito por (Pahl, Feldhusen, Beitz, & Grote, 2007) como é apresentado abaixo. Para o problema em questão foram omitidos os parâmetros irrelevantes, ou seja, aqueles que não acrescentam qualquer requisito à lista.

1. Geometria

Desenvolvimento:

- a. Distância das engrenagens
- b. Suportar ferramentas universais

Detalhamento:

- a. Distância das engrenagens

É de boa prática que as engrenagens estejam a uma distância mínima de 3 dentes do fundo do cárter para evitar que partículas sólidas originadas pelo desgaste do equipamento se possam depositar no fundo e não sejam arrastadas.

É também de salientar que as engrenagens devem estar separadas o suficiente para que não ocorra o risco de contacto entre elas e, para o caso das rodas montadas em embraiagens, ser possível a lubrificação dos rolamentos.

- b. Suportar ferramentas universais

O veio de saída deve suportar um porta-ferramentas normalizado.

2. Cinemática

Desenvolvimento:

- a. Movimento de descida da árvore
- b. Rotação da árvore
- c. Inversão do sentido da rotação

Detalhamento:

- a. Movimento de descida da árvore:

Algumas operações de maquinagem, por exemplo, furação, necessitam que a árvore efetue um movimento de descida. No entanto, uma vez que a máquina onde se vai aplicar a caixa de velocidades é uma fresadora, esta deve ter no mínimo três eixos, sendo um deles o movimento de subida, geralmente efetuado pela mesa da máquina. Logo, este movimento de translação da árvore, é apenas desejável, pois dificulta o projeto e consequentemente, aumenta o preço final da máquina.

- b. Rotação da árvore:

Algumas operações de maquinagem, requerem uma inclinação da árvore, por exemplo, chanfrar. No entanto, se o tamanho do chanfre a realizar for pequeno, há ferramentas capazes de cumprir com este requisito. Só se justifica a rotação da árvore, se o tamanho do chanfre for de grandes dimensões. Assim, este requisito é desejável e não necessário.

- c. Inversão do sentido da rotação:

O equipamento deve ser capaz de inverter o movimento.

3. Forças

Desenvolvimento:

- a. Forças provocadas pela maquinagem
b. Evitar vibrações

Detalhamento:

- a. Forças provocadas pela maquinagem:

Uma vez que o equipamento vai ser aplicado a uma fresadora, é necessário que este resista aos esforços provocados pelas diferentes operações de maquinagem.

- b. Evitar vibrações:

Como o equipamento vai ser aplicado a uma fresadora, o equipamento deve apresentar grande rigidez por forma a evitar vibrações que possam afetar o acabamento da peça a maquinar e aumentar a precisão da máquina.

4. Energia

Desenvolvimento:

- a. Energia elétrica
b. Fonte de alimentação disponível no local

Detalhamento:

- a. Energia elétrica:

A alimentação do equipamento é feita por energia elétrica com as características da rede elétrica em Portugal a nível industrial, ou seja, tensão de 400V e frequência de 50Hz. (EDP, s.d.)

- b. Fonte de alimentação disponível no local:

Uma vez que o equipamento vai ser aplicado a uma fresadora, é necessário ter uma fonte de energia disponível no local para a utilização da máquina

5. Material

Desenvolvimento:

- a. Componentes à base de aço
- b. Caixa em ferro fundido

Detalhamento:

- a. Componentes à base de aço

Uma vez que é um material com muito boas propriedades mecânicas para a aplicação em questão e barato, os componentes do equipamento vão ser à base de ligas de aço.

- b. Caixa em ferro fundido:

O ferro fundido cinzento apresenta boas características de fusão, o que é uma vantagem para o processo de fundição. Apresenta também boa maquinabilidade, boa resistência ao desgaste e à corrosão, excelente capacidade de amortecimento de vibrações e baixo custo. (Magalhães, 2000).

6. Sinais

Desenvolvimento:

- a. Seleção das velocidades

Detalhamento:

- a. Controlador:

Uma vez que as velocidades são engrenadas com embraiagens eletromagnéticas, é necessário que estas sejam controladas por um interruptor ou um controlador.

7. Segurança

Desenvolvimento:

- a. Paragem de emergência

Detalhamento:

- b. Paragem de emergência:

Por forma a manter a segurança do equipamento, caso ocorra uma emergência, é necessário que o equipamento pare ou desembreie de forma a permitir o movimento livre da árvore.

8. Produção

Desenvolvimento:

- a. Número de unidades

Detalhamento:

- a. Número de unidades:

O projeto é feito para produzir apenas uma unidade.

13. Operação

Desenvolvimento:

- a. Horas de trabalho
- b. Lubrificação das engrenagens e dos rolamentos

Detalhamento:

- a. Horas de trabalho:

É necessário que o equipamento seja capaz de resistir a 12 horas de funcionamento diário e as engrenagens um número total de 20000 horas.

- b. Lubrificação das engrenagens e rolamentos

Para que o equipamento tenha o tempo de vida desejado e as menores perdas possíveis, é necessário que os componentes móveis sejam lubrificados, ou seja, é necessária a lubrificação das engrenagens e dos rolamentos.

14. Manutenção

Desenvolvimento:

- a. Mudar o óleo
- b. Mudar os rolamentos

Detalhamento:

1. Mudar o óleo:

É necessário que o equipamento tenha uma entrada e uma saída de óleo, para efetuar a troca do mesmo. É também desejável que tenha um medidor do nível de óleo, com o fim de saber o nível de óleo e detetar alguma falha no sistema de lubrificação, como por exemplo, falta de óleo, má vedação, excesso de óleo, condições do lubrificante, desgaste das engrenagens caso apareçam aparas no óleo, ou a cor deste se altere, etc.

2. Mudar os rolamentos:

É necessário que o equipamento tenha pontos de acesso à caixa de velocidades por forma a facilitar o acesso aos componentes para facilitar a troca peças quando necessário.

3.1.2.2 Método dos cenários

Na Tabela 4 está ilustrado a aplicação do método dos cenários ao problema.

Tabela 4 - Método dos cenários

Maquinagem de uma peça		
O que pode acontecer?	Como é que o sistema deve reagir?	Requisito
Quebrar a ferramenta	Deve suportar a carga exercida pela rotura da ferramenta sem danificar a máquina	Suportar a carga exercida pela rotura das ferramentas
O sistema fica sem energia	O equipamento deve desembraiar e parar em segurança	Em caso de falha de energia, o sistema para em segurança.
Atingir o limite de binário máximo do motor	Deve interromper as operações	Limitar o binário do sistema

3.1.3 Lista de requisitos

Dada a composição do equipamento, pode-se separar os requisitos em 3 listas diferentes:

- Acionamento, onde estão as restrições ligadas ao motor elétrico;
- Árvore de saída, onde estão as restrições ligadas à saída da caixa de velocidades;
- Caixa de Velocidades, onde estão as restrições ligadas à caixa de velocidades.

Compondo os requisitos nas respetivas categorias, é possível obter as listas de requisitos representadas nas Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 5 - Lista de requisitos do Acionamento

Lista de Requisitos Para: Acionamento	
D N	Requisitos
D	Cinemática: Inversão do sentido de rotação
N	Força: Potência do motor: 11,5kW/2800rpm
N N N N	Energia: Alimentação elétrica feita pela rede elétrica em Portugal a nível industrial: Frequência: 50Hz Tensão nominal: 230V/400V (EDP, s.d.) Fonte de alimentação no local
D	Segurança: Limitador de binário

Tabela 6 - Lista de requisitos da árvore de saída

Lista de Requisitos Para: Árvore de saída	
D N	Requisitos
N	Geometria: Porta-ferramentas: DIN69882-8/ ISO 7388-1
D D	Cinemática: Movimento de descida da árvore Rotação da árvore

Tabela 7 - Lista de requisitos da caixa de velocidades

Lista de Requisitos Para: Caixa de Velocidades	
D N	Requisitos
N	Geometria: Distanciamento das engrenagens
N N N	Cinemática: Velocidade máxima: 1000rpm Velocidade mínima: 112rpm Número de velocidades: 9
N N N N	Força: Suportar as cargas provocadas pelo: -engrenamento; -maquinagem; -rotura da ferramenta Robustez do sistema
N N	Material: Componentes à base de aço Caixa em ferro fundido
N	Sinais: Interruptor para seleccionar as velocidades
N	Segurança: Interruptor de paragem de emergência
N	Produção: Produção de uma unidade
N N	Operação: Vida útil dos componentes de 20000 horas de trabalho. Lubrificação de engrenagens e rolamentos.
N N	Manutenção: Substituição de óleo Substituição de rolamentos

3.2 Desenvolvimento conceptual

Esta secção tem como objetivo ilustrar o processo de desenvolvimento conceptual, baseado na metodologia proposta por (Pahl, Feldhusen, Beitz, & Grote, 2007) (anexo A.4), em que culmina na escolha do conceito a utilizar no seguimento do projeto.

3.2.1 Composição do equipamento

De um modo geral, o equipamento é composto por 3 partes: o acionamento, a caixa de velocidades e a árvore de saída.

O acionamento é o elemento responsável por fornecer energia mecânica ao sistema. Geralmente o acionamento é feito por motores elétricos pois estes transformam energia elétrica com as características da rede disponível no local, na energia mecânica necessária para o acionamento da caixa de velocidades.

A caixa de velocidades é responsável por transformar a energia mecânica proveniente do acionamento em energia mecânica necessária para uma dada função. Neste caso, como a caixa de velocidades é para uma fresadora, o binário é elevado e a velocidade é relativamente baixa, assim, a caixa de velocidades é redutora, pois reduz a velocidade do equipamento, sem alterar a potência do mesmo, aumentando assim o binário à saída, permitindo executar as operações de maquinagem.

A árvore de saída é o veio de saída da caixa de velocidades e tem como função transmitir a energia mecânica transformada da caixa de velocidades para a ferramenta de corte, por intermédio de um porta-ferramentas.

3.2.2 Princípios de funcionamento

Para determinar o princípio de funcionamento do equipamento, explora-se de forma sistemática as diferentes soluções possíveis para cada uma das 3 partes do equipamento, obtendo assim, a solução que mais se adequa ao presente caso. Esta exploração sistemática é feita alterando variáveis relevantes, de modo a gerar o maior número de soluções possível, utilizando esquemas de classificação com base em diferentes parâmetros.

3.2.2.1 Acionamento

Posição do motor

Os motores elétricos podem ser montados em qualquer posição, assim, deve-se escolher a posição mais prática possível, ou seja, a que cause menos perdas ao equipamento, facilite a montagem e seja mais barata, mantendo a precisão da máquina.

Acoplamento do motor

O acoplamento do motor à caixa de velocidades pode ser feito de duas formas:

-Flexível, onde o veio do motor elétrico é ligado ao primeiro veio da caixa de velocidades por intermédio de um acoplamento flexível que absorve vibrações e desalinhamentos;

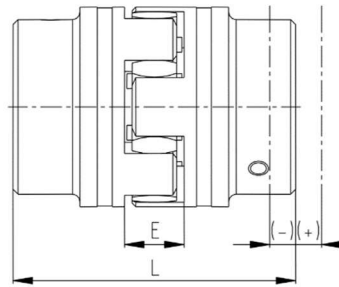


Figura 7: Esquema de um acoplamento flexível (ktr, s.d.)

-Rígido, onde o veio do motor elétrico é ligado ao primeiro veio da caixa de velocidades através de uma flange ou de uma engrenagem.

Montagem do motor

O motor pode ser montado de duas formas:

-Numa base exterior à máquina, onde a carcaça do motor tem apoios preparados para ser este ser aparafusado à base;

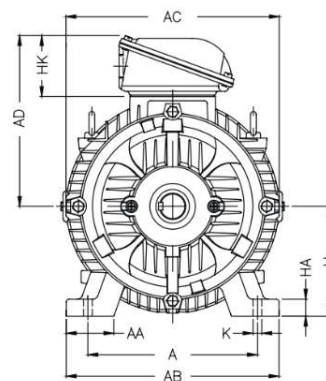


Figura 8 - Esquema de um motor com base de apoio

-Flangeado à própria caixa de velocidades.

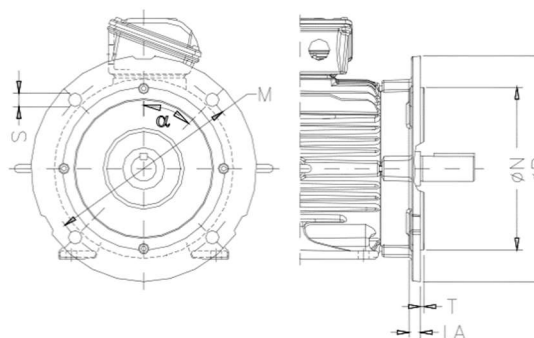


Figura 9 - Esquema de um motor com flange (WEG, W22 Three-Phase Electric Motor)

3.2.2.2 Caixa de velocidades

Acesso à caixa de velocidades

(Budynas & Nisbett, 2009) defendem que a caixa de velocidades requer acesso para posicionar o veio nos rolamentos e os rolamentos na carenagem. Isto faz-se tipicamente tendo acesso à chumaceira num dos topos do veio. Outra forma de ter acesso à caixa é fazer a caixa em duas metades ligadas por uma flange. Isto facilita a montagem e desmontagem, porque dá acesso a todas as partes da caixa e permite montar os veios fora da caixa.

Lubrificação

A lubrificação de uma caixa de velocidades geralmente é feita por chapinagem, mas em casos especiais, é feita por lubrificação forçada através de um circuito hidráulico.

- Chapinagem: consiste em mergulhar as rodas dentadas no lubrificante e elas lubrificam-se com a própria rotação destas, sendo uma forma barata de lubrificar o equipamento, no entanto, o consumo de óleo é superior. Esta solução tem uma velocidade limitada de 13 a 18m/s (Ferreira). Se for necessário, para que o óleo chegue a todas as engrenagens de forma conveniente, compartimenta-se o depósito.

- Forçada: consiste em lubrificar a caixa de velocidades através de dispersores que fazem uma “nuvem” de lubrificação à volta das engrenagens que as lubrifica. Este tipo de lubrificação também é usado para lubrificar os rolamentos, assim, pode-se utilizar rolamentos sem armadura desde que o sistema de lubrificação cumpra com o caudal necessário para a correta lubrificação. Esta solução é mais conveniente pois permite o controlo do débito, da limpeza e da temperatura do óleo, não tem limites de velocidade das engrenagens, permite a colocação das engrenagens em praticamente todas as direções e a existência do circuito hidráulico permite o controlo do desgaste dos componentes (Ferreira)

3.2.3 Seleção de um conceito

A solução escolhida relativamente a cada um dos subconjuntos do equipamento foi:

Acionamento

Foi escolhido utilizar um motor de indução com inversão do sentido de rotação, na horizontal, flangeado à caixa de velocidades e com uma engrenagem montada na ponta do veio deste.

Caixa de Velocidades

Uma vez que a caixa de velocidades possui embraiagens eletromagnéticas, optou-se por utilizar a caixa de velocidades na horizontal composta por duas metades, no entanto, como a saída da caixa de velocidades está na vertical, é necessária uma engrenagem cónica. Assim, para a correta lubrificação de todo o equipamento, optou-se por utilizar lubrificação forçada.

Árvore de saída

Decidiu-se que a árvore de saída permanece estática. Escolheu-se também utilizar o porta-ferramentas com a norma DIN ISO 7388-1. Dentro desta norma, optou-se por utilizar o modelo SK50 da (Haimer, s.d.)

Solução apresentada

A Figura 10 mostra um esquema mais pormenorizado do sistema a dimensionar, com as decisões tomadas.

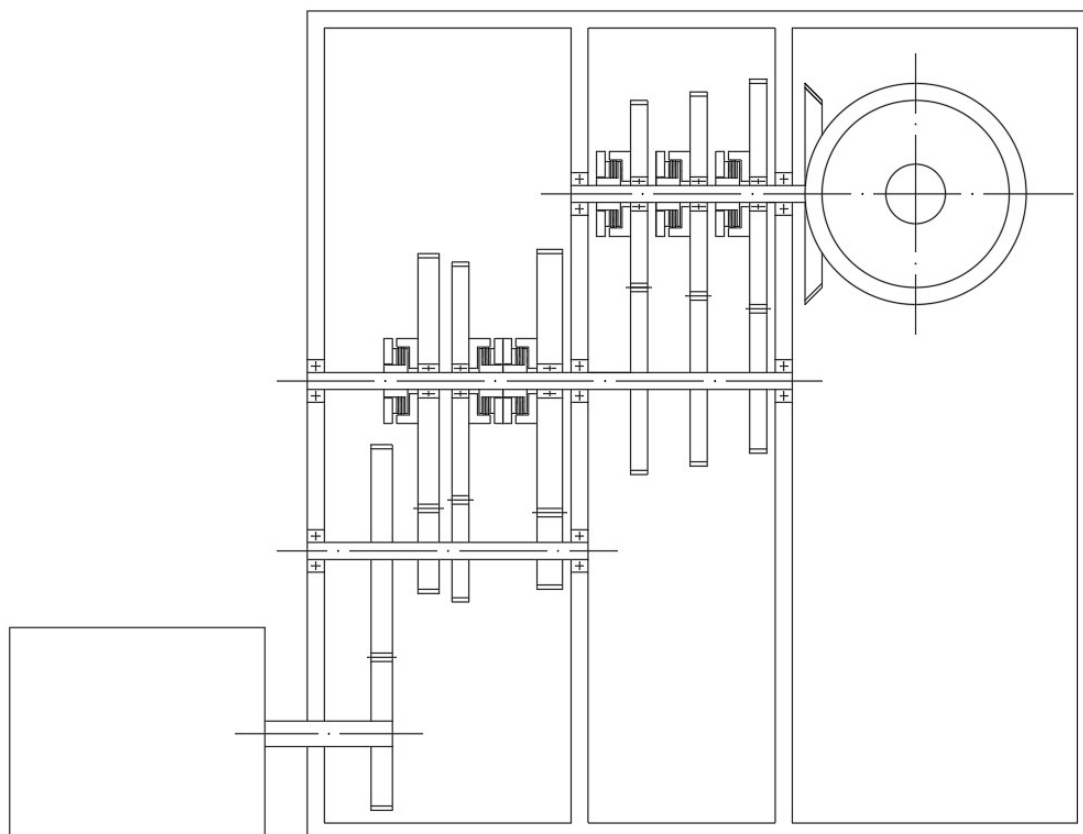


Figura 10 - Esquema do sistema a dimensionar

Capítulo 4

Fase de desenvolvimento e dimensionamento

4.1 Introdução

Neste capítulo está explicado o processo de dimensionamento do equipamento. Começa por determinar a potência de acionamento do equipamento e consequentemente a velocidade e binários fornecidos à caixa de velocidades, por isso, é necessário determinar o motor elétrico a utilizar na solução e determinar o ponto de funcionamento deste. De seguida, dimensiona-se a cadeia cinemática da caixa de velocidades. Tendo como ponto de partida a velocidade do motor, calcula-se as razões de transmissão para as 9 velocidades e os requisitos necessários ao dimensionamento das engrenagens com o auxílio do programa KISSsoft para determinar a geometria e as cargas de engrenamento. O passo seguinte é o dimensionamento dos veios e dos rolamentos. Determina-se quais os componentes a utilizar e o posicionamento destes nos veios e utilizando novamente o programa KISSsoft determina-se a geometria dos veios e dos rolamentos. Por fim dimensiona-se a espessura da caixa de velocidades e os parafusos de ligação da caixa e as características do sistema de lubrificação e sistema elétrico. O capítulo termina com a sequência de montagem do equipamento.

4.2 Análise do acionamento

Nesta secção está descrito todo o processo efetuado para a escolha do acionamento do equipamento. Relembrando a lista de requisitos para o acionamento e com o auxílio do catálogo da (WEG, W22 Three-Phase Electric Motor) obteve-se a solução ótima para o presente caso.

4.2.1 Recomendações da WEG

Segundo (WEG, Motores Elétricos, 2005), antes de se partir para a escolha do acionamento, deve-se ter em atenção as seguintes recomendações:

- O binário do motor deve ser sempre superior ao binário provocado pela carga, em todos os pontos entre zero e a rotação nominal. No ponto de interseção das 2 curvas o binário de aceleração é nulo, ou seja, é atingido o ponto de equilíbrio a partir do qual a velocidade permanece constante. Este ponto deve corresponder à velocidade nominal;
- O arranque do sistema deve ser feito no menor tempo possível para que o sistema não aqueça em demasia e não danifique as características físicas dos materiais isolantes;
- O motor deve funcionar no regime especificado sem que a temperatura dos seus constituintes não ultrapasse a classe do isolamento;
- O motor deve funcionar com valores de rendimento e fator de potência dentro da faixa ótima.

4.2.2 Seleção do tipo de acionamento

Conforme visto anteriormente, o acionamento é feito por um motor elétrico, no entanto, existem vários tipos de motores elétricos, ou seja, numa fase inicial é necessário fazer a seleção do tipo de motor a utilizar para se passar aos seguintes passos de seleção.

Uma vez que a aplicação do motor é numa máquina fresadora (ambiente industrial), determina-se que o motor a utilizar deve ser um motor de indução trifásico, uma vez que o equipamento funciona normalmente com velocidade constante, com ligeiras variações devido à carga mecânica aplicada ao eixo.

4.2.3 Seleção do motor elétrico

Com o tipo de motor determinado, a seleção do motor elétrico passa pela determinação dos seguintes parâmetros:

1. Potência;
2. Número de polos;
3. Tensão;
4. Eficiência;
5. Tipo de apoio;

A obtenção destes parâmetros só é possível com o auxílio das características do motor a seleccionar. Por isso, procedeu-se à escolha prévia de um modelo de motor que satisfaça os requisitos, até agora, estipulados, com o objetivo de obter o catálogo desse modelo. Escolheu-se o modelo W22 da WEG. Na Tabela 8 estão as gamas de motores disponíveis para este modelo disponíveis no (WEG, Motores Elétricos, 2005).

Tabela 8 - Características do modelo do motor elétrico

Características do modelo	
Potência de Saída	0,12kW a 500 kW
Número de Polos	2,4,6 e 8
Frequência	50Hz
Tensão	220-240/380-415 V
Carcaça	63 a 355 A/B
Cor	RAL 5009-Blue

1. Potência

Na lista de requisitos está estipulado que o motor elétrico deve fornecer, no mínimo, uma potência de 11,5 kW. Consultando os catálogos da (WEG, W22 Three-Phase Electric Motor), não se encontram motores com essa característica, por isso, selecciona-se a potência imediatamente a seguir, arredondando por excesso para garantir o cumprimento do requisito, ou seja, concluiu-se que o motor deve fornecer uma potência de 15 kW.

2. Número de polos

A velocidade de um motor de indução trifásico é dada pela expressão 4.1:

$$n_{nominal} = \frac{f}{p} \times 120 \quad (4.1)$$

Em que:

$n_{nominal}$	Velocidade nominal (rpm)
f	Frequência (Hz)
p	Número de polos

Como visto nos requisitos, a frequência disponível pela rede é de 50Hz e a velocidade mínima é de 2800 rpm, o que leva a que o número de polos seja $p \leq 2,14$, assim, $p = 2$ e $n = 3000$ rpm. Com estes dados e com a potência, consegue-se ir ao catálogo e concluir que a carcaça deste motor é a 160M.

3. Tensão

Como imposto pelos requisitos, o acionamento deve ser compatível com a rede elétrica disponível de 230/400V (EDP, s.d.), assim, o motor elétrico deve suportar uma tensão de 400V.

4. Eficiência

Este motor está disponível em 3 gamas de eficiência, IE2, IE3 e IE4. Analisando a Figura 11, para uma potência de 15kW, os rendimentos são de 90%, 91,67% e 93,05%, respetivamente. Uma vez apenas se vai produzir uma unidade do equipamento, a diferença de 3% de eficiência não compensa a escolha da gama mais eficiente, por isso, optou-se pela gama IE2.

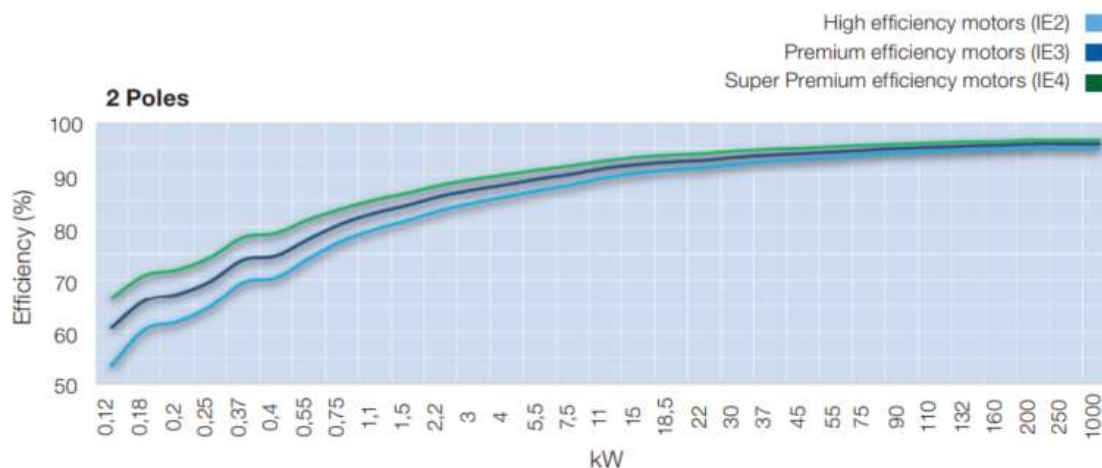


Figura 11 - Gráfico da eficiência energética do motor elétrico

5. Tipo de apoio

Como decidido anteriormente, o motor vai ser flangeado à caixa de velocidades, por isso, optou-se por utilizar a flange FF. Como a carcaça do motor é a 160M, a flange correspondente é a FF-300.

Motor Elétrico

Cumprindo com todos os requisitos, escolhe-se o motor W22 IE2 15kW 2P 160M 3F 230/400 V 50Hz IC411 – TEFC – B3T. Este modelo tem uma velocidade nominal de 2940 rpm, ou seja, 98% da velocidade de sincronismo. Analisando a curva de binário ilustrada na Figura 12, verifica-se que o binário do motor a essa rotação é de 48,7Nm, cumprindo com as recomendações da WEG.

É necessário ainda verificar se o motor suporta as cargas exercidas pela engrenagem montada na ponta do veio. Na Tabela 9 estão representadas as cargas máximas e a posição dos pontos de aplicação para 20000 horas de funcionamento, retiradas do anexo B.

Tabela 9 - Cargas suportadas pelo veio do motor eléctrico para 20000 horas de funcionamento

Posição da carga	Fr (kN)	Sentido da carga	Fa (kN)
L	2,3	Do veio para o motor	-1,7
L/2	2,6	Do motor para o veio	+2,4
L-Comprimento do veio do motor (para o motor escolhido, L=80mm)			

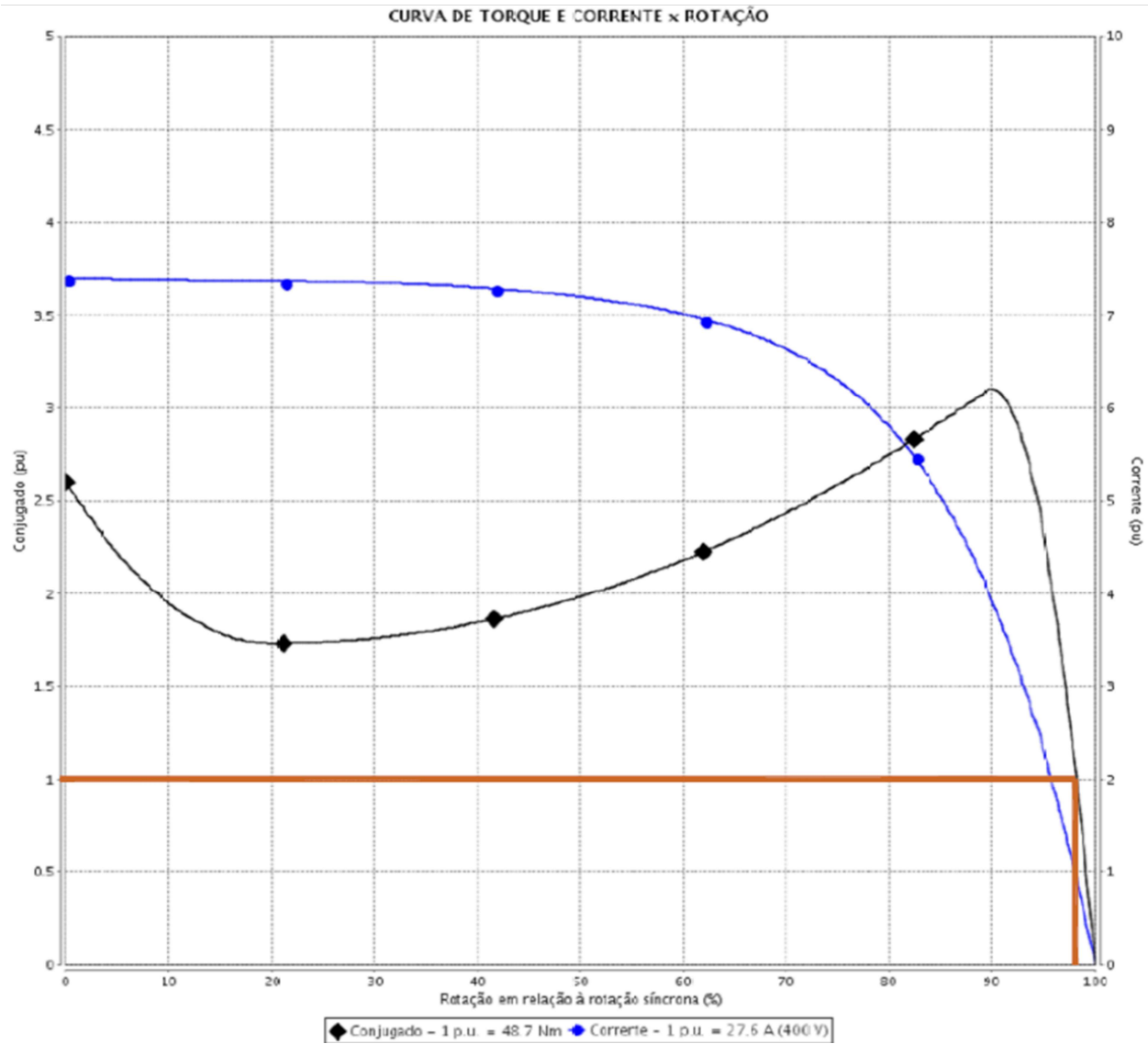


Figura 12 - Curva de binário do motor eléctrico

4.3 Cadeia cinemática

Nesta secção pretende-se mostrar o processo de dimensionamento da cadeia cinemática do equipamento tendo por base a metodologia descrita por (Almacinha & Seabra).

Uma vez que as restrições já estão definidas, o processo arranca com a definição da cadeia cinemática, onde se obtém a razão de progressão, a variante construtiva e a variante cinemática. De seguida, definem-se os parâmetros base para restringir e facilitar o dimensionamento. Por fim introduzem-se os dados no programa KISSsoft da KISSsoft AG que fornece a solução ótima.

4.3.1 Definição da cadeia cinemática

O projeto de uma caixa de velocidades obriga à definição prévia do campo de velocidades de trabalho, número de velocidades ($z_{\text{velocidades}}$) e da razão da sua progressão (ϕ).

4.3.1.1 Seleção da razão de progressão

A norma DIN 804 especifica os valores nominais, em plena carga, das frequências de rotação e avanços das máquinas-ferramentas para trabalho de metais por arranque de apara, comandadas diretamente por motores elétricos, bem como as razões de progressão (ϕ) das séries básica R20 e suas derivadas R20/2, R20/3, R20/4 e R20/6.

O sistema de normalização das velocidades permite estabelecer a relação entre a razão das velocidades de rotação extremas (R), a razão de progressão (ϕ) e o número de velocidades (z) de uma caixa, através das seguintes expressões:

$$n_z = n_1 \times \phi^{(z-1)} \quad (4.2)$$

$$\phi = \sqrt[(z-1)]{\frac{n_z}{n_1}} = \sqrt[(z-1)]{R} \quad (4.3)$$

Para o equipamento a dimensionar, as variáveis das equações 4.2 e 4.3 já conhecidas estão na Tabela 10:

Tabela 10 - Variáveis conhecidas da cadeia cinemática

Variáveis conhecidas	
n_z (rpm)	1000
n_1 (rpm)	112
n_0 (rpm)	2800
$z_{\text{velocidades}}$	9

Assim,

$$R = \frac{1000}{112} = 8,93$$

$$\phi = \sqrt[(z-1)]{R} = \sqrt[8]{8,93} \approx 1,315$$

Os escalonamentos com razões $\phi=1,25$ e $\phi=1,4$ são os utilizados com mais frequência nas caixas de velocidade de máquinas-ferramentas, dado que possuem uma diminuição relativa da velocidade de corte de 20 e 30%, respetivamente. Consultando a norma DIN 804, verifica-se que $\phi=1,315$ não é um valor da razão de progressão normalizado, logo, optou-se por aproximar por defeito à razão de progressão normalizada mais próxima, $\phi=1,25$.

4.3.1.2 Seleção da variante construtiva

A cadeia cinemática deve garantir uma gama de 112 a 1000 rotações por minuto na árvore de saída, a partir de uma velocidade de rotação constante de 2800 rotações por minuto, do veio de entrada. Como para o equipamento a desenvolver, definiu-se que o número de velocidades seria 9, através da Tabela 11 é possível dizer que a cadeia cinemática é composta por 2 mecanismos elementares (transmissões de grupo – conjuntos de transmissões por engrenagens dispostas entre dois eixos adjacentes da caixa), assegurando cada um deles 3 diferentes razões de transmissão, resultando num valor mínimo de 12 rodas dentadas. É de relembrar que apesar de a caixa ser composta por 2 mecanismos elementares, esta também tem uma engrenagem montada no veio do motor elétrico para efetuar o acionamento e uma engrenagem cônica montada à saída da caixa com o objetivo de posicionar na vertical a árvore de saída.

Tabela 11 - Seleção da variante construtiva da cadeia cinemática

Número de velocidades da caixa	Variantes construtivas da cadeia cinemática			Nº mínimo de rodas em caixas s/rodas conjugadas
4	2-2			8
6	3-2	2-3		10
8	2-2-2			12
	4-2	2-4		
9	3-3			
10	5-2	2-5		14
12	3-2-2	2-3-2 (1)	2-2-3	
	4-3	3-4		16
	6-2	2-6		
15	5-3	3-5		
16	2-2-2-2			
	4-2-2	2-4-2	2-2-4	
	4-4			
18	3-3-2	3-2-3	2-3-3	
	6-3	3-6		18
(1) - Permite a sua fácil conversão em caixa de 18 velocidades.				

Escolhida a variante e, conseqüentemente, o seu número de mecanismos elementares, deve-se verificar se a razão R estabelecida para a caixa é garantida por esta configuração, atendendo as restrições impostas:

$$R \leq R_{\text{máx}}, R_{\text{máx}} = 8^w$$

Uma vez que $8,93 \leq 8^2$ verifica-se que a razão R é garantida. Na Figura 13 encontra-se um diagrama da estrutura da variante cinemática escolhida.

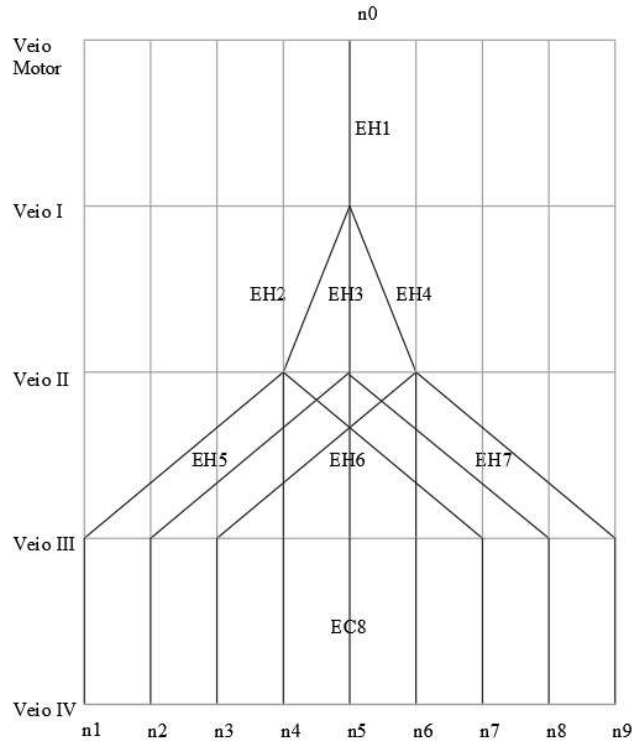


Figura 13 - Estrutura da variante cinemática

4.3.1.3 Seleção da variante cinemática

A primeira relação de transmissão de cada mecanismo elementar é dada pela equação 4.4 e as restantes são dadas pelas equações 4.5 e 4.6. Nestas equações, $t_1=1$ por ser o mecanismo de base e $t_2=3$ que corresponde ao número de velocidades do mecanismo elementar anterior.

$$u_{k,1} = \sqrt{\frac{n_1}{n_0}} \quad (4.4)$$

$$\frac{u_{1,k}}{u_{1,1}} = \phi^{t_1(k-1)} = \phi^{(k-1)} \quad (4.5)$$

$$\frac{u_{2,k}}{u_{2,1}} = \phi^{t_2(k-1)} = \phi^{3(k-1)} \quad (4.6)$$

Com estas relações e recordando a equação 4.2, obteve-se a solução para as velocidades apresentada na Tabela 12 e as razões de transmissão das engrenagens na Tabela 13.

Tabela 12 - Frequências de rotação da cadeia cinemática

Frequência de rotação		
	Calculada (rpm)	Normalizada (rpm)
n1	112	112
n2	140	140
n3	175	180
n4	218,75	224
n5	273,44	280
n6	341,80	355
n7	427,25	450
n8	534,06	560
n9	667,57	710

Tabela 13 - Razões e relações de transmissão da cadeia cinemática

Relação de transmissão	Razão de transmissão $i=1/u$
$u_{1,1}=1$	$i_{1,1}=1$
$u_{2,1}=0,2$	$i_{2,1}=5$
$u_{2,2}=0,25$	$i_{2,2}=4$
$u_{2,3}=0,3125$	$i_{2,3}=3,2$
$u_{3,1}=0,2$	$i_{3,1}=5$
$u_{3,2}=0,39$	$i_{3,2}=2,56$
$u_{3,3}=0,76$	$i_{3,3}=1,31$
$u_{4,1}=1$	$i_{4,1}=1$

Por razões de limitação das dimensões de atravancamento da caixa, em que se evitam rodas dentadas de grande diâmetro, ou quando os números de dentes das rodas ou as velocidades tangenciais no círculo primitivo têm de ser limitados, as relações de transmissão de qualquer engrenagem numa caixa devem estar compreendidas entre os seguintes valores:

$$\frac{1}{4} \leq u_{i,j} \leq \frac{2}{1}$$

É de notar que para este caso, $u_{1,1} < 1/4$. Para contornar este problema, optou-se por aumentar a velocidade mínima n1, de modo a cumprir com a recomendação. No entanto, verificou-se que a nova velocidade máxima era superior à velocidade imposta pelas restrições iniciais. Para resolver este problema, aumentou-se a razão de transmissão da engrenagem à saída do motor eléctrico, passando de $i_{1,1} = 1$ para $i_{1,1} = 1,6$, para fazer esta correção de velocidade. Poder-se-ia efetuar essa correção na engrenagem cónica, no entanto, por uma questão de estabilidade da árvore de saída, optou-se por manter a razão de transmissão igual a 1. A Tabela 14 tem as razões de transmissão corrigidas.

Tabela 14 - Razões de transmissão da cadeia cinemática corrigidas

Relação de transmissão	Razão de transmissão	Razão de transmissão normalizada aproximada	Razão de transmissão normalizada exata
$u_{1,1}=0,62$	$i_{1,1}=1,61$	$i_{1,1}=1,6$	$i_{1,1}=1,5849$
$u_{2,1}=0,25$	$i_{2,1}=3,94$	$i_{2,1}=4$	$i_{2,1}=3,9811$
$u_{2,2}=0,32$	$i_{2,2}=3,16$	$i_{2,2}=3,15$	$i_{2,2}=3,1623$
$u_{2,3}=0,4$	$i_{2,3}=2,51$	$i_{2,3}=2,5$	$i_{2,3}=2,5119$
$u_{3,1}=0,25$	$i_{3,1}=3,94$	$i_{3,1}=4$	$i_{3,1}=3,9811$
$u_{3,2}=0,50$	$i_{3,2}=2,02$	$i_{3,2}=2$	$i_{3,2}=1,9953$
$u_{3,3}=0,97$	$i_{3,3}=1,03$	$i_{3,3}=1$	$i_{3,3}=1$
$u_{4,1}=1$	$i_{4,1}=1$	$i_{4,1}=1$	$i_{4,1}=1$

4.3.2 Definição dos parâmetros base

De modo a facilitar a escolha da solução final, tentou-se definir o máximo de parâmetros possíveis seguindo diferentes abordagens e conselhos de modo a restringir os resultados. Começou-se por escolher as embraiagens eletromagnéticas a utilizar. De seguida, determinaram-se os seguintes parâmetros:

1. material;
2. classe de qualidade;
3. lubrificante;
4. modo de lubrificação;
5. temperatura de serviço;
6. potência de engrenamento;
7. velocidade de rotação do pinhão;
8. vida útil da engrenagem;
9. fator de aplicação;
10. ângulo de pressão;
11. ângulo de hélice;
12. razão de transmissão;
13. número de dentes do pinhão;
14. diâmetro interno;
15. relação entre a espessura e o módulo.

4.3.2.1 Embraiagens eletromagnéticas

A escolha das embraiagens eletromagnéticas deu-se com base num cálculo prévio do binário transferido às rodas dentadas de cada engrenagem. Uma vez que, a potência do acionamento da caixa de velocidades é de 15kW e já foram determinadas as razões de transmissão, é possível saber qual o binário a suportar por cada engrenagem. Escolheram-se modelos da série 0010-057 da Ortlinghaus, cujo catálogo está disponível no anexo C, pois trabalha sobre lubrificação (“wet running only”), é livre de manutenção e abrange os binários requeridos. Estas embraiagens são aparafusadas na lateral das engrenagens, o que faz com que exista um rolamento entre as engrenagens e o veio em que estas estão montadas para permitir o desacoplamento dos mesmos.

Na Tabela 15 encontram-se os binários a suportar das diferentes rodas e a referência da embraiagem a utilizar.

Tabela 15 - Embraiagens eletromagnéticas

Embraiagens eletromagnéticas				
Engrenagem	Frequência de rotação da roda dentada	Binário necessário	Referência da embraiagem (cup housing)	Binário disponível
2,1	465,5	307,7	032	360
2,2	595,1	240,7	032	360
2,3	744,8	192,3	031	240
3,1	116,4	1230,8	055	2000
3,2	232,8	615,4	047	720
3,3	465,5	307,7	032	360

É de salientar que neste ponto do projeto, a embraiagem da engrenagem 2,3 apenas necessita de uma embraiagem 027, mas no posterior dimensionamento dos veios é necessário que o veio onde esta embraiagem será montada tenha um diâmetro de 55mm, que não é possível obter com a embraiagem mais pequena.

4.3.3 Parâmetros base

1. Material

Segundo (Castro, Engrenagens, 2013), optou-se por escolher um material equilibrado em termos de custo e de propriedades mecânicas, ou seja, para que a solução não tenha uma geometria muito grande, no caso da utilização de um material pouco resistente, nem seja muito cara, no caso da utilização de um material muito resistente. Deste modo, escolheu-se o aço 42 CrMo 4 com endurecimento por temperatura à chama, cujas propriedades encontram-se no anexo D

É de notar ainda que as propriedades do material diminuem com o aumento das dimensões do material em bruto, assim deve-se adaptar as propriedades do material para cada roda, em função do diâmetro do varão inicial necessário para proceder à maquinagem do mesmo.

2. Classe de qualidade

Segundo a norma DIN 3962, a gama de classes de qualidade das máquinas ferramenta varia entre 5-10, sendo 5 a mais alta. Uma vez que o sistema a dimensionar, vai ser aplicado a uma máquina-ferramenta de precisão, optou-se por escolher a classe de qualidade 6.

3. Lubrificante

O lubrificante é escolhido por tentativa erro, começando por escolher o lubrificante com menor viscosidade disponível no programa KISSsoft e verificar se este cumpria com a vida útil necessária para todas as engrenagens. Caso não se verifique, aumenta-se gradualmente a viscosidade até ser verificada a vida útil de todas as engrenagens.

4. Modo de lubrificação

O modo de lubrificação, como visto no capítulo anterior, é forçado.

5. Temperatura de serviço

Segundo (Ferreira), para óleos minerais a temperatura máxima deve situar-se em 80°C.

6. Potência de engrenamento

A potência de engrenamento é igual à potência fornecida pelo motor, 15kW.

7. Velocidade de rotação do pinhão

Para a primeira engrenagem, a velocidade do pinhão é igual à velocidade de saída do motor. Nas engrenagens 2, 3 e 4, a velocidade do pinhão inserida é igual à velocidade roda dentada da primeira engrenagem, 1862 rpm, e para as restantes engrenagens, optou-se por escolher a velocidade mais baixa do veio em que estas estão montadas, pois corresponde ao maior binário solicitado às engrenagens, ou seja, 465,5 rpm, para as restantes engrenagens helicoidais e 116,4 rpm para o dimensionamento da engrenagem cônica.

8. Vida útil da engrenagem

Conforme dito nos requisitos, as engrenagens devem resistir a 20000 horas de trabalho.

9. Fator de aplicação, k_a

O fator de aplicação é obtido consultando a norma ISO 6336-1:2007. Uma vez que a unidade motriz do equipamento é um motor elétrico com alto binário no arranque, pela tabela B.2 da norma conclui-se que este sofre choques ligeiros durante a sua utilização. Dada a natureza do equipamento a dimensionar, pela tabela B.3 conclui-se que as máquinas ferramenta sofrem choques ligeiros. Desta forma, consultando a tabela B.1 da norma obtém-se o valor do fator de aplicação de $k_a=1,35$.

10. Ângulo de pressão, α

O ângulo de pressão é usualmente restringido ao valor $\alpha=20^\circ$ (Castro, Engrenagens, 2013). Desta forma, respeitou-se esta formalidade.

11. Ângulo de hélice, β

Uma razão de condução elevada proporciona um engrenamento mais suave e uma maior capacidade de carga. A razão de condução suplementar devida à inclinação dos dentes, $e\beta$ fornece um meio de aumentar a razão de condução total sem alterar outros fatores como o ângulo de pressão ou a altura do dente, assim, deve-se maximizar este parâmetro. $e\beta$ aumenta, com o aumento da largura da roda e/ou do ângulo β . No entanto o aumento destes fatores é limitado por condições técnicas relacionadas, quanto à largura, com a resistência e desgaste, e quanto a β , com o aumento da componente axial da força transmitida pela engrenagem (Castro, Engrenagens, 2013). Por estes motivos, optou-se por utilizar um ângulo de hélice de $\beta=15^\circ$.

12. Razão de transmissão

Para cada uma das engrenagens foi imposto o respetivo valor exato fornecido pela norma DIN 804, com o respetivo erro.

13. Número de dentes do pinhão, z_1

Com base nos apontamentos de (Almacinha & Seabra) o número de dentes do pinhão mais pequeno do mecanismo deve estar compreendido entre $21 < z_1 < 24$. No entanto, o número mínimo pode ser menor segundo (QTC) que defende que “ângulos de pressão com menor número de dentes têm a vantagem de muito menos *undercutting* e por isso são mais resistentes e atuam mais suavemente”. Fornece também a seguinte expressão do número mínimo de dentes a considerar para um pinhão:

$$z \geq 2 / (\sin^2(\alpha)) \quad (4.7)$$

Uma vez que o ângulo de pressão é 20° , substituindo na equação 4.7, conclui-se que o número mínimo de dentes é aproximadamente 17. Assim, considerou-se que o número mínimo seria 17 e o máximo 24.

14. Diâmetro interno

Uma vez que o sistema utiliza embraiagens eletromagnéticas, as rodas dentadas das engrenagens, devem ter um diâmetro interno com uma dimensão suficientemente grande para aplicar um rolamento de agulhas para ligar às embraiagens.

15. Relação entre a espessura e o módulo

(Almacinha & Seabra) propõe que a espessura da engrenagem deve estar compreendida entre $8 \cdot m < b < 12 \cdot m$.

4.3.4 Dimensionamento da cadeia cinemática

Como dito anteriormente, utilizou-se o software KISSsoft da KISS SOFT AG para efetuar o dimensionamento. Este software facilita o dimensionamento das engrenagens, pois segue as normas necessárias ao correto dimensionamento e fornece todas as soluções possíveis para os diferentes parâmetros impostos. As soluções fornecidas pelo KISSsoft incluem o cálculo da capacidade de carga das rodas dentadas em relação à tensão de flexão e à fadiga (Capacidade de carga do pé do dente), da pressão Superficial (Segurança nos flancos) segundo o método B da norma ISO 6336:2007, da resistência ao *micropitting* (fadiga do material em camadas superficiais finas de cerca de 25 μm de profundidade) segundo a norma ISO/TR 15144-1:2014 e à raspagem (*scuffling*) (gripagem devida a micro soldagens localizadas, em que o limiar da falha pode ser muito afetado por aditivos de óleo, desgaste sob a forma de uma ablação gradual da superfície por abrasão e/ou ação adesiva entre as superfícies deslizantes em processos de longo termo).

Uma vez que é necessário determinar o entre eixo dos diferentes veios, começou-se por dimensionar as engrenagens com maior razão de transmissão (engrenagem 1, 2 e 5), sendo as restantes dimensionadas posteriormente.

Todas as engrenagens foram dimensionadas tendo por base os seguintes critérios de seleção ordenados por importância:

- (1) Diâmetro interno máximo;
- (2) Módulo nominal das engrenagens normalizado;
- (3) Menor número de dentes das rodas;
- (4) Maior razão de condução $e\beta$;
- (5) Melhor aproximação à razão de transmissão;
- (6) Menores perdas de potência.

A engrenagem cônica teve como principal critério de seleção o diâmetro externo da engrenagem, com o intuito de afastar os veios 3 e 4 para conseguir uma boa montagem e o correto funcionamento dos mesmos.

É de notar que o lubrificante foi escolhido por tentativa erro, escolhendo um lubrificante numa fase inicial e verificando se este cumpre com a vida útil de todas as engrenagens e alterando se necessário. Optou-se assim por utilizar o óleo Mobilgear 600 XP 150, cuja ficha técnica encontra-se no anexo E.

É também de reparar que o diâmetro interno máximo é o requisito que mais importava, pois no posterior dimensionamento de veios é o requisito que restringe o diâmetro máximo do veio como explicado mais à frente.

O módulo da engrenagem cônica é elevado, porque é necessário haver espaço entre o veio 4 e o veio 3 para facilitar a montagem e desmontagem e também para evitar colisões com os veios durante o funcionamento do equipamento.

Por fim, é de ter em conta que o processo de dimensionamento da cadeia cinemática é um processo iterativo até à obtenção de uma solução, uma vez que tem muitas variáveis e está diretamente ligado com o dimensionamento de outros componentes como, por exemplo, os veios. O

que significa que se obtiveram soluções plausíveis para a cadeia cinemática, mas que não eram compatíveis com os restantes componentes.

Uma vez determinada a solução, é possível obter as velocidades finais e verificar se estas cumprem com a norma DIN 804. Na Tabela 16 está feita esta verificação e assim pode-se construir o diagrama de velocidades representado na Figura 15. A Figura 14 ilustra a disposição axial do sistema. No anexo F estão representados os relatórios completos do KissSoft para cada uma das engrenagens, com as propriedades das engrenagens helicoidais e cónicas.

Tabela 16 - Verificação das frequências de rotação

Velocidade	Frequência de rotação (rpm)					Tolerância Mecânica + Elétrica	
	Veio M	Veio I	Veio II	Veio III	Veio IV	Mínimo -2%	Máximo +6%
1	2940	1862	465,5	116,4	116,4	110	119
2	2940	1862	595,1	148,8	148,8	138	150
3	2940	1862	744,8	186,2	186,2	174	188
4	2940	1862	465,5	232,8	232,8	219	237
5	2940	1862	595,11	297,5	297,5	276	299
6	2940	1862	744,8	372,4	372,4	348	376
7	2940	1862	465,5	465,5	465,5	438	473
8	2940	1862	595,1	595,1	595,1	551	596
9	2940	1862	744,8	744,8	744,8	694	750

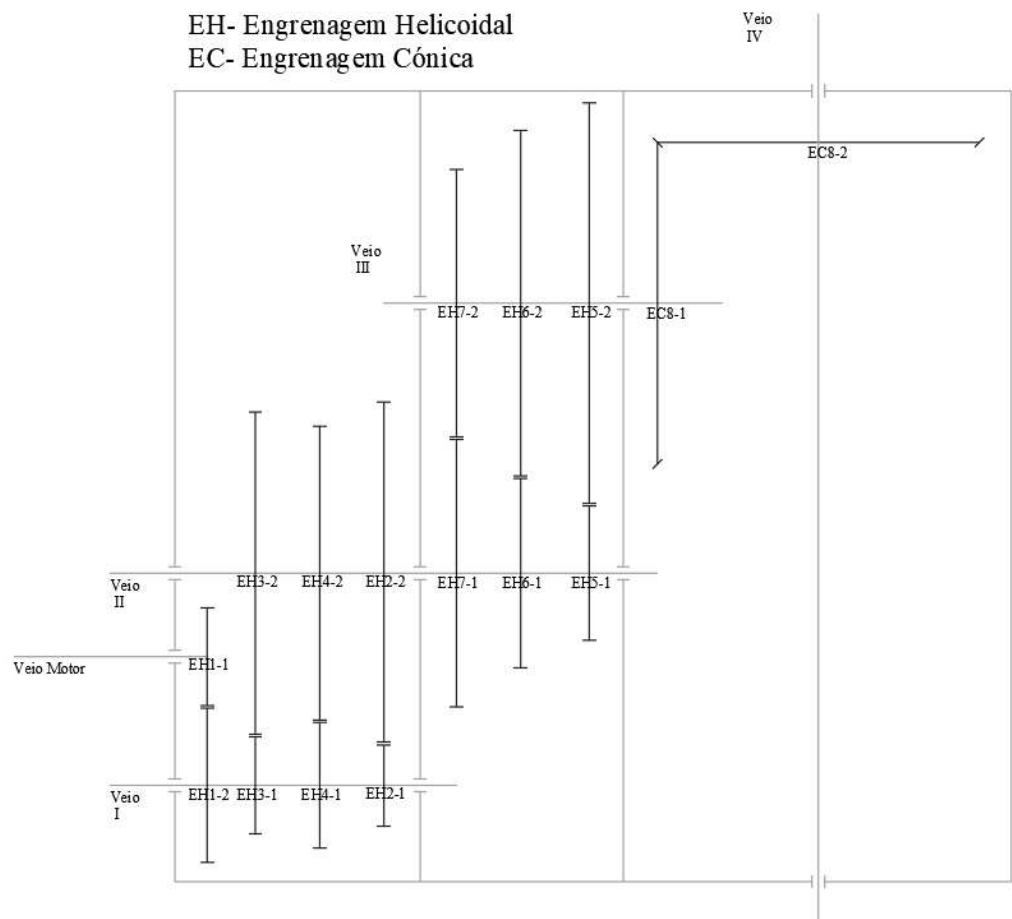


Figura 14 - Disposição axial da caixa de velocidades

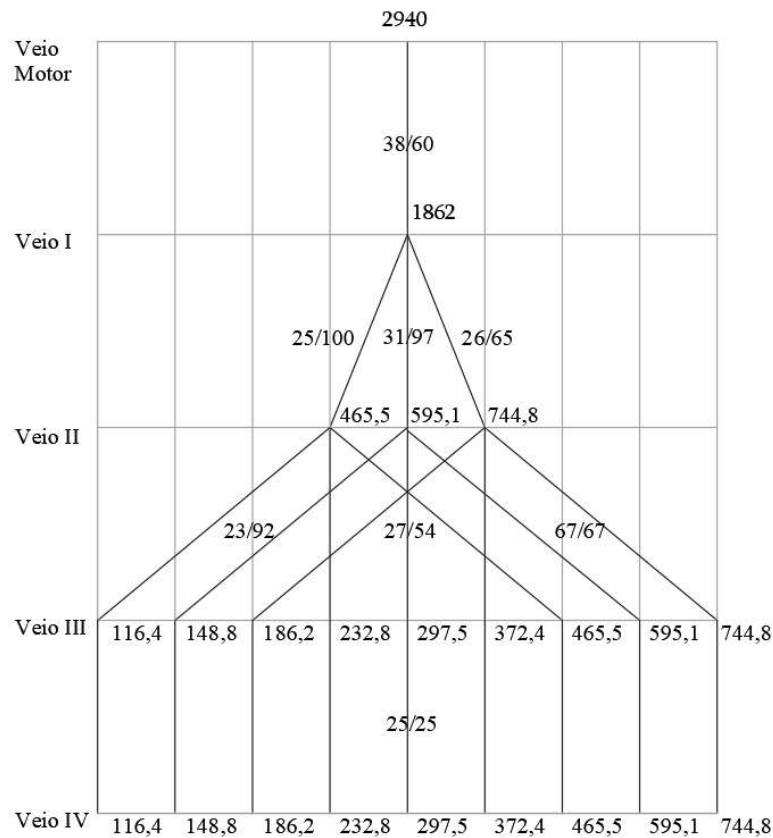


Figura 15 - Diagrama de velocidades

Tabela 17 - Características das engrenagens

	EH1		EH2		EH3		EH4		EH5		EH6		EH7		EC8	
a	100		165		165		165		210		210		210			
i			4		3,129		2,5		4		2		1		1	
m _n	2		2,5		2,5		3,5		3,5		5		3		10	
z	38	60	25	100	31	97	26	65	23	92	27	54	67	67	25	25
b	20		32		30		35		36		50		30		75	
α	20		20		20		20		20		20		20		20	
β	15		15		15		15		15		15		15		0	
d _i	42	50	35	85	50	80	26	65	45	140	65	125	75	100	65	65
x	-0,346	-0,344	0,507	0,874	0,163	-0,417	0,227	-0,189	0,368	0,117	0,098	-0,026	0,328	0,328		
d _p	78,68	124,23	64,71	258,82	80,23	251,05	94,21	235,53	83,34	333,36	139,76	279,53	208,10	208,10	303,03	303,03
d _b	73,63	116,25	60,55	242,19	75,08	234,93	88,16	220,40	77,99	311,95	130,79	261,57	194,73	194,73	250	250
d _a	81,14	126,70	71,81	267,76	86,03	253,95	102,80	241,20	92,82	341,09	150,73	289,26	215,94	215,94	320,18	320,18
															208,11	208,11
ϵ_{α}	1,780		1,411		1,664		1,589		1,513		1,596		1,611			
ϵ_{β}	0,824		1,055		0,989		0,824		0,847		0,824		0,824			
ϵ_T	2,604		2,465		2,653		2,413		2,361		2,420		2,435			

4.4 Veios

Nesta secção trata-se o dimensionamento dos veios com recurso, novamente, ao programa KISSsoft, através da ferramenta “Cálculo de eixos-árvore”. Esta ferramenta é muito útil, porque calcula a deflexão máxima e a sua posição no veio, a posição do centro de massa, a torção do veio quando é aplicado um binário, o cálculo das reações nos mancais de rolamento e do tempo de vida dos rolamentos e por fim, o cálculo da resistência em conformidade com a norma DIN 743:2012.

É de notar que o programa não verifica a deformação máxima nos pontos de engrenamento, onde esta deve ser no máximo 1% do módulo da engrenagem, o que obriga a uma verificação posterior.

4.4.1 Definição dos parâmetros de dimensionamento dos veios

O programa necessita que sejam introduzidos os seguintes parâmetros dos veios, para que o cálculo fique completo:

1. Velocidade e sentido de rotação;
2. Material;
3. Geometria;
4. Posição relativa dos veios;
5. Componentes;
6. Posição dos componentes;
7. Carga exercida pelos componentes;
8. Rolamentos;
9. Posição dos rolamentos;
10. Lubrificante.

Para definir estes parâmetros, recorreu-se ao manual (Budynas & Nisbett, 2009).

1. Velocidade e sentido de rotação

A velocidade dos veios é a mesma velocidade que a das rodas dentadas engrenadas, ou seja, deve-se fazer diferentes cálculos para o mesmo veio, com velocidades diferentes, correspondendo aos diferentes engrenamentos.

Os veios devem aguentar as cargas nos dois sentidos de rotação (horário e anti-horário), uma vez que o motor elétrico possui inversor de sentido. Na Figura 15 estão ilustradas as diferentes velocidades que cada um dos veios pode atingir, no entanto, apenas se usaram as mais críticas, ilustradas na Tabela 18.

Tabela 18 - Velocidades de cálculo dos veios

Velocidades de cálculo dos veios (rpm)			
Veio I	1862		
Veio II	465,5	595,1	744,8
Veio III	116,4	232,8	465,5
Veio IV	116,4		

2. Material

Segundo (Budynas & Nisbett, 2009), o aço estirado a frio é normalmente utilizado para diâmetros menores que 3” (76,2mm), assim, o material escolhido para todos os veios foi o aço Ck45, representado no anexo G.

Como falado para o caso das engrenagens, também se aplica para os veios o cuidado a ter com as propriedades do material que diminuem com o aumento das dimensões do material em bruto, assim deve-se adaptar as propriedades do material para cada veio, em função do diâmetro do varão inicial necessário para proceder à maquinagem do mesmo.

3. Geometria

De acordo com (Budynas & Nisbett, 2009), os componentes que exercem esforço devem ser posicionados próximo dos rolamentos para minimizar o momento fletor nos pontos onde é provável haver concentração de tensões, e para minimizar a deformação nos componentes que libertam o esforço. Deve-se também ter em consideração o modo de montagem dos componentes no veio e do veio na caixa. Normalmente o maior diâmetro situa-se a meio do veio com os restantes diâmetros situados por ordem decrescente até aos topos do veio.

A ligação dos pinhões das engrenagens aos respetivos veios, é feita por uma chaveta, com exceção do pinhão da engrenagem cônica 8, que é feito com uma estria, uma vez que esta está montada fora dos apoios do veio 3, e pode originar desalinhamentos acentuado do engrenamento se for utilizado uma chaveta. Teve-se o cuidado de cumprir com a expressão 4.8 que diz qual o diâmetro interior máximo para uma engrenagem ligada por uma chaveta, em que a distância entre o pé do dente e o topo do escatel da chaveta da roda deve ser, pelo menos, igual a 2 vezes a altura do dente. A expressão 4.9 diz qual o diâmetro interior máximo de uma engrenagem ligada por estrias, em que a distância entre o pé do dente e o topo do escatel do estriado da roda dentada deve ser igual a pelo menos, 1,25 vezes a altura do dente. Na Figura 18 está ilustrado os diâmetros máximos das engrenagens (do pinhão e da roda dentada).

$$d_{i\text{ máx}} = 2r_a - 2 \times (1+2) \times 2,25m = 2r_a - 13,5m \quad (4.8)$$

$$d_{i\text{ máx}} = 2r_a - 2 \times (1+1,25) \times 2,25m = 2r_a - 10,125m \quad (4.9)$$

Tabela 19 - Diâmetro interior máximo das engrenagens

Diâmetro interior máximo das engrenagens (mm)		
Engrenagem	Pinhão	Roda dentada
EH1	54,1	99,7
EH2	58,1	234
EH3	52,3	220,2
EH4	55,5	193,9
EH5	45,6	293,8
EH6	89,7	226,8
EH7	175,4	175,4
EC8	106,9	73,1

4. Posição relativa dos veios

Por uma questão de facilidade de montagem, optou-se por alinhar os veios 1, 2 e 3 na horizontal. O motor, como é flangeado à caixa, o tamanho da carenagem fica dependente desse acoplamento, assim, de forma a tentar diminuir esse tamanho, tentou-se pôr o veio do motor o mais próximo da horizontal também, mas este iria colidir com componentes do veio 2. Desta forma, optou-se por levantar um pouco o motor de modo a que o veio do motor esteja a 60° do veio 1. O veio 4 como já falado anteriormente, fica na vertical.

5. Componentes

Todos os veios a dimensionar têm montado, pelo menos, uma engrenagem. O veio 2 e o veio 3 têm também embraiagens eletromagnéticas.

Para ligar esses componentes ao veio, (Budynas & Nisbett, 2009) afirma que uma das formas mais eficazes e económicas de transmitir valores de binário elevados é através de uma chaveta que entra num entalhe no veio e na roda dentada. Nos casos em que o esforço axial não é desprezável, é necessário ter um meio de transferir o esforço para o veio, depois para os rolamentos e por fim para o cárter. Normalmente usa-se diferenças de diâmetro, anéis elásticos e pinos. Se algum componente requerer apoios axiais em ambos os lados, geralmente, um deles é feito por uma mudança de diâmetro e o outro por um anel elástico ou um espaçador.

6. Posição dos componentes

(Budynas & Nisbett, 2009) recomenda que os componentes que exercem esforço devem ser posicionados próximos dos rolamentos para minimizar o momento fletor nos pontos onde é provável haver concentração de tensões, e para minimizar a deformação nos componentes que libertam o esforço. Defende ainda que a prioridade da localização dos elementos do veio é o posicionamento destes contra uma mudança de diâmetro, que também fornece um apoio sólido para minimizar a deformação e vibrações dos componentes.

7. Carga exercida pelos componentes

As cargas exercidas em cada um dos veios são o peso de todos os componentes, as cargas provocadas pelo engrenamento e os esforços de maquinagem para o caso do veio 4. No entanto, para o caso do veio 4, também deve aguentar com o caso de uma ferramenta partir durante um processo de fabrico, ou seja, deve suportar a carga de modo a que parta a ferramenta sem danificar o equipamento. Esta carga é maior que as cargas provocadas pela maquinagem, desta forma, apenas se considerou esta carga. Para calcular a reação provocada no veio 4, utiliza-se as equações 4.10 e 4.11.

$$\sigma_{sd} \geq \sigma_{Rd} \quad (4.10)$$

$$\sigma_{sd} = \frac{32 * M_{fresa}}{\pi * d_{fresa}^3} \quad (4.11)$$

Em que:

σ_{sd} Tensão equivalente atuante

σ_{Rd} Tensão equivalente resistente, considerou-se que $\sigma_{Rd} = 1,5 * \sigma_{Rotura}$

M_{fresa} Momento aplicado pela quebra da fresa $M_{fresa} = F_{fresa} * l_{fresa}$

d_{fresa} Diâmetro da fresa, para o porta-ferramentas da presente solução considerou-se um diâmetro máximo de 32 mm

l_{fresa} Comprimento da fresa, considerou-se um comprimento de 50mm fora do porta-ferramentas.

F_{fresa} Carga equivalente da fresa

Considerando que a fresa é de titânio, cuja tensão de rotura é de $\sigma_{Rotura} = 950$ MPa (MatWeb, s.d.), obteve-se a carga a aplicar no topo do veio 4 de $F_{fresa} = 91,7$ KN.

8. Rolamentos

Os rolamentos utilizados nos veios 1, 2 e 3 são rolamentos de esferas, dada a sua ampla gama de aplicação.

Para os casos em que é necessária rigidez adicional ou maior capacidade de carga, é normal usar 2 ou mais rolamentos no topo do veio. Podem ser usados rolamentos cónicos ou de esferas. Em ambos os casos é de notar que o efeito da montagem serve para aplicar uma pré-carga na direção axial. Quando é desejado a máxima rigidez e resistência a deslizamentos, normalmente usam-se rolamentos de esferas com contacto angular com uma configuração chamada duplex ilustrado na Figura 16. Os fabricantes de rolamentos produzem os rolamentos para aplicações duplex com a pista interior dos rolamentos desenhada para aplicar pré-carga. Como o veio 4 é a árvore de saída, de forma a reduzir a deformação máxima, optou-se por utilizar rolamentos cónicos em duplex.

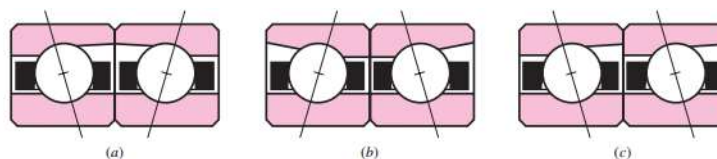


Figura 16 - Esquema de montagem duplex de rolamentos

Os tamanhos dos rolamentos foram escolhidos por tentativa erro, começando por escolher um rolamento pequeno e iterativamente verificar o tempo de vida do rolamento e aumentar o tamanho caso este não cumpra com os requisitos. O cálculo dos rolamentos é efetuado segundo a norma ISO 281:2007. Na Tabela 20 estão os rolamentos utilizados em cada um dos veios.

Tabela 20 - Rolamentos dos veios

Veio	Referência	Rolamento
1	RE1	SKF 6209
	RE2	SKF 6307
2	RE1	SKF 6210
	RE2	SKF 6312
	RE3	SKF 6409
3	RE1	SKF 6211
	RE2	SKF 6220
4	RE1	SKF 6311
	RC2	FAG 33218
	RC3	FAG 33218

9. Posição dos rolamentos

(Budynas & Nisbett, 2009) defende que geralmente é melhor ter apenas um dos rolamentos a suportar a carga axial, permitindo mais tolerâncias nas dimensões ao longo do comprimento do veio e para prevenir “gripagem” caso o veio expanda devido a diferenças de temperatura (isto é particularmente importante para veios longos). Os rolamentos foram colocados nas extremidades dos veios, por questões de montagem e geometria da carenagem.

10. Lubrificante

O lubrificante selecionado é o mesmo lubrificante utilizado para as engrenagens.

4.4.2 Dimensionamento dos veios

Adaptando estes parâmetros a cada um dos veios e introduzindo-os no programa, é possível obter uma solução. No entanto, como é expectável, o processo de obtenção de uma solução final para os veios, é um processo iterativo, o que pode obrigar ao recálculo de engrenagens para aumentar distâncias entre eixos, reduzir esforços e/ou aumentar o diâmetro máximo que o veio pode ter, de modo a aumentar a resistência do veio e reduzir a flecha máxima nos pontos de engrenamento. No anexo H estão os relatórios de cálculo dos veios 1, 2, 3 e 4 fornecidos pelo KIS-Ssoft. No anexo I estão os diagramas de corpo livre, de esforços e de momentos dos piores casos de cálculo de cada veio.

Verificação do veio motor

Estão reunidas condições para se fazer a verificação da resistência do veio do motor elétrico quando é aplicada a carga do engrenamento da engrenagem 1. Por uma questão de segurança e por falta de valores concretos, admitiu-se que os pontos de aplicação das cargas de engrenamento posicionam-se na extremidade do veio. Esta verificação está ilustrada na Tabela 21.

Tabela 21 - Verificação do veio do motor elétrico

	Fr (kN)	Fa (kN)
Engrenamento	0,466	0,332
Carga máxima admitida	2,3	1,7

Verificação do veio 1

O veio 1 tem velocidade constante, razão pela qual é montada a bomba de engrenagens no veio. Assim, os casos de cálculo necessários realizar para o correto dimensionamento são:

- Engrenamento da engrenagem 2 (caso com maior solicitação);
- Engrenamento da engrenagem 3 (caso com a maior flecha);
- Engrenamento da engrenagem 4 (verificação da flecha);
- Engrenamento da engrenagem 2 no sentido de rotação contrário (verificação da solicitação com a inversão do sentido de rotação).

Conclui-se que o caso crítico é no engrenamento da engrenagem 3, apesar do caso do engrenamento da engrenagem 2 ser o provoca uma reação nos apoios maior. Conclui-se também que com a inversão do sentido de rotação, a solicitação diminui, o que valida o pior caso ser o do engrenamento da engrenagem 3. Analisando os relatórios e a deformada do veio no pior caso, conclui-se que o veio cumpre com todos os requisitos impostos.

Verificação do veio 2

O veio 2 tem velocidades variadas consoante a engrenagem engrenada. Assim, são necessários os seguintes casos de cálculo:

- Engrenamento da engrenagem 2 e 5 (caso com maior solicitação e verificação do rolamento 3 do veio);
- Engrenamento da engrenagem 2 e 7 (verificação do rolamento 2 do veio);
- Engrenamento da engrenagem 2 e 5 no sentido de rotação contrário (verificação da solicitação com a inversão do sentido de rotação);
- Engrenamento da engrenagem 3 e 6 (caso com a maior flecha e verificação do rolamento 1 do veio);
- Engrenamento da engrenagem 4 e 6 (verificação da flecha).

Conclui-se que o caso crítico é no engrenamento da engrenagem 2 com a 5. Este caso é também o que provoca uma maior reação nos apoios. Verifica-se que com a inversão do sentido de rotação, o veio é menos solicitado.

Verificação do veio 3

O veio 3, tal como o veio 2 tem velocidades variadas consoante a engrenagem engrenada. Os casos de cálculo são os seguintes:

- Engrenamento da engrenagem 5 (caso da maior solicitação e verificação do rolamento 2 do veio);
- Engrenamento da engrenagem 6 (caso da maior flecha);
- Engrenamento da engrenagem 7 (verificação da flecha e do rolamento 1);
- Engrenamento da engrenagem 5 no sentido de rotação contrário (verificação da solicitação com a inversão do sentido de rotação).

Conclui-se que o caso crítico é o do engrenamento da engrenagem 6, onde a flecha é maior, no entanto, o caso que provoca maior reação nos apoios é o caso do engrenamento da engrenagem 5. Verifica-se que com a inversão do sentido de rotação, o veio é menos solicitado.

Verificação do veio 4

O veio 4 apenas tem uma engrenagem, no entanto, a velocidade de rotação está dependente dos engrenamentos escolhidos anteriormente. Uma vez que este veio contém o porta-ferramentas, este veio pode rodar com todas as velocidades disponíveis pela caixa. Dito isto, os casos de cálculo necessários realizar são:

- Velocidade de 116,4 rpm (caso da maior solicitação e da maior reação nos apoios);
- Velocidade de 116,4 rpm no sentido inverso (verificação da solicitação com a inversão do sentido de rotação);
- Velocidade de 744,8 rpm (caso da velocidade mais alta).

Conclui-se que o caso crítico, como esperado é o da velocidade mais baixa. É de notar que nesse caso também se contabilizou a carga de rotura da ferramenta.

4.4.3 Elementos de ligação

Os elementos de ligação dos veios são responsáveis por fixar os componentes na posição correta e por transmitir a sua carga aos rolamentos. Os elementos utilizados são:

1. anéis elásticos;
2. chavetas;
3. parafusos de ligação;
4. espaçadores;
5. rolamentos de agulhas;
6. estrias.

1. Anéis Elásticos

Na presente solução, são utilizados dois tipos de anéis elásticos: anéis elásticos exteriores nas extremidades dos veios e anéis elásticos interiores, nos mancais de rolamentos, ambos para posicionar os rolamentos e suportar os esforços axiais. Na Tabela 22 estão referenciados os anéis elásticos utilizados em cada um dos veios.

Tabela 22 - Anéis elásticos

Anéis Elásticos		
Nome	Referência	Fa admissível (kN)
AE-V1-RE1-E	DIN 471 - 45 x 1,75	28,6
AE-V1-RE2-I	DIN 472 - 80 x 2,5	52,8
AE-V1-RE2-E	DIN 471 - 35 x 1,5	17,8
AE-V2-RE1-E	DIN 471 - 45 x 1,75	28,6
AE-V2-RE2-I	DIN 472 - 130 x 4	98,0
AE-V2-RE3-E	DIN 471 - 50 x 2	28,3
AE-V3-RE1-E	DIN 471 - 55 x 2	31,1
AE-V3-RE2-I	DIN 472 - 180 x 4	170,0

2. Chavetas

As chavetas são utilizadas para efetuar a transmissão de binário entre os pinhões das engrenagens e os veios onde estão montados e também entre as embraiagens e os veios onde estão montadas. Com as dimensões normalizadas das chavetas em função do diâmetro do veio onde estão montadas, apenas falta saber qual o comprimento de cada uma delas. Para isso, recorreu-se às equações 4.12 e 4.13 que indicam o comprimento mínimo que cumpra com o carregamento ao corte e ao esmagamento, respectivamente. As chavetas utilizadas são chavetas paralelas de forma A ISO/R 773 em aço, cujas propriedades foram retiradas do catálogo da fabory (Fabory, s.d.), ou seja, devem ser de um aço de $Rm \geq 600$ MPa. Na Tabela 23 mostra as chavetas utilizadas e respectiva referência e cálculo do comprimento.

$$l_{corte} = \frac{2 * M_t}{d_{veio} * b_{veio} * \tau_{adm}} \quad (4.12)$$

$$l_{esmagamento} = \frac{2 * M_t}{d_{veio} * (h_{veio} - t_1) * \sigma_{adm}} \quad (4.13)$$

Em que:

M_t	Momento torsor (binário aplicado)
d_{veio}	Diâmetro do veio
$b_{chaveta}$	Largura da chaveta
$h_{chaveta}$	Altura da chaveta
t_1	Profundidade do escatel do veio
σ_{adm}	Tensão normal admissível, $\sigma_{adm} = \frac{600}{c.s.} = \frac{600}{1,5} = 400$ MPa
τ_{adm}	Tensão de corte admissível, $\tau_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{\sqrt{3}} = 230,9$ MPa

Tabela 23 - Chavetas

Chavetas									
Nome	Referência	M_t (Nm)	d^*	b^*	h^*	t_1^*	l_{corte}^*	$l_{esmagamento}^*$	$l_{normalizado}^*$
CP-EH1-1	ISO/R773 12x8x20-St	48,9	42	12	8	5	0,84	1,94	20
CP-EH1/3 /4-2	ISO/R773 14x9x125-St	76,9	50	14	9	5,5	0,95	2,20	125
CP-EH2-1	ISO/R773 10x8x28-St	76,9	35	10	8	5	1,90	3,66	28
CP-032-2	ISO/R773 16x10x45-St	307,7	55	16	10	6	3,03	6,99	45

CP-032-3	ISO/R773 16x10x45-St	240,7	55	16	10	6	2,37	6,99	45
CP-031-4	ISO/R773 16x10x45-St	192,3	55	16	10	6	1,89	4,37	45
CP-EH5-1	ISO/R773 16x10x32-St	307,7	55	16	10	6	3,02	6,99	32
CP-055-5	ISO/R773 28x12x70-St	1230,8	98	28	12	7,5	3,88	13,96	70
CP-EH6-1	ISO/R773 18x11x45-St	307,7	65	18	11	7	2,28	5,92	45
CP-047-6	ISO/R773 20x12x50-St	615,4	70	20	12	7,5	3,81	9,77	50
CP-EH7-1	ISO/R773 20x12x40-St	307,7	75	20	12	7,5	1,78	4,56	40
CP-032-7	ISO/R773 16x10x45-St	307,7	55	16	10	6	3,03	6,99	45
CP-EC8-2	ISO/R773 18x11x45-St	1230,8	65	18	11	7	9,11	23,67	45

(*)As dimensões estão em mm.

3. Parafusos de ligação

São usados parafusos de ligação em 2 situações diferentes:

- Segurar componentes;
- Ligar rodas dentadas a embraiagens.

a. Segurar componentes

A função destes parafusos é posicionar axialmente componentes. São montados nas extremidades dos veios e utilizam uma anilha para ligar o parafuso ao componente. Na presente solução, apenas é utilizado um parafuso com esta finalidade. A engrenagem cônica é montada na ponta do veio 3 e segura por um parafuso com uma anilha.

O cálculo das dimensões do parafuso começa com o cálculo do diâmetro interno da rosca do parafuso através da equação 4.14.

$$\sigma_c = \frac{F_{parafuso}}{\frac{\pi * d_{i parafuso}^2}{4}} \Leftrightarrow d_{i parafuso} = \sqrt{\frac{4 * F_{parafuso}}{\pi * \sigma_c}} \quad (4.14)$$

Em que:

$d_{i parafuso}$ Diâmetro interno do parafuso
 $F_{parafuso}$ Força atuante no parafuso
 σ_c Tensão de cedência

Uma vez que a ligação é uma ligação aparafusada corrente, a tensão de cedência do parafuso é $\sigma_c = 21 \text{ kgf/mm}^2$ (Castro, Parafusos de transmissão de potência e de ligação, 2016). Com o diâmetro interno, vai-se à norma do parafuso a utilizar buscar o diâmetro normalizado, bem como o passo, o diâmetro médio da rosca e o diâmetro médio da cabeça. Sabendo o material a utilizar, consultam-se as tabelas 1 e 2 de (Castro, Parafusos de transmissão de potência e de ligação, 2016) para obter os coeficientes de atrito. Consegue-se assim calcular o momento de aperto do parafuso através da equação 4.15.

$$M_{aperto} = \frac{F_{parafuso}}{2} * (d_{m rosca} * \tan(\gamma + \rho') + \mu * d_{pm}) \quad (4.15)$$

Onde:

M_{aperto}	Momento de aperto do parafuso
$d_{m\ rosca}$	Diâmetro médio da rosca do parafuso
d_{pm}	Diâmetro médio da cabeça do parafuso
μ	Coefficiente de atrito entre a cabeça do parafuso e o material a apertar
$\tan(\rho')$	Coefficiente de atrito porca-parafuso
$\tan(\gamma)$	$\tan(\gamma) = p_{parafuso} * \pi * d_{m\ rosca}$
$p_{parafuso}$	Passo do parafuso

Ficam assim reunidas condições para calcular a tensão equivalente através das equações 4.16, 4.17 e 4.18.

$$\sigma = \frac{4 * F_{parafuso}}{\pi * d_{i\ parafuso}^2} \quad (4.16)$$

$$\tau = \frac{16 * M_{aperto}}{\pi * d_{i\ parafuso}^3} \quad (4.17)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} (*) \quad (4.18)$$

A Tabela 24 ilustra o cálculo feito para o parafuso do veio 3.

Tabela 24 - Cálculo do parafuso do veio 3

Cálculo do parafuso do veio 3	
$F_{parafuso}$	2,534 kN
σ_c	21 kg/mm ²
Parafuso	M8 (ISO 4762)
$d_{i\ parafuso}$	6,466 mm
$d_{m\ rosca}$	7,188 mm
$p_{parafuso}$	1,25 mm
d_{pm}	16,23 mm
$\tan \gamma$	0,0553
$\tan \rho'$	0,15
μ	0,17
M_{aperto}	5,382 Nm
σ	77,17 MPa
τ	101,39 MPa
σ_{eq}	191,81 MPa
Classe	4,6

Apesar do parafuso M8 cumprir com o requerido, optou-se por utilizar um M20, uma vez que a anilha necessária para segurar a engrenagem deve ser maior que o diâmetro do veio, assim, utilizando uma anilha ISO 7094, consegue-se realizar o pretendido.

b. Ligar rodas dentadas a embraiagens

As engrenagens são montadas nas embraiagens por intermédio de parafusos de ligação responsáveis por transmitir o binário do engrenamento. Esta ligação é feita por 4 parafusos. Para este caso o cálculo destes parafusos deve começar por determinar o esforço transversal máximo que cada parafuso pode aguentar através da expressão 4.19 e verificar se esse esforço é maior que o esforço solicitado equações 4.20. Na Tabela 25 estão indicadas as dimensões dos parafusos.

$$\left. \begin{aligned} T_{Rd} &= \mu * N_{Rd} * n_s * \left(1 - \frac{0,7 * N_{sd}}{N_p * n_p}\right) \\ N_{Rd} &= N_p * n_p \end{aligned} \right\} \quad (4.19)$$

Em que:

T_{Rd} esforço resistente transversal

N_{Rd} esforço resistente normal

N_{sd} esforço normal atuante

N_p pré-esforço $N_p = 0,8 * \sigma_{ced} * A_i$

μ coeficiente de atrito (Castro, Parafusos de transmissão de potência e de ligação, 2016), $\mu = 0,45$

n_p número de parafusos

n_s número de planos de escorregamento

A_i área interna do parafuso $A_i = \frac{\pi * d_i^2}{4}$

$$T \leq T_{Rd} \quad (4.20)$$

Onde:

T esforço transversal $T = \frac{M}{d_p}$

M binário aplicado à engrenagem

$dist_p$ distância do parafuso ao centro do veio

$$\frac{M}{dist_p} \leq \mu * N_p * n_p * n_s \Leftrightarrow d_i \geq \sqrt{\frac{M}{(0,45 * 0,8 * \sigma_{ced} * \pi)}} \quad (4.21)$$

Tabela 25 - Parafusos das embraiagens

Parafusos das embraiagens			
Engrenagem	$M(Nm)$	$d_i(mm)$	Parafuso
EH2	307,7	1,15	M4x30
EH3	240,7	1,02	M4x30
EH4	192,3	0,91	M4x30
EH5	1230,8	2,30	M6x30
EH6	615,4	1,63	M6x30
EH7	307,7	1,15	M4x30

Uma vez que as embraiagens 055 e 047 são muito grandes e as engrenagens são pesadas, optou-se por utilizar parafusos M6 em vez de M4. O comprimento dos parafusos é dado pela espessura das engrenagens, como as engrenagens têm no mínimo 30mm de espessura, optou-se por utilizar parafusos com 30 mm de comprimento.

4. Espaçadores

Os espaçadores são responsáveis por posicionar os componentes montados no veio e transmitir os seus esforços aos apoios do veio. São do mesmo material que os veios. Na Tabela 26 estão ilustradas as referências e as dimensões dos espaçadores a utilizar.

Tabela 26 - Espaçadores

	$\varnothing_{\text{int}}$ (mm)	$\varnothing_{\text{ext}}$ (mm)	L (mm)
E-VM	42	55	90
E-V1-RE1-EH1	50	55	21,5
E-V1-EH1-EH3	50	55	56,5
E-V1-EH3-EH4	50	55	10
E-V1-EH2-RE2	35	45	18,5
E-V2-RE1-032	55	57	10
E-V2-032-RA1	55	60	8,5
E-V2-RA1-RA2	55	60	17,5
E-V2-RA2-031	55	60	11
E-V2-031-032	55	60	3
E-V2-032-RA3	60	65	9,5
E-V2-RA3-RE2	60	65	14,5
E-V2-RE2-EH7	75	80	90
E-V2-EH6-EH5	60	72	134
E-V2-EH5-RE3	55	70	19
E-V3-RE1-032	55	60	7
E-V3-032-RA1	70	75	6
E-V3-RA1-047	70	75	6
E-V3-047-RA2	90	95	17,5
E-V3-RA2-055	90	105	12,5
E-V3-055-RA3	100	110	13
E-V3-RA3-RE2	100	110	12,5
E-V3-RE2-EC8	100	120	15,5
E-V4-RC2-RC3	45	60	25
E-V4-EC8-RE1	35	37,5	20

5. Rolamentos de agulhas

Os rolamentos de agulhas são utilizados, na presente solução, para desacoplar as engrenagens montadas em embraiagens dos veios onde estão montadas. Situam-se, portanto, entre as rodas dentadas das engrenagens e o veio onde estão montadas. Uma vez que estes rolamentos só trabalham quando não há engrenamento, a carga que eles têm de suportar é apenas o peso da roda dentada, o que não justifica um cálculo da vida do rolamento uma vez que essa carga é muito menor que o valor da carga máxima do rolamento. A Tabela 27 ilustra os rolamentos a utilizar.

Tabela 27 - Rolamentos de agulhas

Rolamentos de agulhas	
Nome	Referência
RA-V2-032-3	NA 4911
RA-V2-031-4	NA 4911
RA-V2-032-2	NA 4912

RA-V3-032-7	NA 4914
RA-V3-047	NA 4918
RA-V3-055	NA 4920

6. Estrias

Os veios 1 e 3 têm estrias numa das pontas. Essas estrias são para transmitir o binário do veio para as engrenagens, por isso, optou-se por utilizar estrias segundo a norma EN ISO 14. Para o veio 1, utiliza-se uma estria ISO 14 6x21x25 com um comprimento de 10mm. No veio 3, utiliza-se uma estria ISO 14 8x56x65 com um comprimento de 60 mm.

4.4.4 Caixa

A caixa é o elemento responsável por transmitir os esforços do interior para o exterior do sistema. Desta forma, é responsável por oferecer rigidez e por isolar o sistema do exterior.

(Budynas & Nisbett, 2009) defende que deve-se ter em consideração o modo de montagem dos componentes no veio e do veio na caixa. A caixa de velocidades requer acesso para posicionar o veio nos rolamentos e os rolamentos na caixa. Isto faz-se tipicamente tendo acesso à chumaceira num dos topos do veio. Também deve-se ter em consideração a desmontagem, ou seja, o acesso a anéis elásticos, espaço para sacas para aceder aos rolamentos e aberturas na caixa que permitam pressionar os veios ou os rolamentos para fora.

Optou-se por fazer a carenagem em duas metades, uma superior e outra inferior.

4.4.4.1 Dimensões da carenagem

O material da caixa é o ferro fundido ASTM A48 classe 40, cujas propriedades estão no anexo J. As dimensões da caixa foram calculadas tendo por base o texto de (Gopinath & Mayuram) que fornece expressões 4.22, 4.23 e 4.24 para calcular a espessura da caixa e a espessura e largura da flange de ligação entre as duas metades:

$$s = 0,010 * L_{apoios} + 6 \quad (4.22)$$

$$sf = 2s \quad (4.23)$$

$$wf = 2,5d_{parafusos} \quad (4.24)$$

Em que:

s espessura. Esta fórmula é em particular para uma solução em ferro fundido em que as engrenagens são endurecidas.

sf espessura da flange

wf largura da flange

L_{apoio} distância máxima entre apoios

$d_{parafusos}$ diâmetro dos parafusos

Na Tabela 28 estão as dimensões da caixa obtidas.

Tabela 28 - Dimensões da caixa de velocidades

Dimensões da caixa de velocidades	
L_{apoio}	515 mm
s	11,15 mm (12 mm)
sf	24 mm
wf	20 mm

Parafusos da caixa

Os parafusos que unem as duas metades da caixa devem suporta uma carga igual à soma da reação dos rolamentos dos veios 1, 2 e 3 da caixa a dividir pelo número de parafusos. Consultando o anexo H consegue-se construir a Tabela 29 que ilustra o cálculo da força provocada pelo funcionamento da caixa de velocidades quando é engrenada a primeira velocidade (caso que provoca maior solicitação).

Tabela 29 - Carga provocada pelo funcionamento da caixa

Reações dos veios para o pior caso (engrenamento da velocidade 1) (kN)				
Veio	Rolamento 1	Rolamento 2	Rolamento 3	Sentido
Veio 1	1,14	2,36		Anti-horário
Veio 2	0,23	4,38	6,89	Horário
Veio 3	1,05	8,98		Anti-horário
Σ	2,42	15,72	6,89	25,03

Uma vez que a caixa é retangular, optou-se por utilizar 11 parafusos, 1 num dos lados mais pequenos e 5 nos lados maiores como mostra a Figura 17. Assim, conclui-se que cada parafuso deve suportar uma carga de $F = 2,503$ kN. Aplicando o mesmo procedimento utilizado na secção 4.4.3, para determinar as dimensões de um parafuso, consegue-se determinar os parafusos para unir as duas metades da caixa de velocidades. Na Tabela 30 está ilustrado os valores obtidos e utilizados no cálculo dos parafusos da flange da caixa de velocidades.

Tabela 30 - Cálculo dos parafusos da caixa

Cálculo dos parafusos da caixa	
$F_{parafuso}$	2,503 kN
σ_c	21 kg/mm ²
Parafuso	M8 (ISO 4762)
$d_{i parafuso}$	6,466 mm
$d_{m rosca}$	7,188 mm
$p_{parafuso}$	1,25 mm
d_{pm}	22,5 mm
$\tan \gamma$	0,0553
$\tan \rho'$	0,15
μ	0,17
M_{aperto}	6,65 Nm
σ	76,22 MPa
τ	125,277 MPa
σ_{eq}	229,985 MPa
Classe	8,8

O comprimento dos parafusos é dado pela espessura da flange e pela espessura da porca, $l_p = 2 * sf + m_{porca} + 2 * p = 2 * 24 + 6,8 + 2 * 1,25 = 57,3$ mm. O comprimento normalizado é de 60 mm.

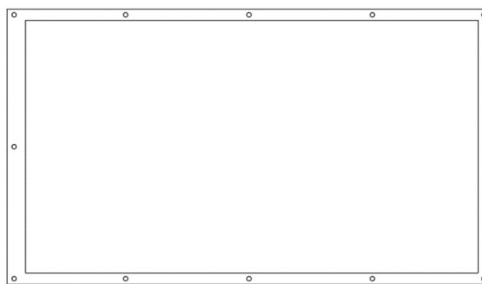


Figura 17 - Esquema da disposição dos parafusos da flange da caixa de velocidades

Tampas do veio 4

O veio 4 é seguro por duas peças aparafusadas, uma que segura o conjunto dos rolamentos cónicos e outra que posiciona o rolamento de esferas. Uma vez que os rolamentos cónicos têm um apoio axial, os parafusos devem aguentar com as reações do apoio. Para isso, através do relatório do cálculo do veio 4 com as cargas de maquinagem, obteve-se uma reação axial de 28,99kN. Uma vez que a peça é aparafusada com 4 parafusos, a carga a suportar por cada um é de 7,25kN. Com estes dados, obteve-se a dimensão destes utilizando novamente a metodologia descrita no ponto 4.4.3. A Tabela 31 mostra o cálculo e as dimensões obtidas.

Tabela 31 - Cálculo dos parafusos da tampa inferior do veio 4

Cálculo dos parafusos da tampa inferior do veio 4	
F	7,25 kN
σ_c	21 kg/mm ²
Parafuso	M10 (ISO 4762)
d_i	9,026 mm
d_m	8,16 mm
p	1,5 mm
d_{pm}	21,6 mm
$\tan \gamma$	0,0529
$\tan \rho'$	0,15
μ	0,17
M_{aperto}	19,996 Nm
σ	138,59 MPa
τ	187,47 MPa
σ_{eq}	352,98 MPa
Classe	5,8

Vedação

É necessário vedar a caixa de velocidades na flange entre a parte de cima e a parte de baixo da carenagem, nas tampas de acesso à caixa, na flange do motor, nas entradas de tubagens do sistema elétrico e do circuito de lubrificação, e nos topos do veio 4. No entanto, a utilização de um vedante no veio 4 iria provocar um aumento de temperatura e pode levar a diferenças no comprimento do veio e consequentemente perda de precisão do equipamento. Então optou-se por utilizar um sistema de labirintos hidráulicos na tampa.

4.4.4.2 Lubrificação

No presente documento não foram calculados nem obtidos os componentes do sistema de lubrificação existentes em catálogos de fornecedores. No entanto, foram determinados os requisitos que cada componente do sistema de lubrificação deve cumprir para posterior estudo mais aprofundado.

Para definir o sistema de lubrificação, é necessário ter em conta o seu modo de funcionamento, as características do lubrificante e os componentes necessários.

Modo de funcionamento

O sistema de lubrificação lubrifica a caixa de velocidades, projetando lubrificante para o interior da caixa de velocidades, formando uma “nuvem” de lubrificante capaz de lubrificar os componentes, assim é necessário. Para isso, utiliza-se uma bomba de engrenagens ligada ao topo do veio 1 com uma engrenagem de dentes retos ER9, uma vez que este veio roda com velocidade constante, o que torna possível manter o caudal da bomba durante o funcionamento do equipamento.

É de reparar que o sistema tem inversão do sentido de rotação, o que implica que a bomba tenha de trabalhar em ambos os sentidos de rotação e seja necessária uma válvula 4-2 para manter o sentido da circulação do sistema de lubrificação. Na Figura 18 está ilustrado um esquema do sistema de lubrificação do equipamento.

Características da lubrificação

O lubrificante utilizado na caixa de velocidades é o óleo MOBILGEAR 600 XP 150. As suas características encontram-se no anexo E.

O caudal necessário para lubrificar as engrenagens e os rolamentos da caixa de velocidades foi calculado utilizando o valor de caudal necessário fornecido pelos relatórios do KISSsoft para cada rolamento e cada engrenagem e somado obtendo um total arredondado de 2 l/min.

A pressão do sistema foi estimada em 2 bar, uma vez que apenas é necessário a circulação do óleo e a nebulização da caixa de velocidades.

A temperatura de serviço, conforme definida, é de 80°C.

Componentes

O sistema de lubrificação é composto por: (Ferreira):

• Bomba de engrenagens	• Válvula limitadora de pressão
• Filtro de óleo	• Depósito
• Permutador de calor	• Aspersores
• Termómetro	• Válvula 4-2
• Manómetro de pressão	• Engrenagem ER9

A bomba de engrenagens, deve funcionar em ambos os sentidos de rotação, o que pode ser feito utilizando um motor hidráulico. Conforme calculado, deve fornecer ao sistema um caudal de, pelo menos, 2 l/min com uma pressão de 2 bar.

O filtro de óleo deve permitir a passagem de, pelo menos, 2 l/min e aguentar uma pressão igual à pressão fornecida pela bomba escolhida.

O permutador de calor deve ser capaz de manter a temperatura do óleo dentro da gama de funcionamento, no máximo a 90 graus Celsius.

O termómetro deve ter uma gama superior à temperatura de funcionamento para poder registar picos de temperatura.

O manómetro de pressão também deve ter uma gama superior à temperatura de funcionamento para poder registar picos de pressão.

A válvula limitadora de pressão deve manter a pressão do sistema próxima da pressão de funcionamento para evitar picos de pressão e possível dano ao sistema.

O depósito deve ter uma capacidade de armazenamento superior ao caudal necessário. Deve ter um boião de entrada e saída de óleo para permitir a manutenção do sistema.

O conjunto de aspersores deve ser capaz de fornecer um caudal de, pelo menos, 2l/min. É necessário verificar qual a quantidade de caudal necessária que cada aspersor forneça, dependendo dos componentes que estes sejam responsáveis por lubrificar.

A engrenagem de dentado reto ER9 é responsável por transformar a velocidade do veio 1 na velocidade necessária fornecer ao motor/bomba hidráulico para que esta forneça o caudal pretendido. A razão de transmissão desta engrenagem deve ter essa diferença de velocidades em conta. Uma vez que a engrenagem é montada no topo do veio 1, o acoplamento do pinhão desta engrenagem, é feito com uma estria, pelos mesmos motivos do pinhão da engrenagem EC8.

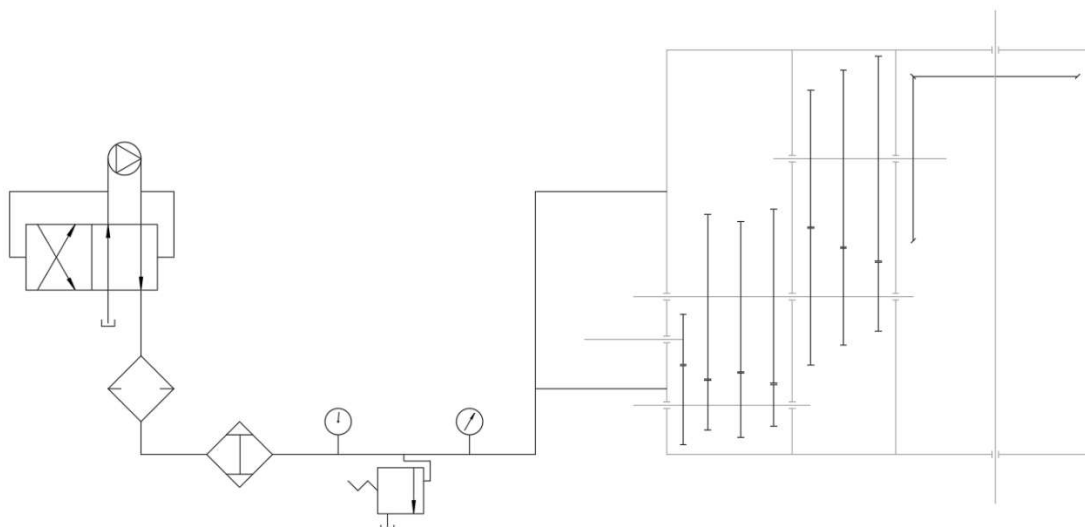


Figura 18 - Esquema hidráulico do sistema de lubrificação

4.4.4.3 Circuito elétrico das embraiagens

O circuito elétrico das embraiagens, deve ter o cuidado de ter os mesmos conjuntos de embraiagens, ligados ao mesmo terminal do circuito, assim, apenas uma pode ser seleccionada ao mesmo tempo. Na Figura 19 está esquematizado o circuito elétrico para a presente solução.

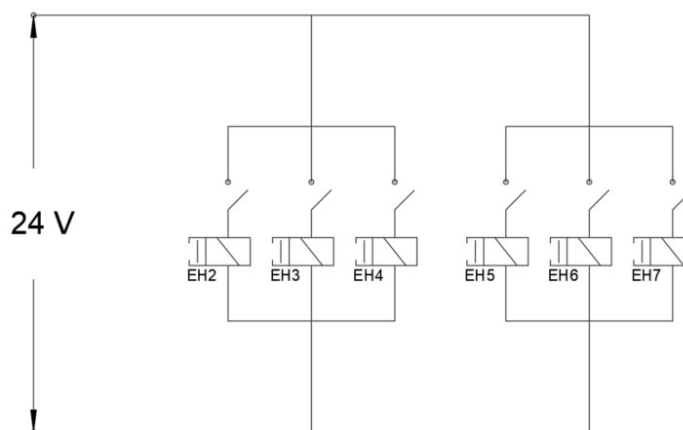


Figura 19 - Esquema elétrico das embraiagens eletromagnéticas

4.5 Montagem e desmontagem

Nesta secção descreve-se a sequência de montagem do equipamento, a começar pelos veios e de seguida da caixa de velocidades. Começa-se por ilustrar um esquema montado de cada veio e define-se a ordem de montagem dos componentes. O veio motor, o veio 1, o veio 2 e o veio 3 são montados fora da caixa de velocidades. O veio 4 é montado em conjunto com a caixa de velocidades.

Montagem do veio do motor

Na Figura 20 está ilustrado o veio do motor montado. Os componentes serão todos montados no veio do motor.

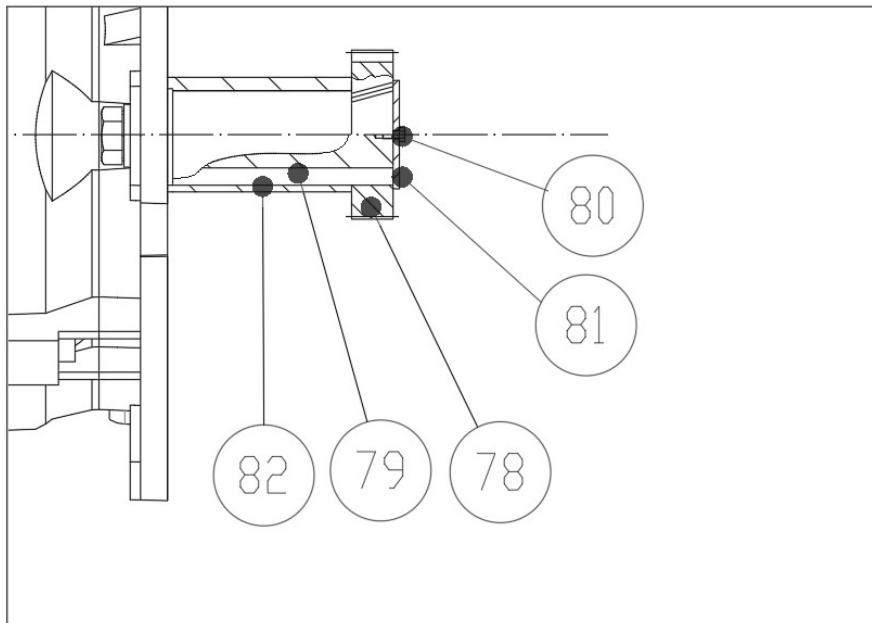


Figura 20 - Esquema do veio do motor

Ordem de montagem:

1. Montagem da chaveta (79) no veio;
2. Montagem do espaçador E-VM (82) no veio;
3. Montagem da engrenagem EH1-1 (78);
4. Montagem da anilha (81) e o parafuso (80).

Montagem do veio 1

Na Figura 21 está ilustrado o veio do motor montado. Os componentes serão todos montados no veio 1 (92).

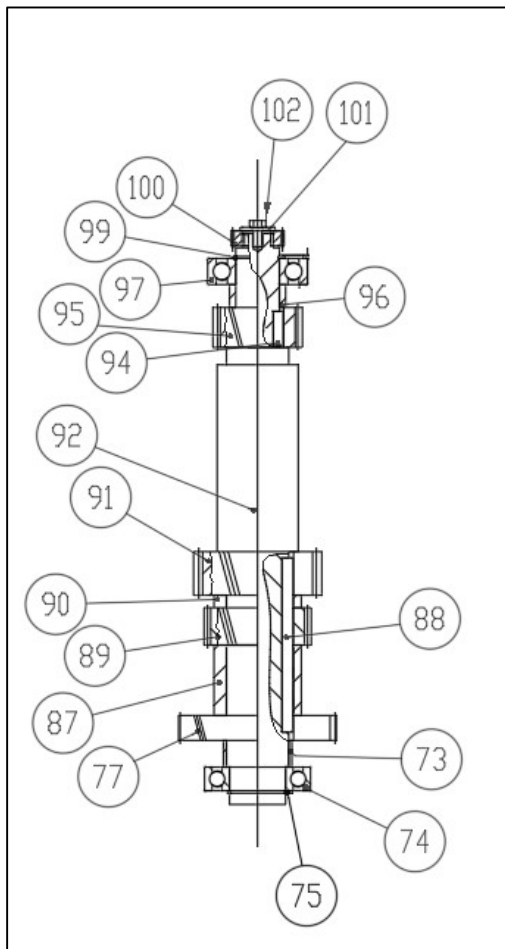


Figura 21 - Esquema do veio 1

Ordem de montagem:

1. Montagem das chavetas CP-EH1/3/4-2 (88) e CP-EH2-1 (94);
2. Montagem da engrenagem helicoidal EH4-1 (91);
3. Montagem do espaçador E-V1-EH3-EH4 (90);
4. Montagem da engrenagem helicoidal EH3-1 (89);
5. Montagem do espaçador E-V1-EH1-EH3 (87);
6. Montagem da engrenagem helicoidal EH1-2 (77);
7. Montagem do rolamento de esferas RE1 (74);
8. Montagem do anel elástico AE-V1-RE1-E (75);
9. Montagem da engrenagem helicoidal EH2-1(95);
- 10.Montagem do espaçador E-V1-EH2-RE2 (96);
- 11.Montagem do rolamento de esferas RE2 (97);
- 12.Montagem do anel elástico AE-V1-RE2-E (99);
- 13.Montagem da engrenagem de dentado reto EH9-1 (100);
- 14.Montagem da anilha (101) e o parafuso (102).

Montagem do veio 2

Na Figura 22 Figura 21 está ilustrado o veio do motor montado. Os componentes serão todos montados no veio 2 (110).

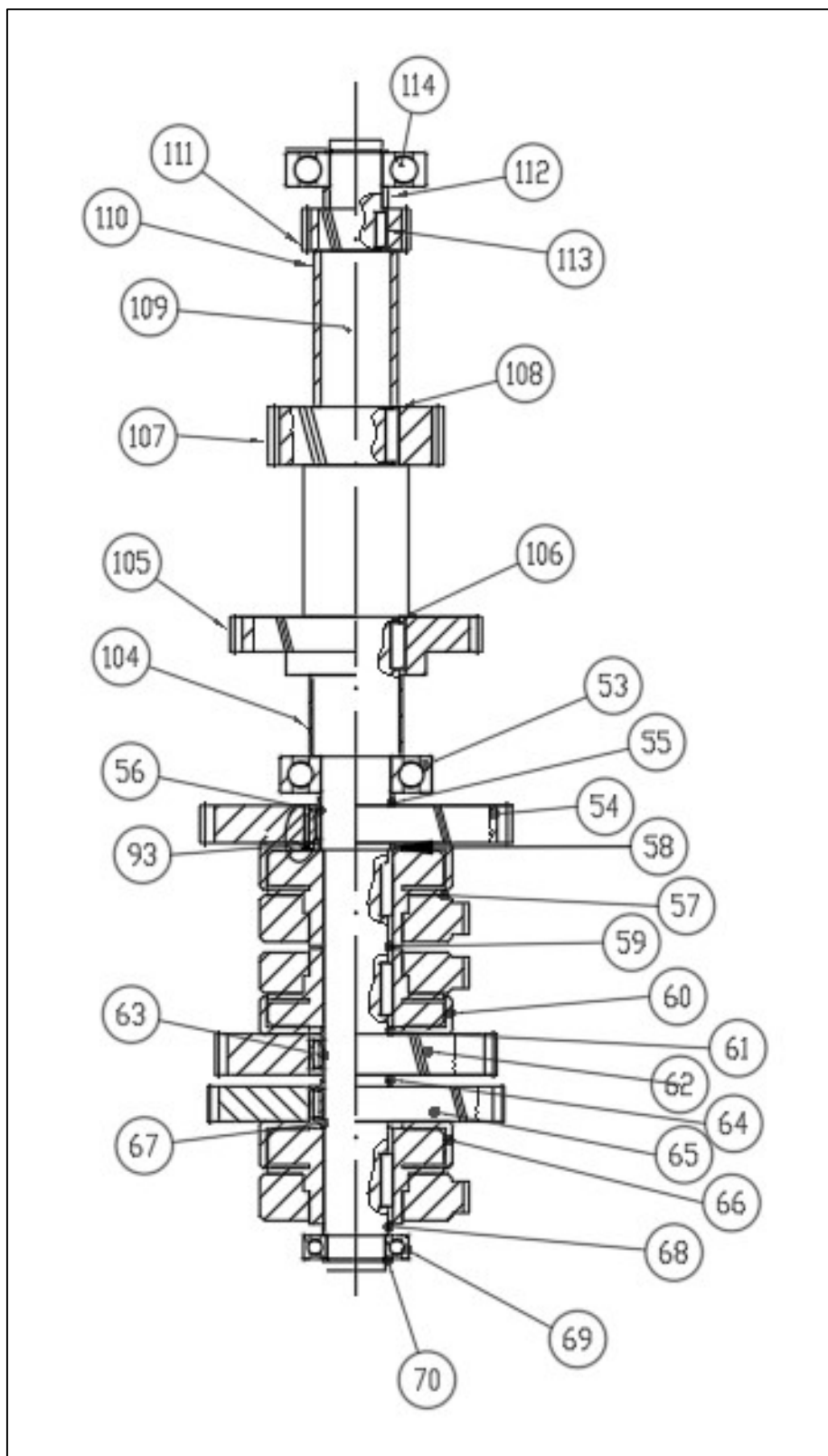


Figura 22 - Esquema do veio 2

Ordem de montagem:

1. Montagem da chaveta CP-EH6-1 (108);
2. Montagem da engrenagem helicoidal EH6-1 (107);
3. Montagem do espaçador E-V2-EH6-EH5 (110);
4. Montagem da chaveta CP-EH5-1 (113);
5. Montagem da engrenagem helicoidal EH5-1 (111);
6. Montagem do espaçador E-V2-EH5-RE3 (112);
7. Montagem do rolamento RE3 (114);
8. Montagem do anel elástico AE-V2-RE3-E (70);
9. Montagem da chaveta CP-EH7-1 (106);
10. Montagem da engrenagem helicoidal EH7-1 (105);
11. Montagem do espaçador E-V2-RE2-EH7 (104);
12. Posicionamento do anel elástico AE-V2-RE2-I;
13. Montagem do rolamento RE2 (53);
14. Montagem do espaçador E-RA3-RE2 (55);
15. Montagem do rolamento RA-V2-032-2 (56) (RA3);
16. Montagem do espaçador E-032-RA3 (58);
17. Montagem da chaveta CP-032-2 (48);
18. Montagem da engrenagem helicoidal EH2-2 (54) e da embraiagem 032-2 (57);
 - a. Montagem da engrenagem EH2-2 (54) no tambor da embraiagem 032-2 (57) com o parafuso (93);
 - b. Montagem do tambor e do estator no rotor da embraiagem.
19. Montagem do espaçador E-V2-031-032 (59);
20. Montagem da chaveta CP-031-4 (48);
21. Montagem da engrenagem helicoidal EH4-2 (62) e da embraiagem 031-4 (60);
 - a. Montagem da engrenagem EH4-2 (62) no tambor da embraiagem 032-2 (60) com o parafuso (93);
 - b. Montagem do tambor e do estator no rotor da embraiagem.
22. Montagem do espaçador E-V2-RA2-031 (61);
23. Montagem do rolamento RA-V2-031-4 (63) (RA2);
24. Montagem do espaçador E-V2-RA1-RA2 (64);
25. Montagem do rolamento RA-V2-032-3 (63) (RA1);
26. Montagem do espaçador E-V2-031-RA1 (67);
27. Montagem da chaveta CP-032-3 (48);
28. Montagem da engrenagem helicoidal EH3-2 (65) e da embraiagem 032-3 (66);
 - a. Montagem da engrenagem EH3-2 (65) no tambor da embraiagem 032-3 (66) com o parafuso (93);
 - b. Montagem do tambor e do estator no rotor da embraiagem.
29. Montagem do espaçador E-V2-RE1-032 (68);
30. Montagem do rolamento RE1 (69);
31. Montagem do anel elástico AE-V2-RE1-E (70);

Montagem do veio 3

Na Figura 23 está ilustrado o veio do motor montado. Os componentes serão todos montados no veio 3 (52).

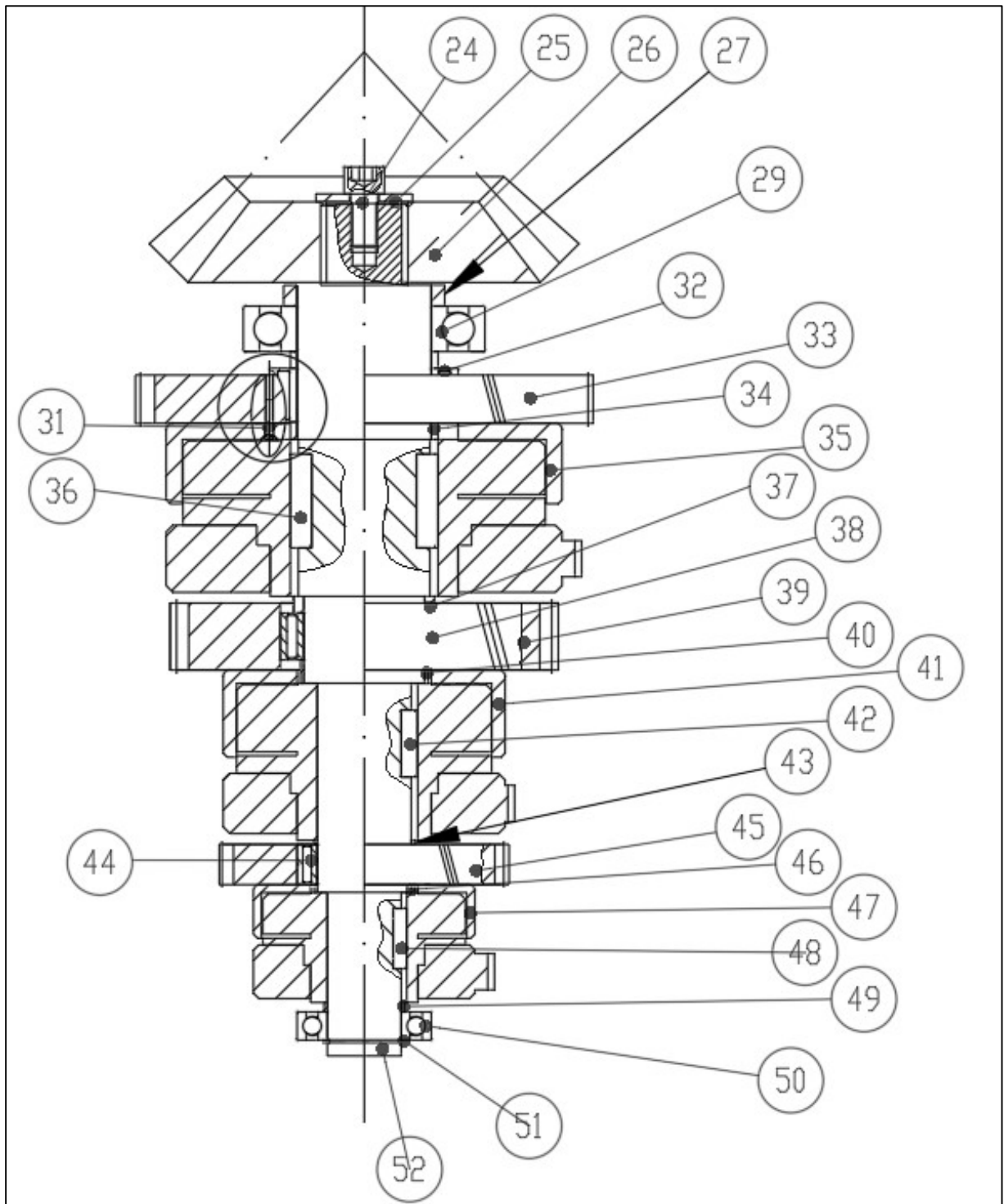


Figura 23 - Esquema do veio 3

Ordem de montagem:

1. Montagem da engrenagem cônica EC8-1 (26);
2. Montagem da anilha (25) e do parafuso (24);
3. Montagem do espaçador E-V3-RE2-EC8 (27);
4. Posicionamento do anel elástico AE-V3-RE2-I;
5. Montagem do rolamento RE2 (29);
6. Montagem do espaçador E-V3-RA3-RE2 (30);
7. Montagem do rolamento de agulhas RA-V3-055 (32) (RA3);
8. Montagem do espaçador E-V3-055-RA3 (34);
9. Montagem da chaveta CP-055-5 (36);
10. Montagem da engrenagem helicoidal EH5-2 (33) e da embraiagem 055-5 (35);
 - a. Montagem da engrenagem EH5-2 (33) no tambor da embraiagem 055-5 (35) com o parafuso (31);
 - b. Montagem do tambor e do estator no rotor da embraiagem.
11. Montagem do espaçador E-RA2-055 (37);
12. Montagem do rolamento de agulhas RA-V3-047 (38) (RA2);
13. Montagem do espaçador E-V3-047-RA2 (40);
14. Montagem da chaveta CP-047-7 (42);
15. Montagem da engrenagem helicoidal EH4-2 (39) e da embraiagem 047-4 (41);
 - a. Montagem da engrenagem EH4-2 (39) no tambor da embraiagem 047-4 (41) com o parafuso (31);
 - b. Montagem do tambor e do estator no rotor da embraiagem.
16. Montagem do espaçador E-V3-RA1-047 (43);
17. Montagem do rolamento de agulhas RA-V3-032-7(44);
18. Montagem do espaçador E-V3-032-RA1 (46);
19. Montagem da chaveta CP-032-7 (48);
20. Montagem da engrenagem helicoidal EH7-2 (45) e da embraiagem 032-7 (47);
 - a. Montagem da engrenagem EH7-2 (45) no tambor da embraiagem 032-7 (47) com o parafuso (31);
 - b. Montagem do tambor e do estator no rotor da embraiagem.
21. Montagem do espaçador E-V3-RE1-032 (49);
22. Montagem do rolamento de esferas RE1 (50);
23. Montagem do anel elástico AE-V3-RE1-E (51);
24. Reaperto do parafuso (24).

Montagem do veio 4

Na Figura 24 Figura 23 está ilustrado o veio do motor montado. Os componentes serão todos montados no veio 3 (52).

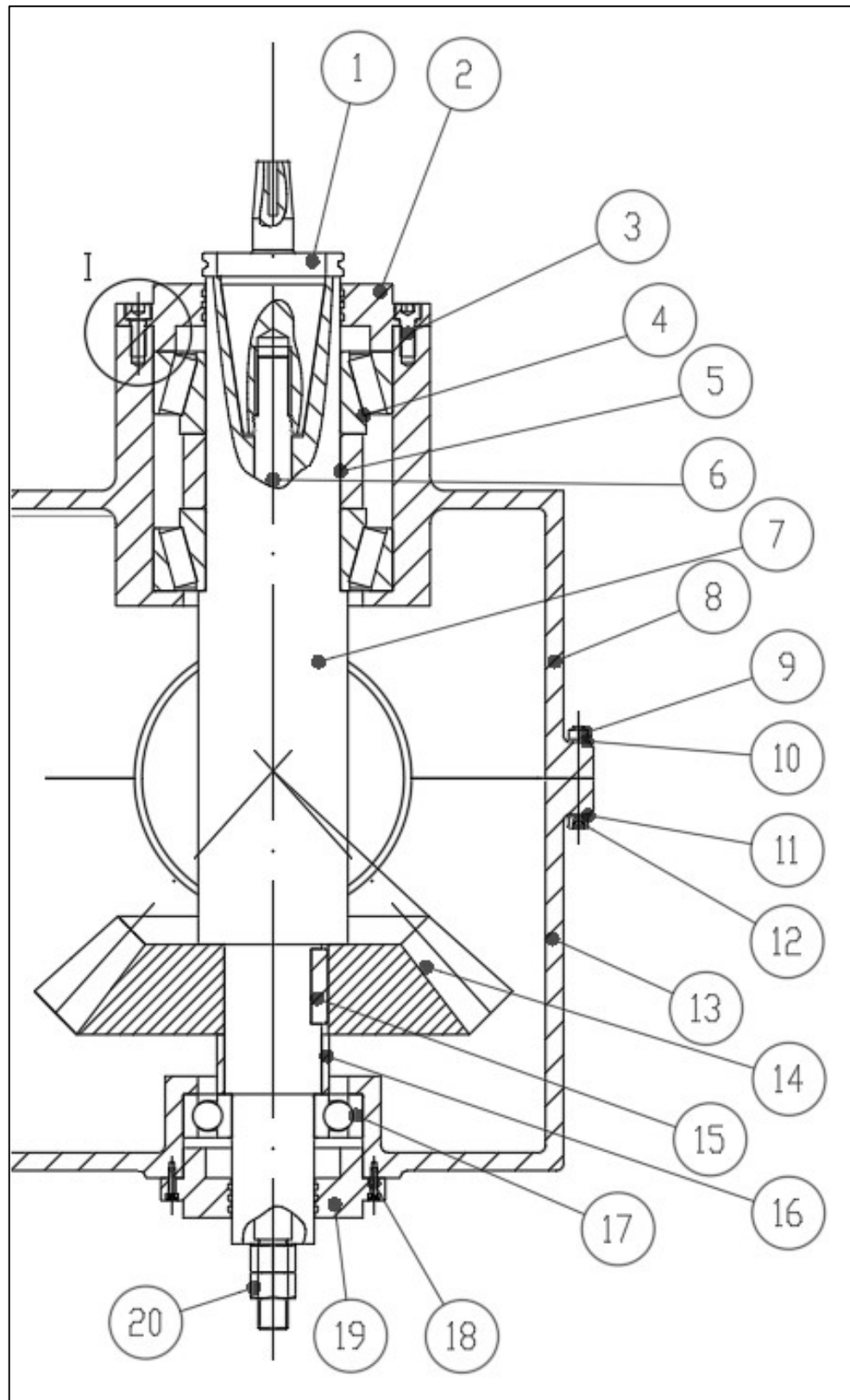


Figura 24 - Esquema do veio 4

Ordem de montagem:

1. Montagem da pista exterior do rolamento cónico RC2 (5) no cárter (8);
2. Montagem da pista interior do rolamento cónico RC2 (5) no veio 4 (7);
3. Montagem do espaçador E-V4-RC2-RC3 (5);
4. Montagem da pista interior do rolamento cónico RC3(5) no veio 4 (7);
5. Montagem da pista exterior do rolamento cónico RC3 (5) no cárter (8);
6. Aperto da tampa de veio 4 (2) com os parafusos (3), aplicando a pré-carga aos rolamentos cónicos.
7. Montagem da chaveta CP-EC8 (14);
(Necessária montagem do conjunto do veio 3 no cárter (8) para os restantes passos)
8. Montagem da engrenagem cónica EC8-2 (14);
9. Montagem do espaçador E-V4-EC8-RE1;
(Montagem da tampa da caixa de velocidades necessária para os restantes passos)
10. Montagem do rolamento de esferas RE1 (17);
11. Montagem da tampa do veio 4 (19);
12. Montagem do varão (6);
13. Montagem do porta-ferramentas (1) roscado ao varão (6);
14. Ajuste do porta-ferramentas (1) apertando as duas porcas (20) uma contra a outra.

Montagem da caixa de velocidades

A montagem da caixa de velocidades requer a montagem prévia dos conjuntos dos veios 1, 2 e 3 e é montada em paralelo com o veio 4.

Ordem de montagem:

1. Montagem do conjunto do veio 1 no cárter;
2. Montagem do anel elástico AE-V1-RE2-I;
3. Montagem do conjunto do veio 2, com o anel elástico AE-V2-RE2-I;
4. Montagem do conjunto do veio 3, com o anel elástico AE-V3-RE2-I;
5. Montagem das primeira e segunda partes do conjunto do veio 4 (até ao passo 9);
6. Montagem da tampa da caixa de velocidades (13) com o parafuso (12), a anilha (11), a anilha de pressão (10) e a porca (9);
7. Montagem do restante conjunto do veio 4;
8. Montagem das tampas dos veios (2 tampas do veio 1, 2 tampas do veio 2 e uma tampa do veio 3.);
9. Montagem da flange da caixa de velocidades
10. Montagem do conjunto do veio do motor.

Sequência de desmontagem

A sequência de desmontagem segue a ordem inversa à ordem de montagem da caixa de velocidades. É de ter em atenção que durante a desmontagem, há um passo antecedente a todos os outros que é esvaziar o lubrificante da caixa de velocidades. Este passo parte do pressuposto que o equipamento trabalhou corretamente.

O desenho de conjunto do equipamento está ilustrado no anexo K

Capítulo 5

Fase de Construção

5.1 Introdução

O passo seguinte do projeto é a fase de construção, onde são determinados os processos de fabrico dos componentes necessários produzir. Assim, a primeira parte deste capítulo é reservada à realização dos desenhos de definição dos componentes a maquinar. A segunda parte é dedicada à realização dos planos de fabrico das peças.

Devido à escassez de tempo durante a realização do projeto, apenas se vai fazer o plano de fabrico de 3 componentes: um veio, uma engrenagem e uma tampa de um veio.

5.2 Desenhos de definição

Apenas se realizaram os desenhos de definição dos componentes a maquinar, ou seja, do veio, da tampa e do pinhão. O veio é o veio 1 (92), a tampa é a tampa do veio 3 (23) e a engrenagem é a EH7-1 (107). Os desenhos estão no anexo L.

Particularidades

Veio: é necessário um cuidado especial na cotagem das ranhuras dos anéis elásticos, nas faces onde vai ser montado os rolamentos, nas faces onde vão ser montadas as engrenagens e concentricidade das diferentes secções do veio e do furo roscado.

Tampa: é necessário ter em conta as faces de encosto da tampa e a localização dos furos passantes.

Engrenagem: é necessário garantir a concentricidade do diâmetro exterior com o diâmetro interior da engrenagem e a tolerância na abertura do escatel.

5.3 Plano de fabrico

Para a realização dos planos de fabrico das 3 peças a produzir, começou-se por definir o matéria-prima necessária e disponível para a execução. De seguida, definiu-se que operações seriam necessárias realizar e por último ordenaram-se as operações de modo a otimizar o processo de fabrico.

5.3.1 Matéria-prima

O processo de fabrico das peças começa com a definição da matéria-prima necessária para a execução das peças. Assim, definiu-se, qual a geometria e o material necessário fornecer para produzir as peças.

Veio

O material do veio, definido no capítulo anterior, é aço DIN Ck45.

A geometria final do veio é cilíndrica, logo, a geometria da matéria-prima deve corresponder com essa geometria, assim, ficou decidido utilizar varão redondo. Como se vai maquinar a peça, o fornecimento deve ser superior ao diâmetro máximo. O diâmetro máximo do veio é de 65mm, por isso, optou-se por utilizar um varão redondo de 70mm de diâmetro.

Tampa

O material da tampa é o mesmo material dos veios, aço DIN Ck45.

A geometria final da tampa é cilíndrica, logo o fornecimento da matéria-prima deve ser um varão redondo. O diâmetro máximo da tampa é de 233mm, por isso, optou-se por utilizar um varão redondo com 250mm de diâmetro.

Pinhão

O material do pinhão, definido no capítulo anterior, é aço DIN 42 CrMo 4.

A geometria final da engrenagem é cilíndrica, por isso, a geometria da matéria-prima deve ser um varão redondo. O diâmetro de addendum do pinhão é de 215,940mm, assim, optou-se por utilizar um varão redondo de 250mm de diâmetro.

5.3.2 Operações de maquinagem

Após o fornecimento da matéria-prima, é necessário processá-la até obter a geometria final da peça. Definiram-se então as operações de maquinagem necessárias.

Corte

Atualmente os fornecedores fornecem o material com o comprimento encomendado, ou seja, apenas é necessário definir o comprimento necessário e efetuar a encomenda. No entanto, se for fabricado mais do que uma peça da mesma matéria-prima, pode-se comprar um varão inteiro e cortar ao comprimento necessário.

Os comprimentos de corte necessários devem ser superiores à largura das peças para permitir maquinar as faces da peça. Assim, construiu-se a Tabela 32 com os comprimentos necessários de cada uma das peças.

Tabela 32 - Características do corte

Peça	Comprimento necessário (mm)	Comprimento de corte (mm)	Matéria-Prima
Veio	459	465	Ø70 DIN Ck45
Tampa	24,5	30	Ø250 DIN Ck45
Pinhão	50	55	Ø250 DIN 42 CrMo 4

Maquinagem

Para obter a geometria necessária, é preciso realizar diferentes operações de maquinagem, com um torno mecânico e outras uma fresadora.

Torno mecânico:

- Facejar: Remoção de material no plano perpendicular ao eixo axial da peça;
- Furar: Furar axialmente o topo da peça;
- Tornear: Remoção de material, diminuindo ou aumentando o diâmetro da face torneada sendo este exterior ou interior, respetivamente;
- Ranhurar: Abertura de ranhuras para anéis elásticos;
- Chanfrar: Remoção de material nas arestas da peça;

- Sangrar: Cortar a peça.

Fresadora:

- Fresagem de topo: Remoção de material com movimentos de translação da ferramenta relativamente à peça.

Retificação

Devido à rugosidade requerida para os dentes da engrenagem e as zonas de encosto da tampa ao cárter, é necessário utilizar uma retificadora para dar o devido acabamento à peça.

Tratamentos térmicos

As engrenagens têm de ser temperadas à chama ou por indução, para aumentar a dureza do aço DIN 42 CrMo 4. Para atingir uma dureza de, aproximadamente, 58 HRC, como pretendido, deve ser realizada uma tempera entre os 820°C e os 880°C, arrefecida em óleo.

5.4 Sequência de maquinagem

Nas Tabela 33, Tabela 34 e Tabela 35. estão as sequências de maquinagem do veio, da tampa e do pinhão, respetivamente.

Tabela 33 - Sequência de maquinagem do veio

Fase	Operação	Descrição
1	1	Corte do varão com 465mm de comprimento
2	1	Fixação da peça no torno com bucha de pinças
	2	Facejar o topo da peça
	3	Furar um furo de centragem com broca de ponto para fixação de um contraponto.
	4	Tornear exterior em desbaste deixando 0,5mm para acabamento
	5	Ranhurar e chanfrar
	6	Torneamento exterior em acabamento
	7	Furar e roscar o furo roscado
	8	Sangrar a peça deixando 0,5mm para acabamento
	9	Facejar o topo em acabamento
3	1	Fixação da peça na fresadora
	2	Abertura de escatéis com fresa de topo
	3	Abertura das ranhuras da estria

Tabela 34 - Sequência de maquinagem da tampa

Fase	Operação	Descrição
1	1	Corte do varão com 30mm de comprimento
2	1	Fixação da peça no torno com bucha de pinças
	2	Facejar o topo da peça
	3	Tornear exterior em desbaste deixando 0,5mm para acabamento
	4	Rodar a fixação da peça
	5	Facejar o topo da peça
	6	Tornear exterior em desbaste
	7	Tornear interior em desbaste
	8	Facejar em acabamento
3	1	Fixação da peça na fresadora
	2	Furar furos passantes
	3	Abertura das caixas dos parafusos

Tabela 35 - Sequência de maquinagem do pinhão

Fase	Operação	Descrição
1	1	Corte do varão com 55mm de comprimento
2	1	Fixação da peça no torno com bucha de pinças
	2	Facejar o topo da peça
	3	Tornear exterior em desbaste
	4	Rodar a fixação da peça
	5	Facejar em acabamento
	6	Tornear exterior em desbaste
	7	Tornear interior em desbaste
	8	Tornear interior em acabamento
	9	Facejar em desbaste
3	1	Fixação da peça na fresadora
	2	Abrir escatel interior
	3	Fresagem do dentado
4	1	Retificação do dentado

Capítulo 6

Fase de Entrega

6.1 Introdução

Neste capítulo vai se aplicar RCM ao equipamento com o objetivo de obter um plano de manutenção. Para isso, começou-se por definir o diagrama de blocos do sistema. De seguida, fez-se uma análise FMEA, que começa por determinar o nível de decomposição da análise, e posterior definição das funções do equipamento e funções de falha, modos de falha e efeitos de falha. Posteriormente fez-se uma análise RPN para avaliar o risco dos modos de falha e um diagrama de decisão que culmina com a obtenção do plano de manutenção do equipamento.

6.2 RCM

O primeiro passo da RCM é a criação do diagrama hierárquico de blocos. Para isso é necessário decompor o sistema em módulos e sub módulos até aos componentes. Para isso, existem as seguintes recomendações:

- Realizar a divisão em três ou quatro níveis no máximo;
- O último elemento da estrutura deve ser o componente;
- Usar a mesma definição para itens idênticos;
- Manter a definição ao longo de todos os documentos do projeto;
- Evitar modificações sucessivas após a definição da primeira estrutura.

Uma vez que a análise é meramente académica e sem dados estatísticos, os níveis do sistema a analisar não são muito aprofundados, simplificando o método.

O sistema a analisar é composto por dois subsistemas: o motor elétrico e a caixa de velocidades, dentro do subsistema caixa de velocidades, ainda existem 2 módulos: a caixa de velocidades e o sistema de lubrificação. Uma vez determinado o sistema a analisar, pode-se definir o diagrama de blocos representado na Figura 25. É de notar que a presente análise apenas tem em conta os modos de falha devido a causas de raiz.

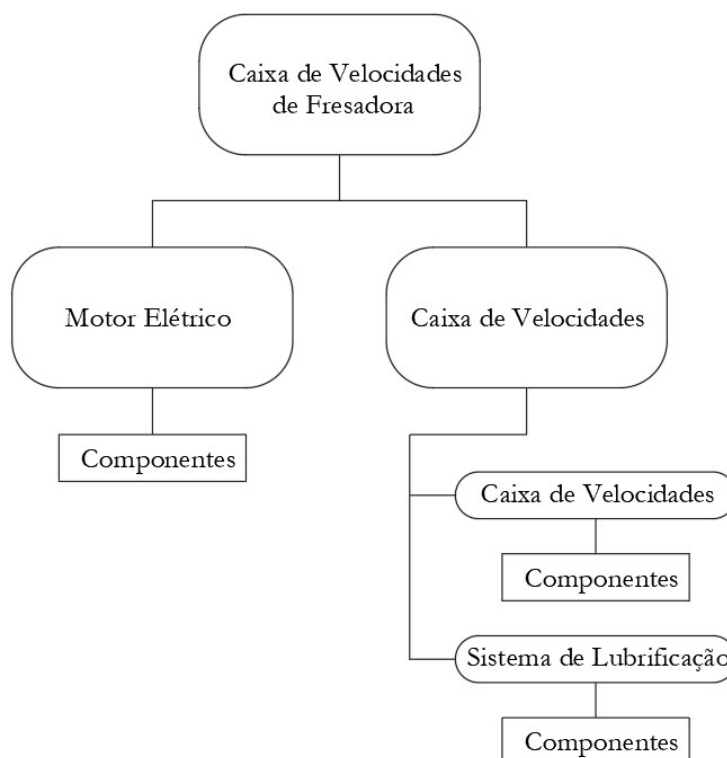


Figura 25 - Diagrama Hierárquico de Blocos do Equipamento

6.2.1 FMEA

Com o equipamento o diagrama hierárquico de blocos definido, consegue-se realizar a FMEA ao equipamento.

Começou-se por relembrar o contexto operacional do equipamento e o tempo de vida estipulado. De seguida definiu-se as funções principais e secundárias do equipamento e posteriormente as falhas funcionais, os modos de falha e por fim os efeitos de falha. Com os modos de falha definidos, consegue-se aplicar o RPN e fazer o diagrama de decisão.

O equipamento vai trabalhar numa oficina mecânica convencional, e tem um tempo de vida útil de 20000 horas.

As FMEA do motor elétrico, da caixa de velocidades e do sistema de lubrificação estão no anexo M

6.2.1.1 RPN

O RPN é uma análise quantitativa, ou seja, é necessário determinar a severidade, a ocorrência e a detetabilidade de cada modo de falha. Para isso, constroem-se tabelas de avaliação para cada parâmetro aplicadas ao presente caso a avaliar.

Severidade

Dada a simplicidade da análise a efetuar, torna-se complicado avaliar a severidade de um modo de falha se a gama de avaliação do parâmetro for elevada. Por esta razão, determinou-se que a severidade varia de 1 a 4 sendo 1 um modo de falha insignificante e 4 um modo de falha catastrófico, como se pode ver na Tabela 36.

Tabela 36 - Tabela de Severidade (CEI IEC 60812: Analysis techniques for system reliability)

Valor	Nível de severidade	Consequências
4	Catastrófico	Modo de falha que pode potencialmente resultar na falha das funções principais do sistema e consequentemente provocar danos ao sistema e ao que o rodeia e/ou constitui uma ameaça à saúde e segurança de alguém.
3	Crítico	Modo de falha que pode potencialmente resultar na falha das funções principais do sistema e consequentemente provocar danos consideráveis ao sistema e ao que o rodeia, mas sem constituir uma ameaça à saúde e segurança de alguém.
2	Marginal	Modo de falha que pode potencialmente degradar o desempenho das funções do sistema sem provocar um dano considerável ao sistema ou constituir uma ameaça à saúde e segurança de alguém.
1	Insignificante	Modo de falha que pode potencialmente degradar as funções do sistema, mas não causam dano ao sistema e não constituem um perigo para ninguém.

Ocorrência

Uma vez que foi predeterminado que a caixa de velocidades deve ter uma vida útil de 20000 horas, optou-se por determinar os níveis de ocorrência com base neste intervalo de tempo.

Tabela 37 - Tabela de Ocorrência

Valor	Frequência de ocorrência	Nível da ocorrência
1	0 vezes	Improvável
2	1 ou 2 vezes	Pouco provável
3	3-5 vezes	Ocasional
4	>5 vezes	Inevitável

Detetabilidade

Uma vez que o modo de avaliação da detetabilidade é muito complicado definir e a análise é uma análise simples, determinou-se que a detetabilidade está compreendida entre valores de 1 a 5. Na Tabela 38 está pormenorizada o grau de detetabilidade.

Tabela 38 - Tabela da Detetabilidade

Valor	Detetabilidade	Critério
1	Quase certeza	O controlo do projeto vai quase de certeza detetar a potencial causa ou mecanismo e o modo de falha subsequente
2	Elevada	O controlo do projeto tem elevada chance de detetar a potencial causa ou mecanismo e o modo de falha subsequente
3	Moderada	O controlo do projeto tem uma chance moderada de detetar a potencial causa ou mecanismo e o modo de falha subsequente
4	Baixa	O controlo do projeto tem pouca chance de detetar a potencial causa ou mecanismo e o modo de falha subsequente
5	Incerteza absoluta	O controlo do projeto não tem qualquer chance de detetar a potencial causa ou mecanismo e o modo de falha subsequente

Com os parâmetros de avaliação do RPN definidos, é necessário construir uma matriz para avaliar a criticidade baseada no valor do RPN. Um dos objetivos deste método é a identificação das áreas, indicadores ou critérios mais críticos e por isso necessitem de intervenção com o objetivo de reduzir o valor de RPN. A Tabela 39 representa a matriz de criticidade onde estão representados 3 níveis de RPN:

- Aceitáveis, representados a verde;
- Aceitáveis sob revisão, representados a amarelo;
- Inaceitáveis, representados a vermelho.

Tabela 39 - Matriz de Criticidade

Severidade		1	2	3	4
Detetabilidade	1	1	4	9	16
	2	2	8	18	32
	3	3	12	27	48
	4	4	16	36	64
	5	5	20	45	80
Ocorrência		1	2	3	4

Fez-se então a análise RPN dos 3 módulos. É de notar que apenas se analisou os modos de falha com um nível de RPN inaceitável ou aceitável sob revisão.

RPN do Motor

A Tabela 40 ilustra a análise RPN do motor e as medidas a tomar para reduzir o risco do modo de falha.

Tabela 40 - Análise RPN do Motor

Referencia RCM			Avaliação do Risco				Medidas	Avaliação do Risco			
F	FF	FM	O	S	D	RPN		O	S	D	RPN Futuro
1	A	5	1	2	4	8	Nenhuma manutenção programada	1	2	4	8
1	A	6	2	2	3	12	Substituição programada	1	2	3	6
1	A	7	2	3	3	18	Substituição programada	1	3	3	9
1	A	9	1	3	1	6	Nenhuma manutenção programada	1	3	1	3

Uma vez que o modo de falha 1A5 tem um tempo de ocorrência superior ao tempo de vida do equipamento, não é necessário tomar medida de prevenção, pois é muito dispendioso. É preferível substituir após se dar o modo de falha. O modo de falha 1A9 não tem forma de prevenir, logo só se consegue controlar depois de acontecer.

RPN da Caixa de Velocidades

A Tabela 41 ilustra a análise RPN da caixa de velocidades e as medidas a tomar para reduzir o risco do modo de falha.

Tabela 41 - Análise RPN da Caixa de Velocidades

Referencia RCM			Avaliação do Risco				Medidas	Avaliação do Risco			
F	FF	FM	O	S	D	RPN		O	S	D	RPN Futuro
1	A	1	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada	1	3	2	6
1	A	4	1	2	4	8	Tarefa sob condição programada	1	2	2	4
1	A	7	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada	1	3	2	6
1	A	12	1	3	2	6	Tarefa sob condição programada	1	3	2	6
1	A	13	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada	1	3	2	6
1	A	15	1	3	3	9	Substituição programada	1	3	2	6
1	A	17	1	3	3	9	Substituição programada	1	3	2	6
1	A	19	2	2	3	12	Tarefa sob condição programada	1	2	1	2
1	A	20	1	3	3	9	Nenhuma manutenção programada	1	3	3	9
1	A	21	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada	1	3	2	6
1	A	22	1	3	3	9	Tarefa sob condição programada	1	3	1	3
4	A	1	1	4	1	4	Tarefa sob condição programada	1	4	1	4

Os modos de falha 1A1, 1A7, 1A13, 1A20 e 1A21 são tão improváveis de acontecer que não compensa realizar a prevenção destes.

RPN do Sistema de Lubrificação

A Tabela 42 ilustra a análise RPN do sistema de lubrificação e as medidas a tomar para reduzir o risco do modo de falha.

Tabela 42 – Análise RPN do Sistema de Lubrificação

Referencia RCM			Avaliação do Risco				Medidas	Avaliação do Risco			
F	FF	FM	O	S	D	RPN		O	S	D	RPN Futuro
1	A	2	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada	1	3	2	6
1	A	3	1	3	3	9	Tarefa sob condição programada	1	3	2	6
1	A	4	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada	1	3	2	6
1	A	5	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada	1	3	2	6
1	A	6	2	3	3	18	Tarefa de restauro programada	1	3	2	6
1	B	1	2	2	3	12	Substituição programada	1	2	2	4
1	B	3	3	2	3	18	Substituição programada	1	2	2	4
1	B	4	2	2	3	12	Tarefa de restauro programada	1	2	3	6

Os modos de falha 1A2, 1A4 e 1A5 são muito improváveis de acontecer, o que não é compensatório tomar medidas para prevenção das mesmas.

6.2.2 Diagrama de decisão

Analisando os modos de falha definidos na FMEA, através do plano de decisão, consegue-se contruir os diagramas de decisão para o motor elétrico, a caixa de velocidades e o sistema de lubrificação. Os diagramas de decisão encontram-se no anexo N

6.2.3 Plano de manutenção

Uma vez analisado o RPN dos modos de falha e construídos os diagramas de decisão, consegue-se contruir o plano de manutenção da caixa de velocidades onde está explícito que ações realizar com uma determinada frequência para garantir o correto funcionamento do equipamento durante o seu tempo de vida útil.

Plano de Manutenção					
Ref		Tarefa	Descrição	Periodicidade	Feito Por:
Equipamento	Modo de falha				
Motor Elétrico	1A8	Tarefa sob-condição programada: Análise sensorial da vibração	Analisar e verificar a vibração do motor elétrico	Contínua	Técnico e Sensor de vibração
Caixa de Velocidades	1A3 / 1A16 / 1A18	Tarefa sob-condição programada: Análise sensorial da vibração	Analisar e verificar a vibração da caixa de velocidades	Contínua	Técnico e Sensor de vibração
Caixa de Velocidades	1A19 / 1A22	Tarefa sob-condição programada: Análise da temperatura	Analisar e verificar a temperatura do lubrificante da caixa de velocidades	Contínua	Técnico/Operário e Termómetro
Caixa de Velocidades	4A1	Tarefa sob-condição programada: verificação e reaperto dos parafusos da tampa inferior do veio 4 (reprojeto desejável)	Verificação do estado e posterior reaperto dos parafusos da tampa inferior do veio 4. Ao final de 10 reapertos deve-se proceder à substituição dos parafusos	1 000 h	Técnico
Sistema de Lubrificação	1A3	Tarefa sob-condição programada: Inversão do sentido de rotação do motor	Verificar se o equipamento é lubrificado quando o sentido é invertido	5 000 h	Operário/Técnico
Sistema de Lubrificação	1B1	Substituição programada: Filtros de óleo	Substituir os filtros de óleo	5 000 h	Técnico
Sistema de Lubrificação	1B3 / 1C1	Substituição programada: Óleo	Substituir o óleo da caixa de velocidades	5 000 h	Técnico
Motor Elétrico	1A2	Tarefa sob condição programada: Verificação do isolamento do cabo de alimentação	Verificar o isolamento do cabo de alimentação	1 Ano	Operário/Técnico

Sistema de Lubrificação	1A6	Tarefa de restauro programada: Limpeza e verificação dos aspersores	Limpar os aspersores e verificar o estado de conservação dos aspersores	10 000 h	Técnico
Sistema de Lubrificação	1B4	Tarefa de restauro programada: Limpeza e verificação do ponto de ligação do cárter ao depósito	Limpar o ponto de ligação do cárter ao depósito e verificar o estado de conservação	10 000 h	Técnico
Caixa de Velocidades	1A12	Tarefa sob-condição programada: Verificação e reaperto dos parafusos de ligação entre as engrenagens e as embraiagens	Verificação do estado e posterior reaperto dos parafusos de ligação entre engrenagens e as embraiagens	10 000 h	Técnico
Caixa de Velocidades	2A2	Tarefa sob-condição programada: verificação das ligações elétricas	Analisar e verificar o estado das ligações elétricas	10 000 h	Técnico
Caixa de Velocidades	1A11	Substituição programada: Rolamentos das embraiagens	Substituir os rolamentos das embraiagens	10 000 h	Técnico
Motor Elétrico	1A6 / 1A7	Substituição programada: Substituir os rolamentos	Substituir os rolamentos do rotor do motor elétrico	20 000 h	Técnico
Caixa de Velocidades	1A14	Substituição programada: Rolamentos de agulhas	Substituir os rolamentos de agulhas	40 000h	Técnico
Caixa de Velocidades	1A15	Substituição programada: Rolamentos de esferas	Substituir os rolamentos de esferas	40 000h	Técnico
Caixa de Velocidades	1A17	Substituição programada: Rolamentos cónicos	Substituir os rolamentos cónicos	40 000h	Técnico

6.3 Conclusões da análise

A análise efetuada permitiu descobrir modos de falha que podiam ter passado despercebidos durante o processo de dimensionamento da caixa de velocidades, no entanto a análise não só enriqueceu o conhecimento sobre as funções do equipamento, como permite prevenir os modos de falha.

É de salientar que apenas há um modo de falha que pode provocar danos severos ao equipamento e ameaçar a saúde do operário, o modo 4A1 da caixa de velocidades. Por esse motivo é que tem um cuidado particularmente apertado. O aperto dos parafusos não seria necessário ter uma frequência tão alta se o nível de severidade do equipamento fosse menor. No entanto é necessário ainda um cuidado para o facto de o modo de falha estiver iminente mesmo com os todos cuidados necessários, terá de ser feito o reprojeção do componente.

Determinou-se também que a cada 5000 horas de funcionamento o sistema de lubrificação deve ser revisto. Esta frequência pode variar consoante análise do filtro de óleo estar mais obstruído ou menos. Apenas foi determinadas as 5000 horas por ser $\frac{1}{4}$ da vida útil do sistema.

A cada 10000 horas de funcionamento o equipamento deve ser aberto e examinado devido ao tempo de vida dos rolamentos das embraiagens fornecido pelo fabricante. Por este motivo, aproveita-se e faz-se uma verificação de outros modos de falha que não seriam necessários, mas como não acrescenta um custo à intervenção, por prevenção efetuam-se as verificações das 10000 horas.

A cada 20000 horas de trabalho, supostamente o tempo de vida útil do equipamento acaba, no entanto, os componentes apesar de ter esse requisito, maioria dos componentes aguentam mais tempo de trabalho. Desta forma, substituem-se os componentes em fim de vida e pode-se continuar a utilizar o equipamento com as devidas manutenções realizadas.

A cada 40000 horas de trabalho, o tempo de vida do equipamento está duplicado, por esta razão, apesar dos rolamentos estarem calculados para aguentar mais horas de trabalho, por prevenção opta-se por substituí-los.

Capítulo 7

Conclusão

Uma vez realizada a dissertação, é possível concluir que com a aplicação de novas tecnologias e métodos de análise, é possível melhorar o processo de realização do projeto e o seu resultado.

Conseguiu-se cumprir com os objetivos da dissertação, obtendo uma solução funcional de uma caixa de velocidades, e por isso, consegue-se concluir-se que as ferramentas de gestão de projeto são ferramentas muito úteis na execução de projetos e na organização.

Como previsto, a fase de desenvolvimento e dimensionamento foi a fase mais complicada de executar devido à dependência dos diferentes componentes do equipamento. Uma alteração de um componente, obriga a alteração de outros. Para cumprir com o requisito da flecha máxima de 1% do módulo da engrenagem no ponto de engrenamento dos veios, foi necessário alterar não só a geometria dos veios, mas também a geometria das engrenagens e a distância entre-eixos.

Conclui-se também que a RCM é uma metodologia com um enorme potencial para construir um plano de manutenção, todos os passos da sua realização são simples e fáceis de aplicar. No entanto, é de salientar o que é referenciado em maior parte dos documentos sobre esta matéria que a aplicação do método deve ser um trabalho de equipa. É muito complicado a aplicação do método apenas com uma pessoa a apontar modos de falha do equipamento.

7.1 Trabalhos Futuros

A norma NP 1836 – Verificações geométricas. Fresadoras de árvore horizontal ou vertical com mesa de altura variável- deve ser cumprida, para isso, é necessário após construção da máquina realizar os diferentes testes descritos na norma.

O equipamento está dimensionado, exceto o sistema de lubrificação, onde merecia uma revisão e posterior dimensionamento para concluir o projeto total do equipamento. Falta também os desenhos e posterior planos de fabrico de todos os componentes maquinados do equipamento.

Durante o processo de dimensionamento do equipamento, obtiveram-se várias soluções. Algumas impossíveis de realizar, outras piores que a solução escolhida, mas uma delas, tinha dimensões mais reduzidas que o equipamento dimensionado e menos componentes, em que parece ser uma solução melhor que a atual (Figura 26). Então procedeu-se ao dimensionamento da solução, mas com os diâmetros dos veios maximizados para os diâmetros internos das embraiagens eletromagnéticas e o espaçamento entre componentes minimizado ao limite, a deformação máxima dos veios era superior a 1% do módulo das engrenagens nos pontos de engrenamento. Por este motivo, abandonou-se a solução e partiu-se para a solução obtida no presente documento. Fica aqui a nota de que a solução abandonada merecia ser revista e melhorada e possivelmente substituir a solução apresentada.

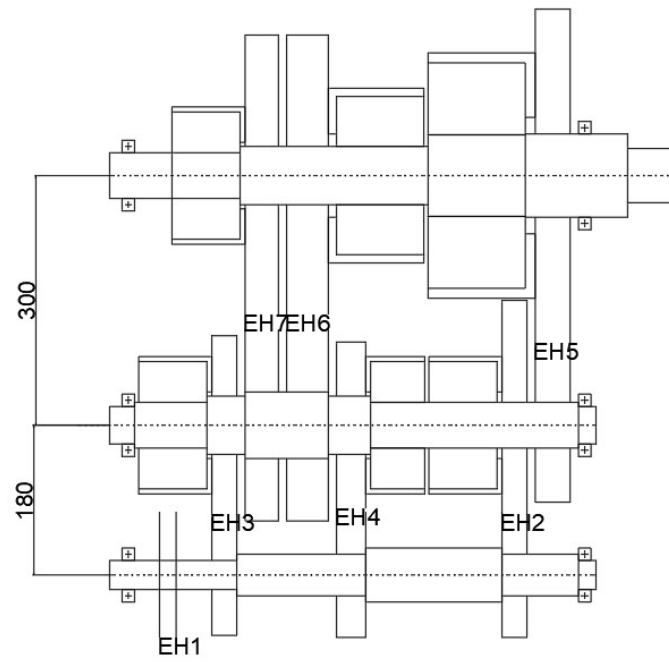


Figura 26 - Esquema de melhoria possível

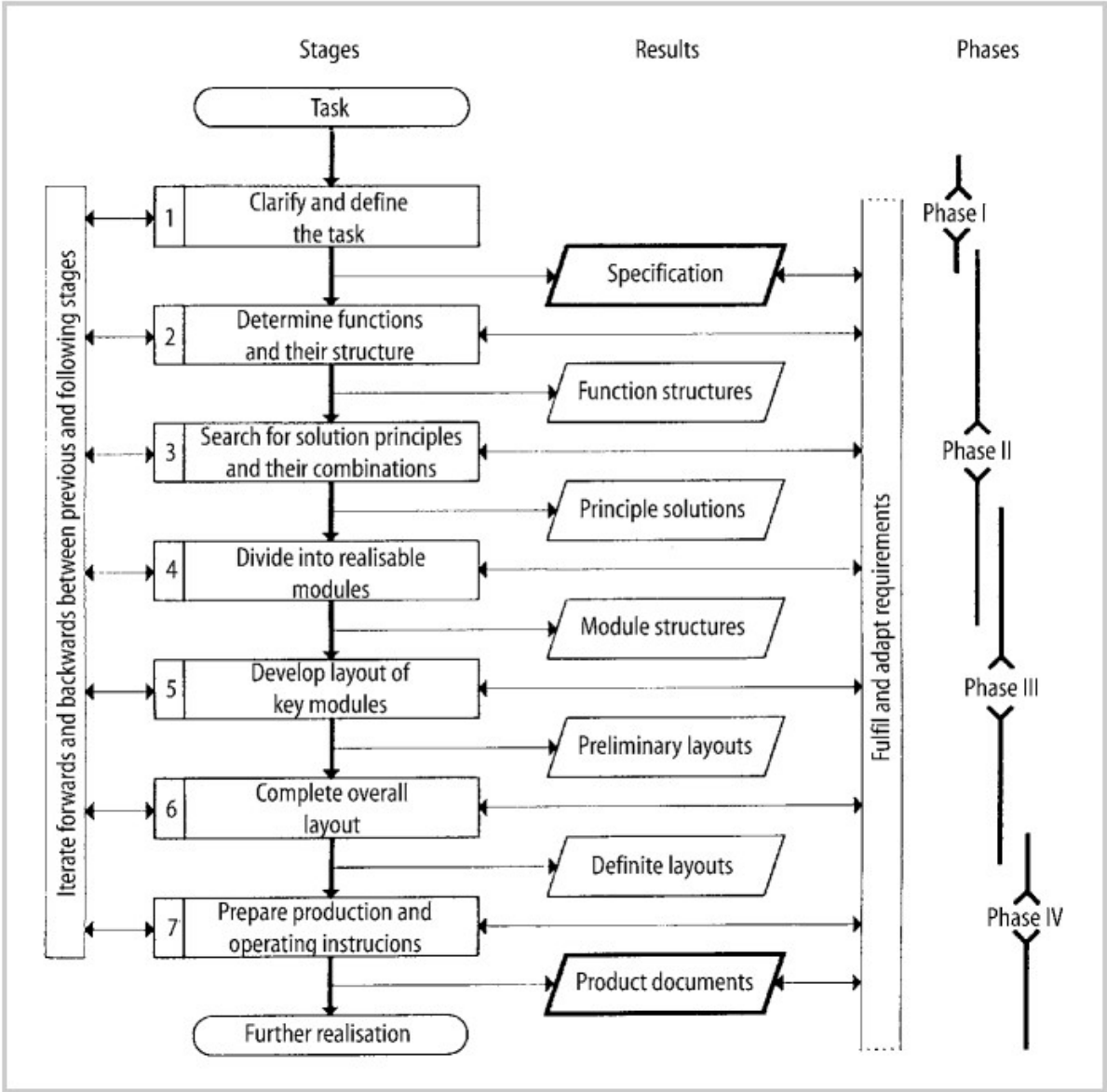
Referências

- Almacinha, J. A., & Seabra, J. H. (s.d.). *Projeto assistido por computador de caixas de velocidades de máquinas-ferramentas*. Grupo de Tribologia - Departamento de Engenharia Mecânica.
- Budynas, R. G., & Nisbett, K. J. (2009). *Shigley's Mechanical Engineering Design*.
- Burke, R. (2013). *Project Management: Planning and control Techniques*. Wiley.
- Castro, P. T. (2013). *Engrenagens*.
- Castro, P. T. (2016). *Parafusos de transmissão de potência e de ligação*.
- CEI IEC 60812: *Analysis techniques for system reliability*. (s.d.).
- DIN 804: *On-load speeds for machine tools*. (1966).
- EDP. (s.d.). Obtido de <https://www.edpdistribuicao.pt/sites/edd/files/2019-04/D00-C10-001.pdf>
- Engineerlive. (15 de Setembro de 2020). Obtido de <https://www.engineerlive.com/content/precision-involute-spline-shafts-and-bearing-shafts>
- Fabory. (s.d.). Obtido de <https://www.fabory.com/chaveta-paralela-tipo-pesado-din-6885-a-a%0c3%a7o-c45%2bc-sem-tratamento-de-superficie/p/39250>
- Ferreira, L. A. (s.d.). *Aplicação da Lubrificação Elastohidrodinâmica*.
- Gopinath, K., & Mayuram, M. (s.d.). *Machine Design II*.
- Haimer. (s.d.). Obtido de Haimer: <https://www.haimer.biz/products/tool-holders/din-iso-7388-1-sk304050/sk50/shrink-fit-chuck/standard.html>) que suporta fresas com um diâmetro máximo de 32mm
- ISO 6336: *Calculation of load capacity of spur and helical gears*. (2007).
- Jesus, A. M. (2019). *Fundamentos do corte*. SMPT-DEMec.
- ktr. (s.d.). Obtido de <https://www.ktr.com/fileadmin/ktr/media/Manuals/40210en000000.pdf>
- Magalhães, A. (2000). *Ferros Fundidos. Tipos e tratamentos*. ISEP.
- MatWeb. (s.d.). Obtido de <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MTP641>
- Moubray, J. (2003). *Manutenção Centrada em Confiabilidade*. Aladon.
- NP 1836: *Verificações geométricas. Fresadoras de árvore horizontal ou vertical com mesa de altura variável*. (1982).
- NP EN 13306:2007: *Terminologia de manutenção*. (2007).
- OMICrom. (15 de Setembro de 2020). Obtido de <http://omicrom.com.br/blog/mancais-deslizamento/>
- Orthlinghaus. (15 de Setembro de 2020). Obtido de <https://www.ortlinghaus.com/english/products/clutches/electromagnetic-clutch-series-008/008.html>
- Pahl, G., Feldhusen, J., Beitz, W., & Grote, K. H. (2007). *Engineering Design: a systematic approach*. Springer.
- PNG EGG. (15 de Setembro de 2020). Obtido de <https://www.pngegg.com/en/png-drdzx>
- QTC. (s.d.). *Elements of metric gear technology*.

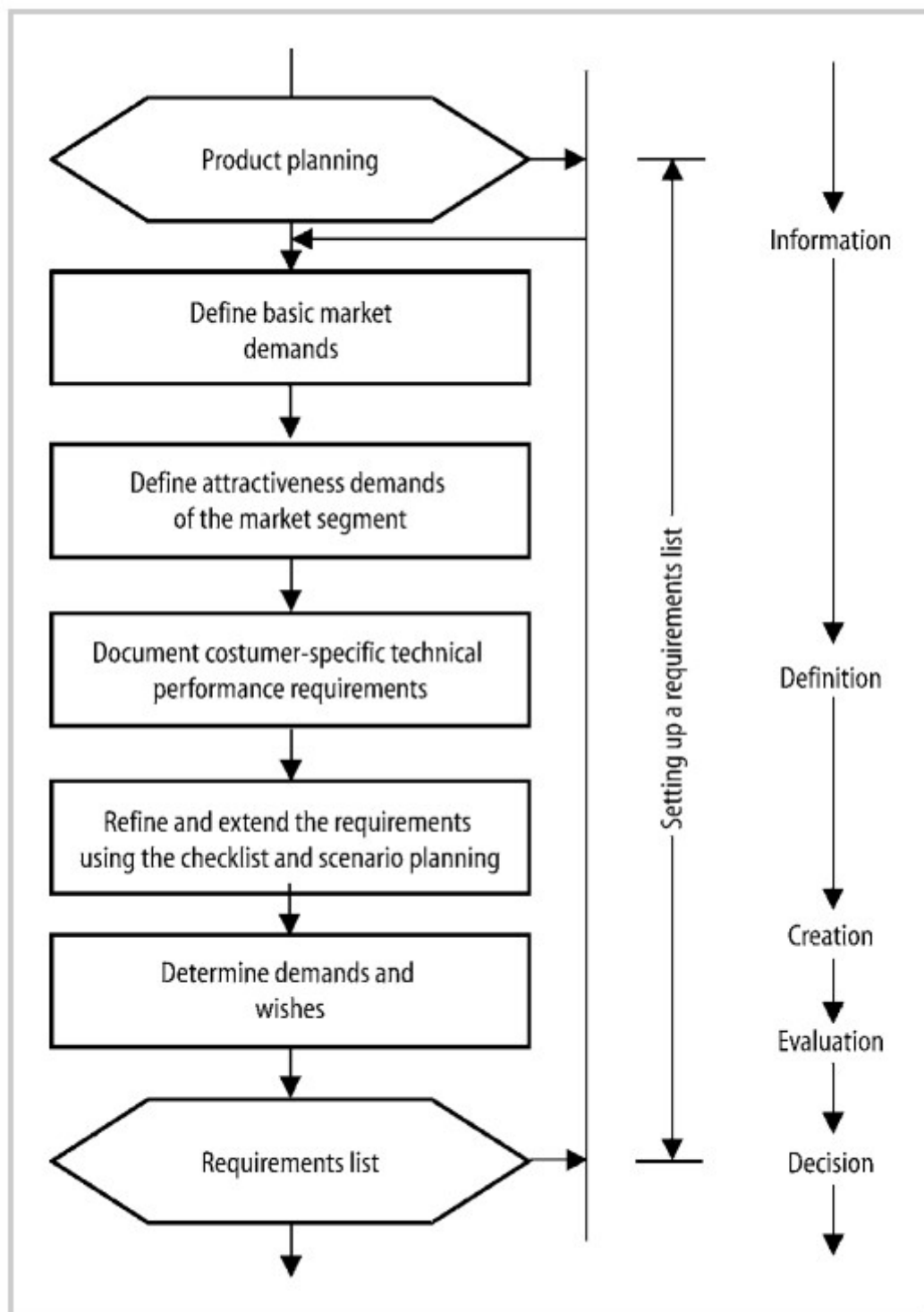
- Santos, A. (s.d.). Obtido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Vista-em-corte-de-um-motor-de-inducao-trifasico-Fonte-WEG_fig1_310502963
- SKF. (15 de Setembro de 2020). Obtido de <https://www.skf.com/pt/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings#cid-463368>
- SoGears*. (15 de 9 de 2020). Obtido de <https://www.sogears.com/zq-parallel-shaft-reduction-gearbox-for-sand-screen-machine>
- WEG. (2005). Motores Elétricos.
- WEG. (s.d.). *W22 Three-Phase Electric Motor*.

ANEXO A: Metodologias de gestão de projeto

Anexo A.1 Fases da obtenção de uma solução



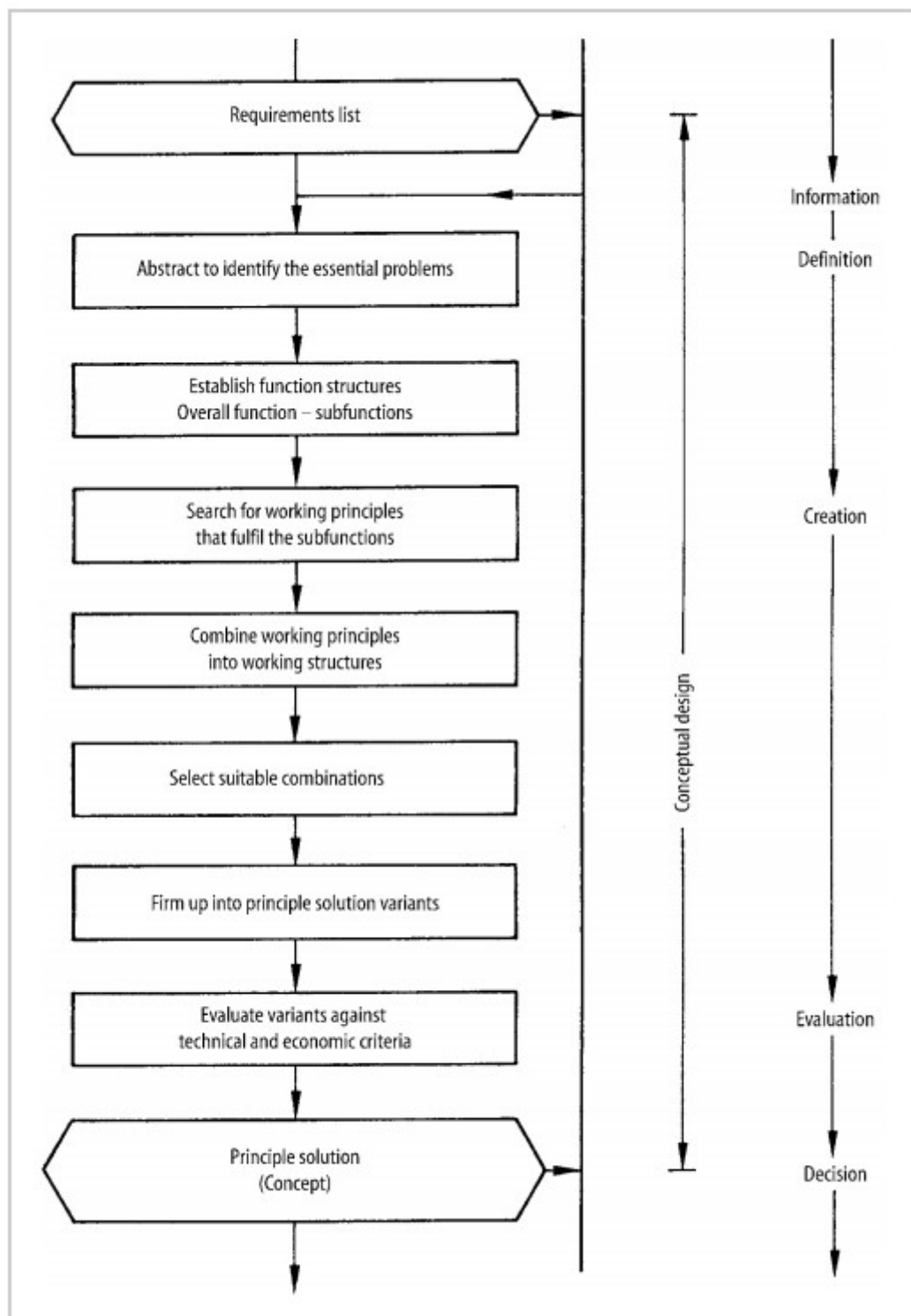
Anexo A.2 Definição da lista de requisitos



Anexo A.3 Expansão da lista de requisitos

Main headings	Examples
Geometry	Size, height, breadth, length, diameter, space requirement, number, arrangement, connection, extension
Kinematics	Type of motion, direction of motion, velocity, acceleration
Forces	Direction of force, magnitude of force, frequency, weight, load, deformation, stiffness, elasticity, inertia forces, resonance
Energy	Output, efficiency, loss, friction, ventilation, state, pressure, temperature, heating, cooling, supply, storage, capacity, conversion.
Material	Flow and transport of materials. Physical and chemical properties of the initial and final product, auxiliary materials, prescribed materials (food regulations etc)
Signals	Inputs and outputs, form, display, control equipment.
Safety	Direct safety systems, operational and environmental safety.
Ergonomics	Man-machine relationship, type of operation, operating height, clarity of layout, sitting comfort, lighting, shape compatibility.
Production	Factory limitations, maximum possible dimensions, preferred production methods, means of production, achievable quality and tolerances, wastage.
Quality control	Possibilities of testing and measuring, application of special regulations and standards.
Assembly	Special regulations, installation, siting, foundations.
Transport	Limitations due to lifting gear, clearance, means of transport (height and weight), nature and conditions of despatch.
Operation	Quietness, wear, special uses, marketing area, destination (for example, sulphurous atmosphere, tropical conditions).
Maintenance	Servicing intervals (if any), inspection, exchange and repair, painting, cleaning.
Recycling	Reuse, reprocessing, waste disposal, storage
Costs	Maximum permissible manufacturing costs, cost of tooling, investment and depreciation.
Schedules	End date of development, project planning and control, delivery date

Anexo A.4 Obtenção de uma solução



ANEXO B: Ficha técnica do Motor Elétrico

1. Versions Available

Meeting the legislative requirements of the European Market, W22 motors are available in three versions in accordance with IEC 60034-30-1:2014: High Efficiency (IE2), Premium Efficiency (IE3) and Super Premium Efficiency (IE4). Figure 1 shows the efficiency levels established by IEC 60034-30-1:2014 for induction motors.

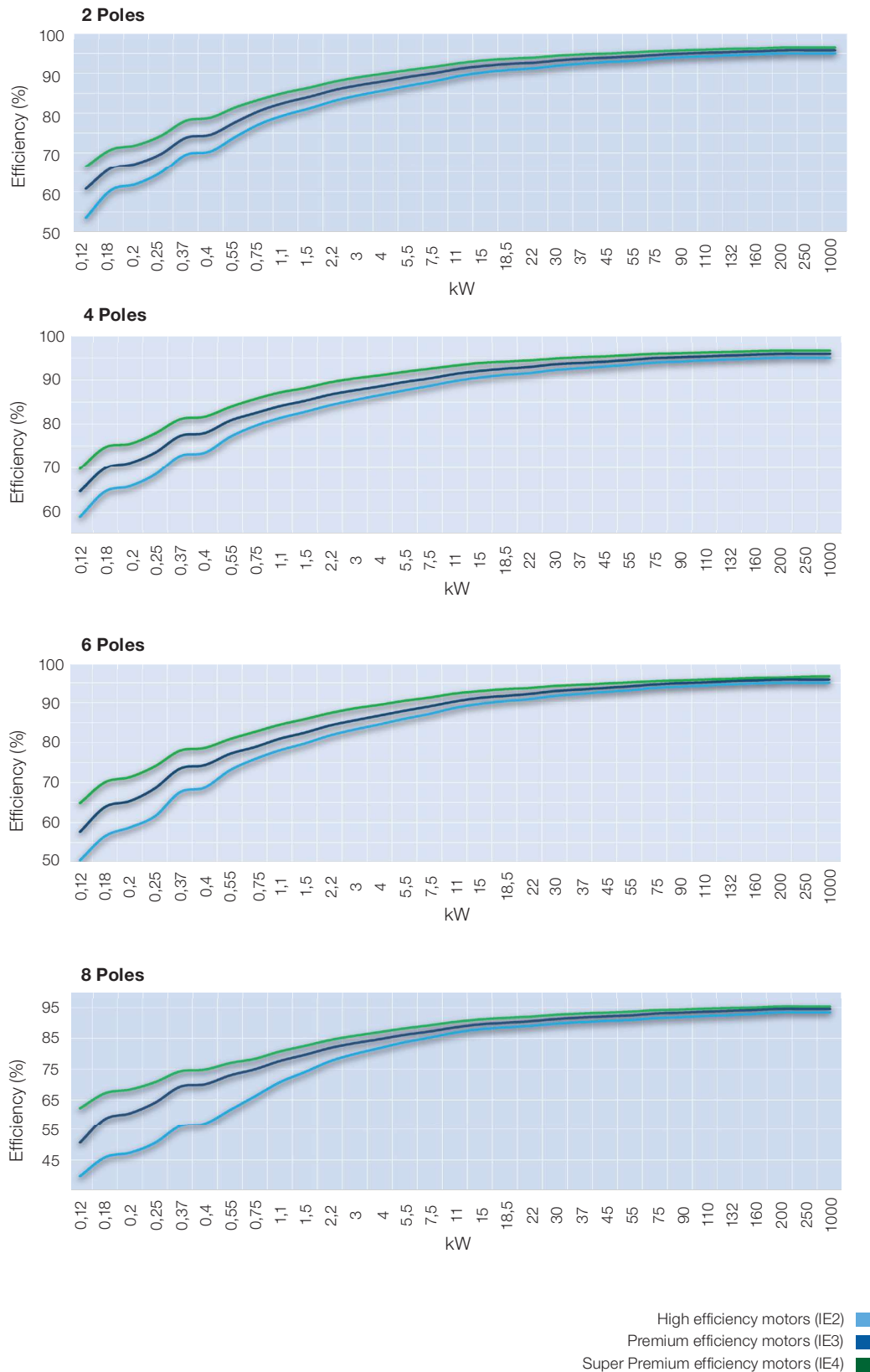


Figure 1 - Efficiency levels according to IEC 60034-30-1:2014

the radial and axial mechanical loads it is submitted to, operating conditions (environment, temperature, mounting orientation), rotational speed and grease life. Therefore, bearing lifetime is closely related to its correct use, maintenance and lubrication. Respecting the quantity of grease and lubrication intervals allows bearings to reach the indicated lifetime. W22 motors in IEC frames 225S/M and above are provided as standard with grease fittings in each endshield to permit the relubrication of the bearings (optional for frames 90 to 200). The quantity of grease and lubrication intervals are stamped on the motor nameplate. The lubrication intervals are shown in tables 12 and 13 on page 17. It must be emphasized that excessive lubrication, i.e. a quantity of grease greater than that recommended on the motor nameplate, can result in the increase of bearing temperatures leading to reduced operating hours.

Note:

1. L10h lifetime means that at least 90% of the bearings submitted to the maximum indicated loads will reach the number of hours indicated. The maximum admissible radial and axial loads for the standard configuration are shown in tables 9, 10 and 11. The values of the maximum radial load consider axial load as nil. The values of the maximum axial load consider radial load as nil. For bearing lifetimes with combined axial and radial loads condition contact WEG.

2. The radial force value F_r usually results from information recommended in the catalogues of pulley / belt manufacturers.

When this information is not available, the force F_r , under operation, can be calculated based on the output power, on coupling design characteristics with pulleys and belts and on the type of application. So we have:

$$F_r = \frac{19,1 \times 10^6 \times P_n \times k_a}{n_n \times d_p} \text{ (N)}$$

Where:

F_r is the radial force caused by pulley and belt coupling [N];

P_n is the motor rated power [kW];

n_n is the motor rated speed per minute [rpm];

d_p is the pitch diameter of the drive pulley [mm];

k_a is a factor that depends on belt tension and type of application (table 8).

Groups and basic types of application		ka factor of the application	
		V belts	Plane belts
1	Fans and blowers, centrifugal pumps, winding machines, compressors, machine tools with outputs up to 22 kW (30 HP)	2,0	3,1
2	Fans and blowers, centrifugal pumps, winding machines, compressors, machine tools with outputs higher than 22 kW (30 HP)	2,4	3,3
3	Presses, vibrating screens, piston and screw compressors, pulverisers, helicoidal conveyors, woodworking machines, textile machines, kneading machines, ceramic machines, pulp and paper industrial grinders (for all power range).	2,7	3,4
4	Overhead cranes, hammer mills, metal laminators, conveyors, gyratory crushers, jaw crushers, cone crushers, cage mills, ball mills, rubber mixers, mining machines, shredders (for all power range).	3,0	3,7

Table 8 - k_a factor

Important:

1 - Special applications

Motor operation under adverse operating conditions, such as higher ambient temperatures and altitudes or abnormal axial / radial loads, may require specific lubrication measures and alternative relubrication intervals to those indicated in the tables provided within this technical catalogue.

2 - Roller bearings

Roller bearings require a minimum radial load so as to ensure correct operation. They are not recommended for direct coupling arrangements, or for use on 2 pole motors.

3 - Frequency inverter driven motors

Bearing life may be reduced when a motor is driven by a frequency drive at speeds above nominal. Speed itself is one of the factors taken into consideration when determining motor bearing life.

4 - Motors with modified mounting configurations

For motors supplied with horizontal mounting but working vertically, lubrication intervals must be reduced by half.

5 - Figures for radial thrusts

The figures given in the tables below for radial thrusts take into consideration the point upon which the load is applied, either at the centre of the shaft ($L/2$) or at the end of the shaft (L), figure 24.

Note: On motors with second shaft end, refer to WEG for details of the maximum permissible axial and radial loads.

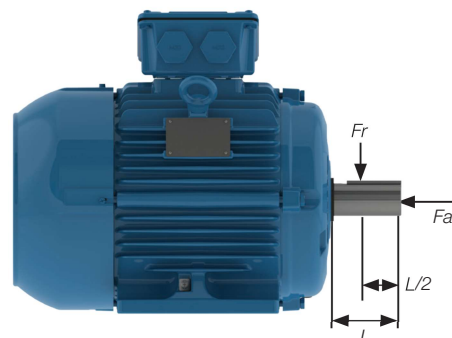


Figure 24 - Radial and axial thrust on motor shaft

5.2.1 Permissible Loads

Radial Thrust - Ball Bearings

Maximum permissible radial thrust - 50 Hz - F_r in (kN) 20.000 hours								
Frame	2 poles		4 poles		6 poles		8 poles	
	L	L/2	L	L/2	L	L/2	L	L/2
63	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
71	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7
80	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	1,0
90	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0
100	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4
112	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,7	1,9
132	1,8	2,0	2,2	2,4	2,4	2,7	2,6	2,9
160	2,3	2,6	2,6	2,9	2,7	3,3	2,7	3,7
180	3,1	3,5	3,6	4,0	4,2	4,7	4,2	5,2
200	3,7	4,0	4,2	4,7	4,9	5,4	5,7	6,2
225	5,1	5,5	5,2	6,3	5,3	7,0	5,7	8,1
250	4,9	5,3	5,2	5,7	6,5	7,1	6,0	8,2
280	5,0	5,4	6,7	7,2	7,8	8,4	8,7	9,4
315S/M	4,3	4,7	7,0	7,7	8,1	8,8	9,0	9,8
315L	4,6	5,0	4,0	7,3	6,2	8,2	9,1	9,8
355M/L	4,8	5,1	8,5	9,3	9,6	10,4	11,6	12,6
355A/B	4,5	4,7	5,1	7,4	7,4	8,0	6,9	10,6

Table 9.1 - Maximum permissible radial thrusts for ball bearings (horizontal mounting)

Radial Thrust - Ball Bearings

Maximum permissible radial thrust - 50 Hz - Fr in (kN) 40.000 hours								
Frame	2 poles		4 poles		6 poles		8 poles	
	L	L/2	L	L/2	L	L/2	L	L/2
63	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
71	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
80	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
90	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8
100	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1
112	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,3	1,4
132	1,4	1,6	1,6	1,8	1,8	2,0	2,0	2,2
160	1,8	2,0	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7
180	2,4	2,7	2,7	3,0	3,2	3,5	3,6	3,9
200	2,8	3,0	3,2	3,5	3,7	4,0	4,3	4,7
225	3,9	4,3	4,3	4,7	4,7	5,2	5,6	6,2
250	3,7	4,1	3,8	4,2	4,9	5,4	5,7	6,3
280	3,8	4,1	4,9	5,4	5,8	6,3	6,5	7,0
315S/M	3,1	3,4	4,9	5,4	5,7	6,2	6,3	6,9
315L	3,4	3,6	4,0	4,9	5,1	5,5	6,4	6,9
355M/L	3,3	3,6	5,8	6,3	6,5	7,1	8,2	8,9
355A/B	3,0	3,2	4,1	4,4	4,2	4,5	5,3	6,8

Table 9.2 - Maximum permissible radial thrusts for ball bearings (horizontal mounting).

Radial Thrust - Roller Bearings

Maximum permissible radial thrust - 50 Hz - Fr in (kN) 40.000 hours						
Frame	4 poles		6 poles		8 poles	
	L/2	L	L/2	L	L/2	L
160	5,0	3,2	5,1	3,3	5,1	3,3
180	8,8	5,5	8,8	5,6	8,8	5,6
200	11,2	7,3	11,2	7,4	11,3	7,4
225S/M	12,9	7,6	12,9	7,6	13,0	7,8
250S/M	13,7	8,9	13,8	8,9	13,7	8,9
280S/M	19,3	12,6	19,4	12,8	19,6	12,9
315S/M	25,8	12,9	27,4	13,0	27,4	13,2
315L	21,5	10,1	20,1	9,4	26,1	12,2
355M/L	34,0	17,3	33,5	16,4	33,5	16,1
355A/B	31,4	14,9	25,4	12,0	28,4	13,5

Table 10 - Maximum permissible radial thrusts for roller bearings (horizontal mounting)

Note: the values given for roller bearings consider AISI 4140 steel shafts.



Axial Thrust - Ball Bearings

Maximum permissible axial thrust - 50 Hz - Fa in (kN) - 20.000 hours							
Frame	Poles	Horizontal		Vertical with shaft upwards		Vertical with shaft downwards	
		Pushing	Pulling	Pushing	Pulling	Pushing	Pulling
63	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	6	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
	8	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
71	2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
	4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
	6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
	8	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,6
80	2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
	4	0,4	0,6	0,3	0,6	0,4	0,5
	6	0,5	0,7	0,4	0,7	0,5	0,7
	8	0,6	0,8	0,5	0,9	0,6	0,8
90	2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4
	4	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6
	6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,6	0,7
	8	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	0,8
100	2	0,4	0,6	0,3	0,7	0,4	0,6
	4	0,5	0,8	0,4	0,9	0,5	0,8
	6	0,7	1	0,6	1,1	0,7	1
	8	0,8	1,2	0,7	1,3	0,8	1,1
112	2	0,5	0,8	0,5	0,9	0,6	0,7
	4	0,7	1,1	0,7	1,2	0,8	1
	6	1	1,4	0,9	1,5	1	1,3
	8	1,1	1,5	1	1,7	1,1	1,4
132	2	0,7	1,3	0,6	1,5	0,8	1,2
	4	1	1,8	0,8	2,1	1	1,7
	6	1,2	2,2	1,1	2,5	1,3	2,1
	8	1,4	2,5	1,2	2,8	1,4	2,3
160	2	2,4	1,7	0,2	2,1	2,8	1,5
	4	3	2,3	2,7	2,7	3,4	2
	6	3,4	2,7	3,1	3,3	4	2,4
	8	3,9	3,2	3,6	3,7	4,4	2,9
180	2	3,2	2,3	2,9	2,8	3,7	2
	4	3,9	3	3,6	3,7	4,6	2,7
	6	4,7	3,8	4,2	4,5	5,3	3,3
	8	5,2	4,4	4,8	5,1	6	3,9
200	2	3,6	2,6	3,1	3,3	4,3	2,1
	4	4,5	3,5	4	4,3	5,3	3
	6	5,2	4,2	4,7	5,1	6,1	3,7
	8	6	5	5,5	5,9	6,9	4,5
225	2	4,6	3,8	3,8	4,9	5,7	3,1
	4	5,8	5	5	6,3	7,1	4,2
	6	6,7	5,9	5,7	7,6	8,4	4,9
	8	7,8	7	6,9	8,5	9,3	6,1
250	2	4,5	3,7	3,7	4,9	5,6	3
	4	5,4	4,7	4,2	6,6	7,4	3,4
	6	6,8	6	5,4	8	8,8	4,6
	8	7,8	7,1	6,6	8,9	9,7	5,9
280	2	4,4	3,7	3,2	5,4	6,2	2,4
	4	6,3	5,5	4,6	8	8,8	3,9
	6	7,6	6,8	5,8	9,4	10,2	5
	8	8,5	7,8	6,6	10,6	11,4	5,8
315S/M	2	4,1	3,3	2,4	5,9	6,7	1,6
	4	6,8	6	4,3	10	10,7	3,5
	6	8	7,2	5,2	11,9	12,7	4,5
	8	9,1	8,3	6,2	13,2	14	5,5
315L	2	3	2,2	1,1	5	5,7	0,4
	4	4,5	3,7	1,4	8,2	8,9	0,6
	6	5,2	4,4	1,9	9,5	10,3	1,2
	8	6,3	5,5	3,4	10	10,8	2,6
355M/L	2	4,4	3,7	1,1	8,8	9,5	0,3
	4	7,7	7	3,2	13,9	14,7	2,5
	6	9,1	8,4	4,7	15,3	16	3,9
	8	10,9	10,2	6,4	17,2	17,9	5,7
355A/B	2	4,1	3,3	On request			
	4	6,8	6				
	6	7,8	7				
	8	9,8	9				

Table 11.1 - Maximum permissible axial thrusts for ball bearings (horizontal mounting).

Axial Thrust - Ball Bearings

Maximum permissible axial thrust - 50 Hz - Fa in (kN) - 40.000 hours							
Frame	Poles	Horizontal		Vertical with shaft upwards		Vertical with shaft downwards	
		Pushing	Pulling	Pushing	Pulling	Pushing	Pulling
63	2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
71	2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
	4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
	6	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
	8	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
80	2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3
	4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3
	6	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,4
	8	0,4	0,6	0,3	0,6	0,4	0,5
90	2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
	4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3
	6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4
	8	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5
100	2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3
	4	0,3	0,5	0,2	0,6	0,3	0,5
	6	0,4	0,7	0,3	0,8	0,4	0,6
	8	0,5	0,8	0,4	0,9	0,5	0,7
112	2	0,3	0,5	0,3	0,6	0,3	0,4
	4	0,4	0,7	0,4	0,8	0,5	0,6
	6	0,6	0,9	0,5	1,1	0,6	0,8
	8	0,7	1	0,6	1,2	0,7	0,9
132	2	0,4	0,9	0,3	1,1	0,5	0,8
	4	0,6	1,2	0,5	1,4	0,6	1,1
	6	0,8	1,5	0,6	1,8	0,8	1,3
	8	0,9	1,7	0,7	2	0,9	1,5
160	2	1,8	1,1	1,6	1,5	2,2	0,9
	4	2,2	1,5	1,9	1,9	2,6	1,2
	6	2,5	1,8	2,2	2,3	3,1	1,5
	8	2,9	2,2	2,5	2,7	3,4	1,8
180	2	2,4	1,5	2,1	2	2,9	1,2
	4	2,9	2	2,5	2,6	3,5	1,6
	6	3,4	2,5	3	3,2	4,1	2,1
	8	3,9	3	3,5	3,7	4,6	2,6
200	2	2,7	1,7	2,2	2,4	3,4	1,2
	4	3,3	2,3	2,8	3,1	4,1	1,8
	6	3,8	2,8	3,3	3,8	4,8	2,3
	8	4,4	3,4	3,9	4,3	5,3	2,9
225	2	3,4	2,6	2,7	3,7	4,5	1,9
	4	4,2	3,5	3,4	4,7	5,5	2,6
	6	4,8	4	3,8	5,7	6,5	3
	8	5,7	4,9	4,8	6,4	7,1	4,1
250	2	3,4	2,5	2,5	3,7	4,5	1,8
	4	3,9	3,1	2,6	5	5,9	1,8
	6	4,9	4,1	3,6	6,2	7	2,8
	8	5,8	4,9	4,5	6,8	7,6	3,8
280	2	3,3	2,5	2	4,3	5,1	1,2
	4	4,6	3,8	2,9	6,2	7	2,1
	6	5,4	4,7	3,6	7,3	8	2,8
	8	6,1	5,4	4,2	8,2	9	3,4
315	2	2,9	2,2	1,2	4,8	5,5	0,4
	4	4,7	4	2,2	7,9	8,6	1,4
	6	5,6	4,8	2,8	9,4	10,2	2
	8	6,4	5,6	3,4	10,4	11,2	2,6
315L	2	3	2,2	1,1	5	5,7	0,4
	4	4,5	3,7	1,4	8,2	8,9	0,6
	6	5,2	4,4	1,9	9,5	10,3	1,2
	8	6,3	5,5	3,4	10	10,8	2,6
355M/L	2	3,1	2,4	0,6	6,7	7,5	0,2
	4	5,5	4,7	1,9	1,1	11,6	1,2
	6	6,3	5,6	2,8	11,8	12,7	2
	8	7,6	6,8	3,8	13,2	13,7	2,9
355A/B	2	2,9	2,2	On request			
	4	4,6	3,9				
	6	5,2	4,5				
	8	6,5	5,8				

Table 11.2 - Maximum permissible axial thrusts for ball bearings (horizontal mounting)

Lubrication Intervals (Ambient ≤ 40°C at Rated Speed)

Lubrication intervals (hours)			
Frame	Poles	50 Hz	60 Hz
160	2	25000	25000
	4		
	6		
	8		
180	2	25000	25000
	4		
	6		
	8		
200	2	25000	25000
	4		
	6		
	8		
225	2	5000	4000
	4	14000	12000
	6	20000	17000
	8	24000	20000
250	2	5000	4000
	4	14000	12000
	6	20000	17000
	8	24000	20000
280	2	5000	4000
	4	13000	10000
	6	18000	16000
	8	20000	20000
315	2	5000	4000
	4	11000	8000
	6	16000	13000
	8	20000	17000
355	2	5000	4000
		4000	On request
	4	9000	6000
	6	13000	11000
	8	19000	14000

Table 12 - Lubrication intervals for ball bearings (horizontal mounting).

Note: the amount of grease is indicated on the nameplate.

Lubrication intervals (hours)			
Frame	Poles	50 Hz	60 Hz
160	4	25000	25000
	6		
	8		
180	4	25000	25000
	6		
	8		
200	4	25000	21000
	6		25000
	8		
225	4	11000	9000
	6	16000	13000
	8	20000	19000
250	4	11000	9000
	6	16000	13000
	8	20000	19000
280	4	9000	7000
	6	14000	12000
	8	19000	17000
315	4	7000	5000
	6	12000	9000
	8	17000	15000
355	4	5000	4000
	6	9000	7000
	8	14000	13000

Table 13 - Lubrication intervals for roller bearings (horizontal mounting).

Note: the amount of grease is indicated on the nameplate.

5.2.2 Bearing Monitoring

W22 motors can, on request, be equipped with bearing temperature detectors to provide continuous monitoring of bearing operating conditions. Most commonly used is the Pt-100 temperature detector

This type of monitoring is extremely important considering that it directly affects the grease and bearing lives particularly on motors equipped with regreasing facilities.

6. Mounting Forms

Motors are supplied, as standard, in the B3T foot configuration, with the terminal box on top.



Figure 25 - B3T mounting

The mounting configuration for the W22 motor lines comply with IEC 60034-7 standard. Standard mounting forms and their variations are shown in table 14. After the designation, a characteristic letter is used to define the terminal box position. So, the mounting code IM B3 can be seen in WEG documents as detailed below (without IM code).

B3L - terminal box on left hand side of the motor frame
B3T - terminal box on top of the motor frame
B3R - terminal box on right hand side of the motor frame

Note: The terminal box position is defined viewing the motor from the shaft end. Mounting forms and their variations are indicated in table 14.



Basic mountings	Other type of mounting				
IM B3	IM V5	IM V6	IM B6	IM B7	IM B8
IM 1001	IM 1011	IM 1031	IM 1051	IM 1061	IM 1071
IM B35	IM V15	IM V36	- *)	- *)	- *)
IM 2001	IM 2011	IM 2031	IM 2051	IM 2061	IM 2071
IM B34	IM V17	IM V37	- *)	- *)	- *)
IM 2101	IM 2111	IM 2131	IM 2151	IM 2161	IM 2171
IM B5	IM V1	IM V3	IM B30		
IM 3001	IM 3011	IM 3031			
IM B14	IM V18	IM V19			
IM 3601	IM 3611	IM 3631			

Table 14 - Mountings configurations

* Non-defined mountings by IEC 60034-7.

Important:

1. The mountings IM B34 and IM B14 with C-DIN flange, in accordance with standard EN 50347, are limited to frame size 132. As an option, C Flanges in accordance with NEMA MG 1 Part 4 standard are available for frames 63 to 355M/L.
2. For motors mounted vertically shaft down fitting of a drip cover / impact canopy is recommended to prevent ingress of small objects into the fan cover. The increase in total length of the motor with drip cover / impact canopy is shown in the Section 20.
3. For motors mounted vertically with shaft up and installed in environments containing liquids, the use of a rubber slinger is recommended to prevent the ingress of liquid into the motor through the shaft.

7. Degree of Protection / Sealing System / Painting

7.1 Degree of Protection

As per IEC 60034-5, the degree of protection of a rotating electrical machine consists of the letters IP (ingress protection), followed by two characteristic numerals, with the following definitions:

- a) First characteristic numeral: refers to protection of persons against or approach to live parts and against contacts with moving parts (other than smooth rotating shafts and the like) inside the enclosure and protection of the machine against ingress of solid and foreign objects.
- b) Second characteristic numeral: protection of machines against harmful effects due to ingress of water.

15. Construction Features

Frame			63	71	80	90	100	112	132	160	180
Mechanical features											
Mounting form			B3T (options are available as per section 6)								
Frame material			FC-200 (EN G.JL 200) cast iron								
Degree of protection			IP55								
Grounding			Simple grounding - one earth terminal inside the terminal box								
Cooling method			Totally enclosed fan cooled - IC411								
Fan material		2P	Polypropylene								
		4 - 12P									
Fan cover material			Steel							FC-200 (EN G.JL 200) cast iron	
Endshields material			FC-200 (EN G.JL 200) cast iron								
Drain hole			Rubber drain plug								
Bearings	Drive end side	2p	6201-ZZ	6202-ZZ	6204-ZZ	6205-ZZ	6206-ZZ	6207-ZZ	6308-ZZ	6309-ZZ-C3	6311-ZZ-C3
		4 - 12p									
	Non drive end side	2p			6203-ZZ	6204-ZZ	6205-ZZ	6206-ZZ	6207-ZZ	6209-ZZ-C3	6211-ZZ-C3
		4 - 12p									
Locking			Without bearing cap and with spring washer at NDE							Internal bearing cap at DE with spring washer at NDE	
Shaft Seal			V' Ring								
Lubrication	Type of grease		Mobil Polyrex EM								
	Grease fitting		Without grease fitting								
Terminal block			BMC terminal block								
Terminal box material			FC-200 (EN G.JL 200) cast iron								
Cable entries	Main	Size	2xM20x1,5			2xM25x1,5		2xM32x1,5		2xM40x1,5	
	Threaded plug		Threaded plug for transport and storage; cable gland as optional								
	Accessory	Size	1xM20x1,5 lateral threaded hole when fitted with accessories								
Shaft	Material		AISI 1040/45								
	DE Threaded hole	2p	M4	M5	M6	M8	M10	M10	M12	M16	
		4 - 12p									
Direction of rotation			Bidirectional								
Vibration level			Grade A								
Nameplate material			Stainless steel AISI 304								
Painting	Type		207 A							203 A	
	Performance Criteria		Corrosive category C2 according to DIN EN ISO 12944-2								
	Colour		IE2 and IE3: RAL 5009 / IE4: RAL 6002								
Electrical features											
Design			N								
Voltage / Frequency			220-240/380-415//460 V (50 // 60Hz)					380-415/660//460 V (50 // 60Hz)			
Winding	Impregnation		Dip and bake								
	Insulation class		F (DT 80K)								
Service factor			1,00								
Rotor			Aluminium die cast								
Thermal protection			Without thermal protection							Thermistor PTC, 1 per phase, for tripping at 155 °C	

17. Electrical Data

W22 - High Efficiency - IE2 ^{(1) (2)}

Output		Frame	Full Load Torque (Nm)	Locked Rotor Current II/In	Locked Rotor Torque TI/Tn	Break-down Torque Tb/Tn	Inertia J (kgm²)	Allowable locked rotor time (s)		Weight (kg)	Sound dB(A)	400 V							
												Rated speed (rpm)	% of full load						Full load current In (A)
								Hot	Cold				Efficiency			Power Factor			
kW	HP											50	75	100	50	75	100		
II pole - 3000 rpm - 50 Hz																			
0,12	0,16	63	0,410	4,8	3,0	2,9	0,0001	37	81	7,0	52,0	2790	53,0	60,0	60,7	0,53	0,66	0,75	0,380
0,18	0,25	63	0,610	5,1	2,5	2,7	0,0001	15	33	8,7	52,0	2830	57,0	62,0	64,0	0,57	0,70	0,79	0,514
0,25	0,33	63	0,860	5,0	2,2	2,2	0,0002	11	24	8,3	52,0	2770	58,0	63,0	65,0	0,57	0,70	0,80	0,690
0,37	0,5	71	1,25	5,8	2,5	2,6	0,0004	12	26	10,0	56,0	2830	68,0	70,0	71,0	0,60	0,75	0,84	0,895
0,55	0,75	71	1,89	5,8	2,4	2,4	0,0005	9	20	10,9	56,0	2780	70,0	72,0	74,1	0,68	0,82	0,88	1,22
0,75	1	80	2,56	6,5	2,8	2,8	0,0008	14	31	13,2	59,0	2800	76,0	78,5	79,5	0,67	0,80	0,86	1,58
1,1	1,5	80	3,75	6,5	2,8	2,8	0,0009	10	22	16,0	59,0	2800	78,0	80,0	80,0	0,67	0,79	0,85	2,33
1,5	2	90S	5,06	7,0	2,6	2,8	0,0021	7	15	19,0	62,0	2835	80,0	82,0	82,0	0,63	0,76	0,83	3,14
2,2	3	90L	7,40	6,6	3,0	3,0	0,0022	9	20	23,2	64,0	2840	83,0	83,6	83,6	0,63	0,76	0,83	4,58
3	4	100L	9,85	8,0	2,5	3,5	0,0064	7	15	31,5	67,0	2910	84,0	85,0	85,0	0,70	0,81	0,86	5,92
4	5,5	112M	13,2	7,0	2,3	2,8	0,0088	10	22	40,6	64,0	2895	86,0	86,0	86,0	0,73	0,83	0,88	7,63
5,5	7,5	132S	17,9	6,8	2,2	3,0	0,0197	17	37	60,3	67,0	2930	86,5	88,0	88,0	0,68	0,79	0,85	10,6
7,5	10	132S	24,6	6,8	2,2	2,9	0,0251	13	29	67,7	67,0	2910	88,0	88,5	88,5	0,72	0,82	0,87	14,1
9,2	12,5	132M	30,2	7,6	2,5	3,2	0,0234	10	22	72,3	67,0	2915	88,5	89,0	89,0	0,70	0,81	0,86	17,3
11	15	160M	35,8	7,0	2,3	3,0	0,0446	13	29	109	67,0	2935	90,0	90,6	90,5	0,71	0,82	0,86	20,4
15	20	160M	48,9	7,0	2,3	3,0	0,0517	9	20	116	67,0	2930	91,0	91,3	91,3	0,71	0,81	0,86	27,6
18,5	25	160L	60,1	7,4	2,4	3,1	0,0625	8	18	132	67,0	2940	91,3	92,0	92,0	0,70	0,80	0,86	33,7
22	30	180M	71,4	7,3	2,2	3,0	0,0975	9	20	169	67,0	2945	92,0	92,4	92,2	0,76	0,84	0,88	39,1
30	40	200L	97,0	6,8	2,7	2,7	0,1703	17	37	227	72,0	2955	92,5	93,0	92,9	0,75	0,83	0,87	53,6
37	50	200L	120	6,8	2,4	2,6	0,1950	16	35	247	72,0	2950	93,0	93,4	93,3	0,76	0,84	0,87	65,8
45	60	225S/M	145	7,0	2,2	2,8	0,2490	12	26	366	75,0	2960	93,3	93,6	93,6	0,79	0,86	0,89	78,0
55	75	250S/M	178	7,6	2,5	3,0	0,3736	14	31	452	75,0	2960	92,8	93,5	93,9	0,79	0,86	0,89	95,0
75	100	280S/M	241	7,0	2,0	2,8	0,8541	28	62	648	77,0	2975	93,4	94,3	94,3	0,79	0,86	0,88	130
90	125	280S/M	289	7,5	2,0	2,8	0,9386	25	55	672	77,0	2975	94,0	94,6	94,6	0,79	0,86	0,88	156
110	150	315S/M	353	7,3	2,0	2,9	1,67	24	53	927	77,0	2980	94,3	94,9	94,9	0,79	0,86	0,89	188
132	175	315S/M	423	7,3	2,0	2,9	1,96	21	46	988	77,0	2980	94,5	95,1	95,1	0,79	0,86	0,89	225
132	180	315S/M	423	7,3	2,0	2,9	1,96	21	46	1050	77,0	2980	94,5	95,1	95,1	0,80	0,87	0,90	223
150	200	315S/M	481	7,5	2,2	2,8	1,96	23	51	1150	77,0	2980	94,2	94,8	94,8	0,78	0,85	0,89	257
160	220	315S/M	513	7,5	2,2	2,9	2,24	23	51	1190	77,0	2980	94,8	95,3	95,3	0,80	0,87	0,89	272
185	250	315S/M	593	7,6	2,2	3,1	2,46	16	35	1250	77,0	2980	94,9	95,5	95,4	0,80	0,86	0,89	314
200	270	315L	641	7,5	2,3	2,7	2,68	21	46	1300	78,0	2980	95,0	95,5	95,4	0,82	0,88	0,90	336
220	300	315L	705	7,8	2,4	2,8	2,98	14	31	1350	78,0	2980	95,0	95,5	95,5	0,81	0,87	0,90	369
250	340	315L	802	7,8	2,4	2,8	3,42	17	37	1450	78,0	2980	95,1	95,6	95,5	0,84	0,89	0,91	415
280	380	315L	898	7,9	2,3	2,8	4,17	12	26	1600	78,0	2980	95,2	95,6	95,6	0,85	0,89	0,91	465
300	400	315L ⁽³⁾	962	7,5	2,5	2,5	4,17	18	40	1640	86,0	2980	95,2	95,6	95,6	0,84	0,88	0,90	503
315	430	355M/L ⁽⁴⁾	1008	8,0	2,5	2,8	5,60	23	51	2000	80,0	2985	95,2	95,6	95,6	0,87	0,91	0,92	517
330	450	355M/L	1056	7,0	2,4	2,4	6,03	20	44	2050	80,0	2985	95,3	95,6	95,6	0,88	0,90	0,90	554
355	480	355M/L ⁽⁴⁾	1136	8,4	2,2	2,8	6,01	14	31	2050	80,0	2985	95,3	95,6	95,6	0,87	0,90	0,91	589
370	500	355A/B ⁽⁴⁾	1184	8,8	2,7	3,2	6,76	40	88	2250	83,0	2986	95,6	95,7	95,7	0,85	0,89	0,90	620
400	550	355A/B ⁽⁴⁾	1280	8,5	2,4	2,8	6,76	31	68	2400	83,0	2985	95,6	96,0	96,2	0,85	0,89	0,91	660
450	610	355A/B ⁽⁴⁾	1442	8,2	3,0	2,7	7,40	31	68	2500	83,0	2982	95,0	95,5	95,7	0,85	0,90	0,91	746

Notes:

(1) Efficiency values are given according to IEC 60034-2-1. They are calculated according to indirect method, with stray load losses determined by measurement.

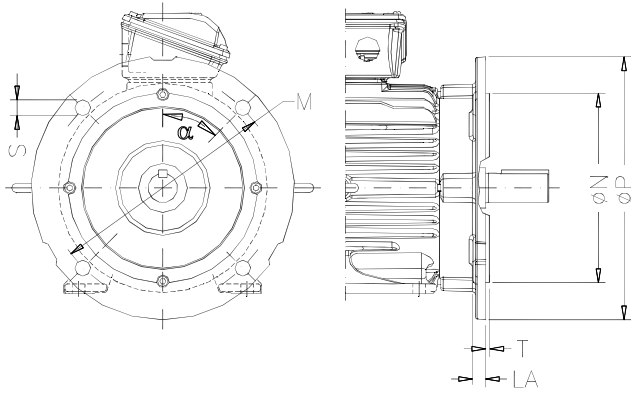
(2) With effect from 1st January 2017, IE2 motors placed onto the European Market and rated at 0.75 kW or above, must be used with a variable speed drive unless their design falls outside of the scope of the European Regulation or their final installation will be outside of the EU / EEA.

(3) Motor with class F (105K) temperature rise.

(4) Fitted with air deflector in the drive end side.

Flange Mounted Motors

“FF” Flange

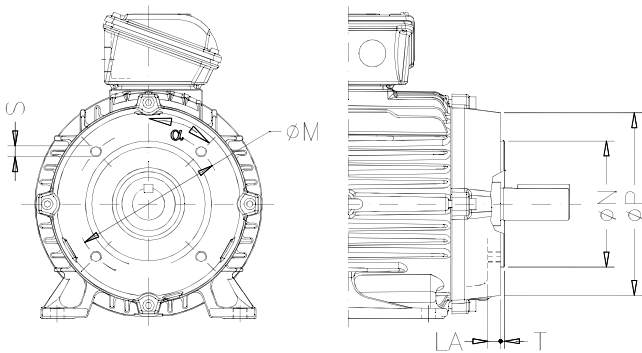


Frame	Flange	LA	M	N	P	S	T	α	N° of holes
63	FF-115	5,5	115	95	140	10	3	45°	4
71	FF-130	7	130	110	160		12		
80	FF-165	9	165	130	200				
90		10							
100	FF-215	12,5	215	180	250	15	4		
112									
132	FF-265	12	265	230	300	19	5		
160	FF-300	18	300	250	350				
180									
200	FF-350		350	300	400				
225	FF-400		400	350	450				
250	FF-500		20	500	450	550	24	6	22°30'
280		18							
280	FF-600	22	600	550	660/780*				
315S/M		16							
315L	FF-740	22	740	680	800/880*				
355									

*Only for motors fitted with air deflector in drive end side.

** Dimensions are in mm.

“C-DIN” Flange



Frame	Flange	LA	M	N	P	S	T	α	N° of holes
63	C-90	9,5	75	60	90	M5	2,5	45°	4
71	C-105	8	85	70	105	M6			
80	C-120	10,5	100	80	120		M8		
90	C-140	10,5	115	95	140	3,5			
100	C-160	12	130	110	160				
112		13,5							
132	C-200	15,5	165	130	200	M10			

* Dimensions are in mm.

ANEXO C:Catálogo das Embraiagens Eletromagnéticas

General notes

The coil is designed for continuous duty. A temperature of between 40 °C and 80 °C will be established due to electrical losses, the particular temperature will depend on the cooling conditions and the way in which the clutch or brake is installed. In the standard version the operating voltage is 24 V DC and the rated torque capacity will only be available if this voltage is maintained across the coil. Voltage losses in cables etc. must be compensated for by a correspondingly higher voltage at the power supply unit. The nominal voltage as measured at the clutch terminals may be exceeded by 10%.

The electrical circuit has a great influence on the switching characteristics of the clutch or brake and should be designed carefully to match the particular requirements.

Switching times and the build-up of torque can be influenced by the use of suitable devices as described in the "Electrical circuits" and "Accessories" chapters. Clutches and brakes with flux-type plate stacks can be used only with the friction combination steel/steel; for this reason they are only suitable for wet-running.

When fitted vertically, the clutch or brake should be mounted in such a way that the armature plate is at the bottom in order to avoid increased idling drag and heat generation brought about by the effects of gravity.

Dry-running clutches and brakes

The friction plates must be kept free of lubricants and adjoining bearings should be adequately sealed. Proper ventilation is essential for heat dissipation. The covers should be provided with suitable openings to ensure proper ventilation. Dry running clutches and brakes should not be used for applications where there is a high risk of corrosion.

Wet-running clutches and brakes

Splash or mist lubrication is usually sufficient; however, internal lubrication through the shaft should be provided in the case of high speeds or high thermal loading. In the case of splash lubrication, the depth of immersion should not exceed $\frac{1}{10}$ of the diameter. Excessive immersion can lead to undesirable heat generation. Recommendations on oils are given in section 1 "Technical information".

Electrical circuits

Ortlinghaus electromagnetic clutches and brakes are operated with direct current and the standard coils are designed for 24 V DC

+ 10 % at 100 % duty factor.

Special requirements in terms of response times can be fulfilled by the use of suitable devices. When carrying out control measurements, it should be noted that the rectifier voltage falls under load so that measurements must be carried out with the clutch or brake engaged/applied. In addition it should be noted that the coil resistance increases with increasing temperature so that the current decreases in accordance with Ohm's law $U = I \cdot R$.

Measurement of voltage and current

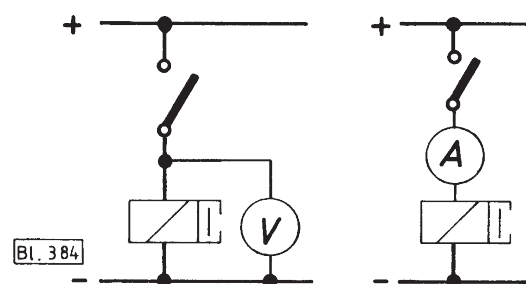


Fig. 1 Voltage measurement

Fig. 2: Current measurement

Rectifier units

Electrical power from the mains AC power line is converted to direct current by a transformer-rectifier. This has a number of connection terminals to enable local variation in the mains voltage or voltage losses in long cables supplying the power to be compensated for. Enclosed or open transformer-rectifier units are available in 3 sizes. The size of the rectifier must be selected in accordance with the total amperage required.

Example:

1 clutch	0006-057-43-004000:	
U = 24 V	$P_{20\text{ °C}} = 57\text{ W}$	$I_{20\text{ °C}} = 2,4\text{ A}$
1 brake	0028-100-23-002000:	
U = 24 V	$P_{20\text{ °C}} = 108\text{ W}$	$I_{20\text{ °C}} = 4,5\text{ A}$
		$\Sigma I_{20\text{ °C}} = 6,9\text{ A}$

For a total load of 6.9 A, rectifier unit 0085-000-24-120000 should be selected.

**Stationary field
electromagnetic Sinus® multi-plate clutches**
with flux-type plate stack, maintenance-free,
for wet-running only



Version with hub housing
Series 0010-055-Size-code number 100

3 keyways spaced at 120°,
offset relative to plug
connection by 60°
(up to size 47).

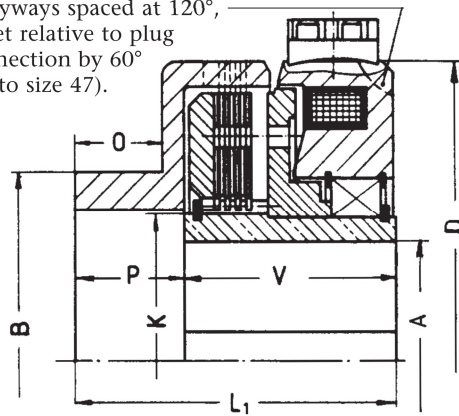


Fig. 1: 1 Bearing up to size 43

Version with cup housing
Thickness S1 series 0010-057-size-004000
Thickness S2 series 0010-057-size-003000

6 keyways spaced at 60°,
offset relative to plug
connection by 30°
(from size 47).

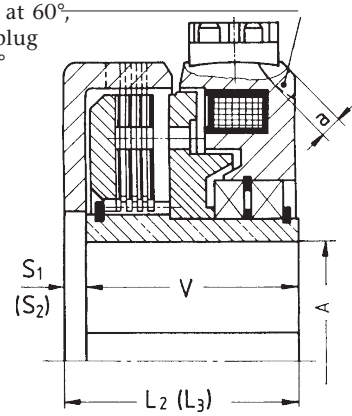


Fig. 2: 2 Bearings from size 47

Series			0010-05 - Size - ... 100000 (Fig. 1)									0010-05 - Size - ... 000000 (Fig. 2)			
Hub housing			07	11	15	23	27	31	32	43		47	51	55	59
Code number			028	036	064	069	072	090	090	097		064	073	092	095
Cup housing			07	11	15	23	27	31	32	43		47	51	55	59
Mdyn			Nm	12	25	60	120	200	240	360	480	720	1200	2000	3000
DC voltage			V	24									24		
Power consumption			20 °C W	26	37	42	63	53	85	98	86	112	116	178	210
			80 °C W	21	30	34	51	43	69	79	70	91	94	144	170
n max			min ⁻¹	4000	4000	3800	3100	2800	2500	2500	2100	2000	1700	1450	1350
n max with internal oiling			min ⁻¹	4000	4000	3800	3700	3700	3300	3300	3000	2700	2200	2000	1750
J	hub housing	internal	kgcm ²	3	7	18	34	61	94	98	257	395	778	1640	2383
	cup housing S1	external	kgcm ²	3	11	21	46	81	88	113	283	439	845	2108	2675
	cup housing S1	external	kgcm ²	2	9	13	31	53	61	78	186	289	533	1458	1880
	cup housing S2	external	kgcm ²	4	12	20	44	74	91	116	248	344	633	1728	2223
Weight	hub housing		kg	1,74	3,11	4,76	6,06	7,86	10,1	12,6	18,9	25,5	35,1	63,6	77
	cup housing S1		kg	1,585	2,764	4,289	5,26	6,83	8,69	11,18	16,32	21,92	29,35	51,7	67,6
	cup housing S2		kg	1,738	2,912	4,513	5,743	7,46	9,461	11,93	17,36	22,71	30,61	54	69,7
Recommended bores ²⁾	Amax	H7		22	30	35	42	42	55	55	65	70	78 ¹⁾	98 ¹⁾	98 ¹⁾
	KeywayDIN 6885			6x1,6	8x2	10x2,4	12x2,2	12x2,2	16x4,3	16x4,3	18x2,3	20x2,7	22x3,1	28x3,2	28x3,2
	A	H7		20	25	30	40	40	50	50	60	60			
	KeywayDIN 6885			6x2,8	8x3,3	8x3,3	12x3,3	12x3,3	14x3,8	14x3,8	18x4,3	18x4,3			
	A	H7		18	22	28	35	35	45	40	55	50			
	KeywayDIN 6885			6x2,8	8x3,3	8x3,3	10x3,3	10x3,3	14x3,8	12x3,3	16x4,3	14x3,8			
Diameters	A	H7		20	25	25	30	40		50					
	KeywayDIN 6885			6x2,8	8x3,3	8x3,3	8x3,3	12x3,3		14x3,8					
	A	H7						35		45					
	KeywayDIN 6885							10x3,3		14x3,8					
External keyway	D			80	95	114	134	147	165	165	195	210	240	295 ³⁾	310
	B			55	70	80	90	100	110	110	130	145	170	195	205
	K			32	45	55	60	60	80	80	90	100	120	140	145
Length dimensions	keyway width x a			6x3	6x3	6x4	8x5	8x5	8x6	8x6	10x8	12x9	12x10	14x11	14x12
	L1			70,5	87	92	106	111	113	128	153	180	174	197	232
	L2			50,5	57	62	66	71	73	88	93	115	109	129	145
	L3			55,5	61	66	72	77	79	94	99	119	113	134	149
	O			20	30	30	40	40	40	40	60	65	65	68	87
	P			24	35	35	46	46	46	46	68	75	75	80	100
	S1			4	5	5	6	6	6	6	8	10	10	12	13
	S2			9	9	9	12	12	12	12	14	14	14	17	17
Friction combination	V			46,5	52	57	60	65	67	82	85	105	99	117	132

¹⁾ 2 keyways offset at 180° to each other.

²⁾ Bore diameters in bold print are available ex stock.

³⁾ Housing external diameter = 290.

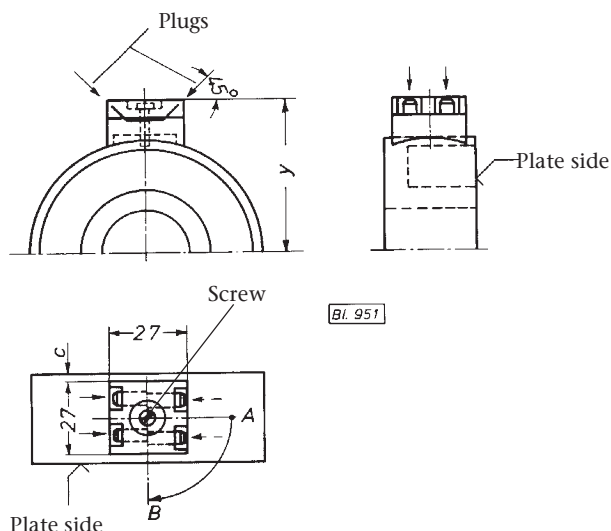
Version with flange housing on request.

Friction combination Steel/steel for wet-running

Tolerances For bores and keyways see section 1
"Technical information"

**Plug connection
and flat plug** See chapter "Accessories", page 4.49.00

Plug connections 0085-330-00-00.000



The plug connection shown is the standard version **(A)**. It can be turned 90° (to position **B**) to meet the particular fitting conditions.

Take care when carrying out adjustment of the plug connection!

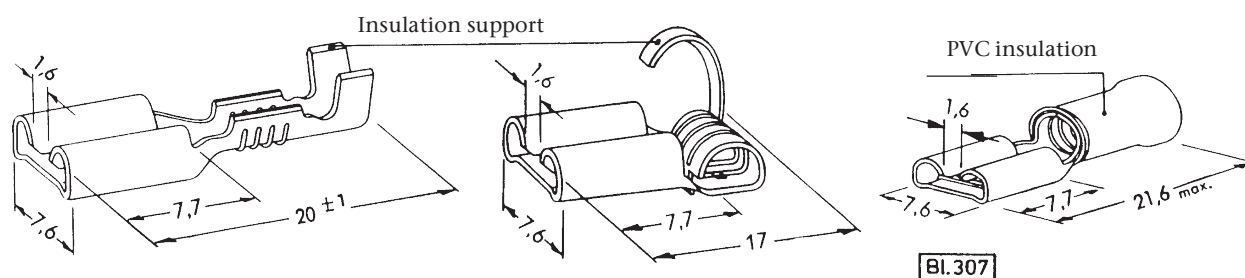
Loosen the screw, turn the terminal **only in the direction of the arrow** and tighten up the screw again. Take care not to squeeze the connection wires or to draw them around the thread of the screw!

When ordering please state the required plug position:

Position A: 0085-330-00-000000

Position B: 0085-330-00-001000

Size		03	07	11	15	23	27	31	32	43	47	51	55	59
Series 0010	c y		1 54	1,5 62	1,5 72	2,5 82	2,5 88	4 97	4 97	5 112	7 120	7,5 135	9,5 162	12,5 170
Series 0013	c y		0,5 54	0,5 62	1,5 72	2,5 82		4 97		5 112				
Series 0028	c y	1,5 64	1,5 72	3 82	4,5 97	5,5 110		7,5 125		11,5 140				

Flat plug 0085-380-00-001000

Flat plug

Right-angle plag

Insulated flat plug

	Order no.	Wire section mm ²	Insulation Ø mm
Flat plug Hand plier	0085-380-00-000000 0085-390-00-000000	1,0 – 2,5 0,3 – 2,5	3,0 – 4,3 —
Right-angle plug Hand plier	0085-380-00-001000 0085-390-00-001000	0,8 – 3,3 0,8 – 3,3	2,8 – 5,3 —
Insulated flat plug Hand plier	0085-380-00-002000 0085-390-00-002000	1,0 – 2,5 1,0 – 2,5	2,6 – 4,0 —

The relevant hand pliers permit solderless, fully crimped connections to be created. The conductor is surrounded completely without any cavities and with high resistance to pulling out, protection against corrosion is also provided. The insulation support on the plug is pressed around the cable insulation in the crimping process and provides

protection against vibration, bending of the conductors and pushing-back of the insulation. It is possible to solder the flat plug and right-angle plug versions after crimping of the connection point and the insulation support has been carried out with conventional hand pliers.

ANEXO D:Ficha técnica do aço DIN 42CrMo4



Lar-Rox-Lar



RPM 32

Aço ligado
W.Nr. 1.7225

Normas:

EN: 42 CrMo 4	AISI: 4140	DIN: 42 CrMo 4	AFNOR: 42CD4	UNE: F-1252
Fornecimento: EN 10083-3			W. Nr. 1.7225	

Perfis disponíveis:



20 a 400 mm
EN 10060

Estado de fornecimento:

Tratado = 300 HB

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%):

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,38 – 0,45	≤ 0,40	0,60 – 0,90	≤ 0,025	≤ 0,035	0,90 - 1,20	0,15 – 0,30

CARACTERÍSTICAS:

Aço ligado ao cromo-molibdênio fornecido no estado pré-tratado. Utilizado para a produção de componentes de resistência superior ao aço construção ao carbono. Aço adequado para aplicações de média resistência mecânica.

APLICAÇÕES PRINCIPAIS:

Órgãos de máquinas, semi-eixos, veios de torção e flexão, rodas dentadas, sem-fins, cavilhas, parafusos, porcas e parafusos.

PROPRIEDADES:

Densidade: 7,84 Kg/dm³

Coefficiente de Dilatação Térmica, 10⁻⁶m/mK:

20 a 600 °C	20 a 500 °C	20 a 400 °C	20 a 300 °C	20 a 200 °C	20 a 100 °C
---	---	13,6	13,2	12,7	12,1

Condutibilidade Térmica, W/mK:

400 °C	200 °C	20 °C
---	---	45,1

Módulo de Elasticidade, GPa:

600 °C	500 °C	400 °C	300 °C	200 °C	100 °C	20 °C	0 °C	-100 °C
---	---	---	---	---	---	200	---	---

Propriedades Mecânicas:

Ø (mm)	Espessura (t) (mm)	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A5 (L0=5do)	Z%
≤ 16	≤ 8	1100 - 1300	≥ 900	≥ 10	≥ 40
≤ 40	≤ 20	1000 - 1200	≥ 750	≥ 11	≥ 45
≤ 100	≤ 60	900 - 1100	≥ 650	≥ 12	≥ 50
≤ 160	≤ 100	800 - 950	≥ 550	≥ 13	≥ 50

Ramada Aços, S.A.

Avenida da Régua, Apartado 10, 3884-004 Ovar

Tel.: +351 256 580 580 | Fax: +351 256 580 500 / +351 256 580 410
www.ramada.pt | acos.ovar@ramada.pt

A informação fornecida é precisa e de confiança total, alguns dos valores apresentados são indicativos, não podendo assumir carácter vinculativo, dado existirem variações resultantes de erros associados aos ensaios e às actualizações documentais.

Data de actualização: 08/03/2018

ANEXO E: Ficha técnica do Lubrificante



Mobilgear 600 XP Series

Mobil Industrial , United States

Gear Oil

Product Description

Mobilgear 600 XP Series are extra high performance gear oils having outstanding extreme pressure characteristics and load-carrying properties, intended for use in all types of enclosed gear drives with circulation or splash lubrication systems. Mobilgear 600 XP Series is designed to stay ahead of the changing needs of gearbox technology. Gearbox technology design trends are towards smaller units with similar power throughput. This increase in power density places increased demands on gear oils. Mobilgear 600 XP Series oils are formulated to meet the stress by providing extra protection for gears, bearings and seals.

Mobilgear 600 XP Series is formulated to protect gear teeth from wear at its earliest stages. Microscopic wear, called micropitting, can lead to significant gear tooth damage. Mobilgear 600 XP Series exceeds the industry requirement for bearing wear protection. In fact, Mobilgear 600 XP Series provides up to 15 times the wear protection as measured by the industry standard FAG FE 8 test. Mobilgear 600 XP Series' balanced formulation is able to provide maximum wear and corrosion protection while maintaining compatibility with common gearbox seal materials. Mobilgear 600 XP helps to maintain gearbox seal integrity thereby preventing oil leaks and keeping contamination out. By protecting the gears, bearings and seals, Mobilgear 600 XP can improve equipment reliability and increase productivity.

Mobilgear 600 XP Series oils are recommended for industrial spur, helical and bevel enclosed gears with circulation or splash lubrication, operating at bulk oil temperatures up to 100°C. They are particularly suitable for gear sets working under heavy or shock loads. Mobilgear 600 XP oils also find broad application in marine gearing applications. They may also be used in non-gear applications include highly loaded and slow speed plain and rolling contact bearings.

Features and Benefits

Mobilgear 600 XP Series products are a leading member of the Mobil brand of industrial lubricants that enjoy a reputation for innovation and high performance capability. These mineral-based products are designed to provide high quality industrial gear oils, meeting the latest industry standards and with high versatility to lubricate a broad range of industrial and marine equipment.

Mobilgear 600 XP Series products offer the following features and potential benefits:

Features	Advantages and Potential Benefits
Enhanced gear wear protection from micropitting	Less gear and bearing wear resulting in less unexpected downtime
Reduced debris denting from generated wear particles	Up to 22% improvement in bearing life reducing bearing replacement costs and improving productivity
Improved bearing wear protection	Improved bearing life resulting in higher productivity
Outstanding compatibility with a range of seal materials	Reduced leakage, oil consumption and contamination ingress helping to reduce maintenance, extend gearbox reliability and higher productivity
Excellent resistance to oil oxidation and thermal degradation	Helps extend lubricant life with lower lubricant and lubrication costs and reduced scheduled downtime.
High resistance to sludge and deposit formation	Cleaner systems and reduced maintenance
Wide range of applications	Fewer grades of lubricant required because of wide range of application, leading to lower purchase and storage costs and less danger of using wrong lubricant

Features	Advantages and Potential Benefits
Optimised resistance to rust and corrosion of steel and corrosion of copper and soft metal alloys	Excellent protection of machine parts, with reduced maintenance and repair costs
Resistance to foaming and emulsion formation	Effective lubrication and problem free operation in the presence of water contamination or in equipment prone to oil foaming

Applications

Mobilgear 600 XP lubricants are used in a wide range of industrial and marine applications, especially spur, helical, bevel and worm gearing. Specific applications include:

- Industrial gearing for conveyers, agitators, dryers, extruders, fans, mixers, presses, pulpers, pumps (including oil well pumps), screens, extruders and other heavy duty applications
- Marine gearing including main propulsion, centrifuges, deck machinery such as winches, windlasses, cranes, turning gears, pumps, elevators and rudder carriers
- Non-gear applications include shaft couplings, screws and heavily loaded plain and rolling contact bearings operating at slow speeds.

Specifications and Approvals

This product has the following approvals:	68	100	150	220	320	460	680
Flender		X	X	X	X	X	X
Renk B19828 300		X					
Renk B19828 400			X				
Renk B19828 600				X			
SEW-Eurodrive			X	X	X	X	X
ZF TE-ML 04F				X			
ZF TE-ML 04H		X	X				

This product meets or exceeds the requirements of:	68	100	150	220	320	460	680
AGMA 9005-F16	X	X	X	X	X	X	
China GB 5903-2011, L-CKC							X
China GB 5903-2011, L-CKD	X	X	X	X	X	X	
DIN 51517-3:2018-09	X	X	X	X	X	X	X
ISO L-CKC (ISO 12925-1:2018)							X
ISO L-CKD (ISO 12925-1:2018)	X	X	X	X	X	X	

Properties and Specifications

Property	68	100	150	220	320	460	680
Grade	ISO 68	ISO 100	ISO 150	ISO 220	ISO 320	ISO 460	ISO 680
Copper Strip Corrosion, 3 h, 100 C, Rating, ASTM D130	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
Density @ 15.6 C, kg/l, ASTM D4052	0.88	0.88	0.89	0.89	0.9	0.9	0.91
EP Properties, Timken OK Load, lb, ASTM D2782	65	65	65	65	65	65	65
Emulsion, Time to 37 mL Water, 82 C, min, ASTM D1401	30	30	30	30	30	30	30
FE8 wear test, V50 roller wear, mg, DIN 51819-3	2	2	2	2	2	2	2
FZG Micropitting, Fail Stage, Rating, FVA 54		10	10	10	10	10	10
FZG Micropitting, GFT-Class, Rating, FVA 54		High	High	High	High	High	High
FZG Scuffing, Fail Load Stage, A/16.6/90, ISO 14635-1(mod)		12+	12+	12+	12+	12+	12+
FZG Scuffing, Fail Load Stage, A/8.3/90, ISO 14635-1	12+	12+	12+	12+	12+	12+	12+
Flash Point, Cleveland Open Cup, °C, ASTM D92	230	230	230	240	240	240	285
Foam, Sequence I, Tendency/Stability, ml, ASTM D892	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Foam, Sequence II, Tendency/Stability, ml, ASTM D892	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0	30/0
Four-Ball Extreme Pressure Test, Load Wear Index, kgf, ASTM D2783	47	47	47	48	48	48	48
Four-Ball Extreme Pressure Test, Weld Load, kgf, ASTM D2783	200	200	250	250	250	250	250
Kinematic Viscosity @ 100 C, mm ² /s, ASTM D445	8.8	11.2	14.7	19.0	24.1	30.6	39.2
Kinematic Viscosity @ 40 C, mm ² /s, ASTM D445	68	100	150	220	320	460	680
Pour Point, °C, ASTM D97	-27	-24	-24	-24	-24	-15	-9
Rust Characteristics, Procedure B, ASTM D665	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
Viscosity Index, ASTM D2270	101	97	97	97	97	96	90

Health and Safety

Health and Safety recommendations for this product can be found on the Material Safety Data Sheet (MSDS) @ <http://www.msds.exxonmobil.com/psims/psims.aspx>

All trademarks used herein are trademarks or registered trademarks of Exxon Mobil Corporation or one of its subsidiaries unless indicated otherwise.

09-2020

Exxon Mobil Corporation

22777 Springwoods Village Parkway
Spring TX 77389

1-800-ASK MOBIL (275-6624)

Typical Properties are typical of those obtained with normal production tolerance and do not constitute a specification. Variations that do not affect product performance are to be expected during normal manufacture and at different blending locations. The information contained herein is subject to change without notice. All products may not be available locally. For more information, contact your local ExxonMobil contact or visit

www.exxonmobil.com

ExxonMobil is comprised of numerous affiliates and subsidiaries, many with names that include Esso, Mobil, or ExxonMobil. Nothing in this document is intended to override or supersede the corporate separateness of local entities. Responsibility for local action and accountability remains with the local ExxonMobil-affiliate entities.

Energy lives here™

ExxonMobil

Exxon

Mobil

Esso

XTO
2015 RD V

© Copyright 2003–2019 Exxon Mobil Corporation. All
Rights Reserved

ANEXO F: Relatório das Engrenagens

Nome : EH-1

Modificado por: João Filipe

Data: 31.08.2020

Hora: 10:02:22

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES OBLÍQUOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo ISO 6336:2006 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	15.000	
Velocidade (1/min)	[n]	2940.0	1862.0
Torque (Nm)	[T]	48.7	76.9
Fator de aplicação	[KA]		1.35
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	100.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	2.0000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	15.0000	
Número de dentes	[z]	38	60
Largura de dente (mm)	[b]	20.00	20.00
Sentido de inclinação		esquerda	direita
Qualidade de engrenagem	[Q-ISO 1328:1995]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	42.00	50.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material

Engrenagem 1: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Engrenagem 2: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Tratamento do material em conformidade com a norma ISO 6336:2006 Normal (fatores de fadiga a baixo número de ciclos ZNT e YNT >= 0,85)			
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm²)	[σFlim]	370.00	370.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm²)	[σHlim]	1220.00	1220.00
Resistência à ruptura (N/mm²)	[σB]	1100.00	1100.00
Limite de elasticidade (N/mm²)	[σS]	900.00	900.00

Módulo de elasticidade (N/mm ²)	[E]	206000	206000
Número de Poisson	[ν]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: nenhuma (só valor de rodagem)

Recuo da cabeça (μm)	[Ca]	3.4	3.4

Tipo de lubrificação Lubrificação por injeção de óleo

Tipos de óleo Óleo: Mobilgear 600 XP 150

Base de lubrificante Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40]	150.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100]	14.70

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³) [roOil] 0.890

Temperatura de óleo (°C) [TS] 80.000

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Transmissão total	[itot]	-1.579	
Relação do número de dentes	[u]	1.579	
Módulo transversal (mm)	[mt]	2.071	
Ângulo de pressão no círculo de referência (°)	[alft]	20.647	
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação (°)		
	[alfwt]	18.304	
	[alfwt.e/i]	18.334 /	18.273
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)		
	[alfwn]	17.735	
ângulo de hélice no círculo rolante (°)	[betaw]	14.794	
Ângulo oblíquo de base (°)	[betab]	14.076	
Distância nominal entre centros (mm)	[ad]	101.457	
Soma de fatores de correção do perfil	[Summexi]	-0.6898	
Fator de deslocamento de perfil	[x]	-0.3461	-0.3437
Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo)	[sn*]	1.3189	1.3206
Alteração da altura da cabeça (mm)	[k*mn]	-0.078	-0.078
Diâmetro de círculo de referência (mm)	[d]	78.681	124.233
Diâmetro de base (mm)	[db]	73.627	116.254
Diâmetro do círculo da cabeça (mm)	[da]	81.141	126.702
(mm)	[da.e/i]	81.141 /	81.131
Desvios limite do círculo da cabeça (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /	-0.010
Diâmetro da cabeça (mm)	[dFa]	81.141	126.702
(mm)	[dFa.e/i]	81.141 /	81.131
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa]	81.141	126.702
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa.e/i]	81.141 /	81.131
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	[dw]	77.551	122.449
(mm)	[dw.e/i]	77.565 /	77.537
Diâmetro do círculo do pé (mm)	[df]	72.297	117.858
Fator de correção do dentado de geração	[xE.e/i]	-0.3942/	-0.4216
Círculo do pé gerado com xE (mm)	[df.e/i]	72.104 /	71.994
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	0.500	0.500
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	0.674 /	0.579
Diâmetro do círculo útil do pé (mm)	[dNf]	74.669	119.746
(mm)	[dNf.e/i]	74.691 /	74.650
Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)	[dFf]	74.677	119.711
(mm)	[dFf.e/i]	74.587 /	74.538
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.077 /	0.031
Altura da cabeça (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	1.230	1.235
(mm)	[ha.e/i]	1.230 /	1.225
Altura do pé (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	3.192	3.187
(mm)	[hf.e/i]	3.288 /	3.343
Ângulo de geração rel. dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	26.536 /	26.518
Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	26.536 /	26.518
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	9.776 /	9.583
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	9.283 /	9.040
Altura do dente (mm)	[h]	4.422	4.422
Número de dentes de substituição	[zn]	41.814	66.022
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	1.701	1.715
(mm)	[san.e/i]	1.633 /	1.588
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	1.701	1.715
(mm)	[sFan.e/i]	1.633 /	1.588
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	0.000	1.761
(mm)	[efn.e/i]	0.000 /	0.000
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	2.450	2.999

Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.467	0.611
Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-1.568	-0.875
Deslizamento específico médio	[zetam]	0.546	
Fator de desliz na cabeça	[Kga]	0.205	0.251
Fator de desliz no pé	[Kgf]	-0.251	-0.205
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]	6.505	
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]	6.087	
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]	6.087	
Altura de inclinação (mm)	[pz]	922.502	1456.582
Divisão axial (mm)	[px]	24.276	
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	10.837 (10.893 / 10.757)	
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	6.213(6.157/ 6.281)	25.192(25.192/ 25.179)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	10.963(10.963/ 10.951)	20.442(20.386/ 20.510)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	12.177(12.156/ 12.199)	19.228(19.193/ 19.262)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	12.300(12.244/ 12.368)	19.105(19.105/ 19.092)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	17.050(17.050/ 17.038)	14.355(14.299/ 14.423)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]	31.405 (31.349 / 31.461)	
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)			
	[d-B]	76.823(76.823/ 76.816)	123.233(123.196/ 123.278)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)			
	[d-D]	77.628(77.593/ 77.672)	122.372(122.372/ 122.364)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.800(0.804/ 0.795)	0.980(0.985/ 0.972)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]	35.741	
Cobertura de perfil	[eps_a]	1.780	
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]	1.789 / 1.778 / 1.767	
Coefficiente de cobertura	[eps_b]	0.824	
Cobertura total	[eps_g]	2.604	
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]	2.613 / 2.602 / 2.591	

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]	1238.4	
Força axial (N)	[Fa]	331.8	
Força radial (N)	[Fr]	466.7	
Força normal (N)	[Fnorm]	1364.4	
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]	61.92	
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:			
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]	1256.5	
Força axial (N)	[Faw]	331.8	
Força radial (N)	[Frw]	415.6	
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)			
	[v]	12.11	
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)	[v(dw)]		11.94
Valor de entrada (μm)	[yp]	0.5	
Valor de entrada (μm)	[yf]	0.5	
Fator de correção	[CM]	0.800	
Fator do corpo da engrenagem	[CR]	1.000	
Fator de perfil de referência	[CBS]	0.975	
Fator de material	[E/Est]	1.000	
Rigidez da mola individual (N/mm/μm)	[c']	11.851	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cgalf]	18.787	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cgbet]	15.969	
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]	0.01313	

Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]	9504	
Velocidade de referência (-)	[N]	0.309	
Setor subcrítico			
Valor de entrada (µm)	[ya]	0.5	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	40.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	4.000	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	20.000	
Carga segundo Fig. 13, ISO 6336-1:2006 [-]	4		
0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 13, ISO 6336-1:2006	[K']	-1.00	
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (µm)	[Fby]	3.71	
de deformação dos eixos (µm)	[fsh*B1]	0.85	
(fsh (µm) = 0.85, B1= 1.00, fHb5 (µm) = 5.50)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (µm)	[fma*B2]	10.61	
(B2=1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (µm)	[Fbx]	4.37	
Valor de entrada (µm)	[yb]	0.66	
Fator dinâmico	[KV]	1.185	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.299	
- Pé do dente	[KFb]	1.227	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.299	
Fatores frontais - Flanco	[KHα]	1.320	
- Pé do dente	[KFα]	1.320	
- Raspagem (scuffing)	[KBα]	1.320	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.241	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	3528.000	2234.400

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil de fabricação	[xE.e]	-0.3942	-0.3918
Fator do perfil do dente	[YF]	1.39	1.21
Fator de correção de tensão	[YS]	1.79	1.96
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	15.35	17.16
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	1.80	1.77
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	3.99	4.22
Raio do pé do dente (mm)	[roF]	1.31	1.20
(hF* = 0.900/0.887 sFn* = 1.994/2.112 roF* = 0.654/0.599)			
(den (mm) =			
82.349/ 130.806 dsFn(mm) = 73.052/ 118.575 alfsFn(°) =		30.00/ 30.00	qs = 1.524/ 1.764)

Fator helicoidal	[Ybet]	0.897	
Fator de grande engrenagem	[YDT]	1.000	
Fator de coroa dentada	[YB]	1.00	1.00
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	20.00	20.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm²)	[sigF0]	69.49	66.03

Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[sigF]	179.98	171.02
Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação			
Sensibilidade ao entalhe	[YdrelT]	0.990	0.993
Fator de superfície	[YRrelT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	0.868	0.876
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.822	0.832
Coefficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm ²)	[sigFE]	740.00	740.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm ²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	434.48	439.66
Resistência-limite de pé do dente (N/mm ²)	[sigFG]	608.27	615.52
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	3.38	3.60
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	36.21	38.56

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.588	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.812	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.770	
Fator helicoidal	[Zbet]	1.017	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	20.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm ²)	[sigH0]	436.40	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm ²)	[sigHw]	722.65	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.00	1.00
Compressão de flancos (N/mm ²)	[sigHB, sigHD]	725.47	722.65
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	0.992	0.992
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	1.005	1.005
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.956	0.956
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	0.878	0.890
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.837	0.848
Um pitting limitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm ²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1020.64	1035.04
Resistência-limite a corrosão (N/mm ²)	[sigHG]	1020.64	1035.04
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante			
	[SHw]	1.41	1.43
Segurança para pressão engrenagem individual	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.41	1.43
(Segurança relativamente ao torque transmissível)			
	[(SHBD)^2]	1.98	2.05
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	29.69	30.77

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película

Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7

10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 150)

Dados de referência Teste FZG-C:

Torque (Nm)	[T1Ref]	265.1
Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	128.0
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	253.8
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.043
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.085
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.078

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coefficiente de atrito	[mym]	0.059
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	1.163
Temperatura de massa (°C)	[theM]	83.5
Fator de Recuo da cabeça	[XCa (A)]	1.719
Fator de dissipação	[HV]	0.114
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	226374
Coefficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02052
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	20.1
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0
Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)	0	0
Diâmetro (mm)	[dy]	74.669 126.702
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	5.138
Fator de aplicação da força	[XY]	0.433
(XY interpolated between XY(eps.b=0.8) and XY(eps.b=1.2) according ISO/TC60/WG6)		
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	448.072
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	741.983
Espessura da película específica mínima (μm)	[lamGFY]	0.371 (hY=0.222 μm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	4.768
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)		

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com ISO TR 13989:2000

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.200
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1) 12
Fator de engrenagem múltipla	[Xmp]	1.000
Coefficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000
Coefficiente de contato térm. (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780 13.780
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	3.40 3.40
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	4.45
Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	20.000
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm)	[wBt]	169.800
Kbg = 1.241, wBt*Kbg = 210.658		
Fator de ângulo	[Xalfbet]	0.946
(ε1:0.800, ε2:0.980)		

Critério de temperatura de flash

Fator de lubrificante	[XL]	0.856

Temperatura de massa (°C)	[theMi]	86.15
(theMi = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm)		
temperatura instantânea média (°C)	[theflm]	10.91
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C)	[theS]	357.28
Coordenada Gamma (local da temp. máxima)	[Gamma]	-0.490
[Gamma.A]=-0.490 [Gamma.E]=0.400		
Temp. máxima contato. (°C)	[theB]	114.88
Fator de flash (°K*N ⁻¹ .75*s ^{1.5} *m ^{-1.5} *mm)	[XM]	50.058
Fator de início de engrenagem	[XJ]	1.003
Fator de aplicação da força	[XGam]	0.701
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaM]	22.52 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito	[mym]	0.050
Segurança nominal	[SBmin]	2.000
Coefficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea)	[SB]	7.949

Critério de temperatura integral		
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Temperatura de massa (°C)	[theMC]	85.15
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C)	[theflaint]	6.13
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C)	[theSint]	361.99
Fator de flash (°K*N ⁻¹ .75*s ^{1.5} *m ^{-1.5} *mm)	[XM]	50.058
Fator de entrada (totalmente introduzido)	[XE]	1.000
Fator de relação de contato	[Xeps]	0.273
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaOil]	22.52 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito determinado	[mym]	0.058
Fator de geometria	[XBE]	0.231
Fator de engrenagem	[XQ]	1.000
Fator de Recuo da cabeça	[XCa]	1.719
Temperatura de flancos integral (°C)	[theint]	94.34
Segurança nominal	[SSmin]	1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.)	[SSint]	3.837
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.)	[SSL]	19.670

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Tolerância de espessura de dente	DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25	
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm)	[As.e/i]	-0.070 / -0.110	-0.070 / -0.110
Número de dentes de medida	[k]	4.000	7.000
Medida entre dentes sem folgas (mm)	[Wk]	21.367	39.763
Medida entre dentes efetiva (mm)	[Wk.e/i]	21.301 / 21.263	39.697 / 39.659
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.066 / -0.103	-0.066 / -0.103
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMWk.m]	76.466	122.459
Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	3.309	3.323
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	3.500	3.500
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	41.198	63.979
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	41.103 / 41.048	63.884 / 63.829
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	77.522	123.058
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	82.396	127.959
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	82.206 / 82.096	127.768 / 127.658
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	82.396	127.959

Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm) [MdR.e/i] 82.206 / 82.096 127.768 / 127.658
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)
[dk3A.e/i] 82.206 / 82.096 127.768 / 127.658

Espessura cordal do dente sem folgas (mm) [sc] 2.637 2.641
Espessura cordal do dente efetiva (mm) [sc.e/i] 2.567 / 2.527 2.571 / 2.531
Altura acima da corda a partir de da.m (mm) [ha] 1.248 1.245
Espessura de dente (Arc) (mm) [sn] 2.638 2.641
(mm) [sn.e/i] 2.568 / 2.528 2.571 / 2.531

Distância entre eixos sem folga (mm) [aControl.e/i] 99.782 / 99.655
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm) [jta] -0.218 / -0.345
dNf.i com aControl (mm) [dNf0.i] 74.330 119.231
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm) [cF0.i] -0.129 -0.176
Folga da cabeça (mm) [c0.i(aControl)] 0.252 0.252
Desvio limite da distância entre eixos (mm) [Aa.e/i] 0.018 / -0.018

Folga na circunferência primitiva de Aa (mm) [jtw_Aa.e/i] 0.012 / -0.012
Folga radial (mm) [jrw] 0.362 / 0.201
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm) [jtw] 0.236 / 0.131
Folga de engrenamento normal (mm) [jnw] 0.214 / 0.119
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:
Ângulo de torção total (°) [j.tSys] 0.3488/0.1940

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

ISO 1328-1:1995, ISO 1328-2:1997

	[Q]	6	6
Qualidade de engrenagem	[Q]	6	6
Desvio individual do passo (µm)	[fptT]	7.50	7.50
Desvio da divisão de círculo de base (µm)	[fpbT]	7.00	7.00
Desvio de passo por setor através de k/8 (µm)	[Fpk/8T]	12.00	13.00
Erro de forma de perfil (µm)	[ffaT]	6.50	6.50
Variação de ângulo de perfil (µm)	[fHaT]	5.50	5.50
Erro total de perfil (µm)	[FaT]	8.50	8.50
Desvio de perfil da linha de flancos (µm)	[ffbT]	7.50	7.50
Desvio de ângulo de linha de flancos (µm)	[fHbT]	7.50	7.50
Desvio total da linha de flancos (µm)	[FbT]	11.00	11.00
Desvio total do passo (µm)	[FpT]	26.00	26.00
Desvio da concentricidade (µm)	[FrT]	21.00	21.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)	[FisT]	37.00	37.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[fisT]	11.00	11.00
Erro composto radial (µm)	[FidT]	31.00	31.00
Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[fidT]	9.50	9.50

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade 6)

Valor máximo para desvio do eixo (µm)	[fSigbet]	11.00 (Fb= 11.00)
Valor máximo para inclinação do eixo (µm)	[fSigdel]	22.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Distância entre eixos máxima admissível (eps_a=1,0)

	[aMAX]	101.592	
Massas (kg)	[m]	0.507	1.532
Massa total (kg)	[m]	2.039	
Momento de inércia (sistema relativo à entrada):			
Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente			
Engrenagens individualmente	((da+df)/2...di) (kg*m²)		
	[TraeghMom]	0.0004848	0.003341
System	((da+df)/2...di) (kg*m²)	[TraeghMom]	0.001825
Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:			
Rigidez circunferencial (MNm/rad)	[cr]	0.439	
Torção sob torque nominal (°)	[delcr]	0.006	
Coeficiente de atrito médio (segundo Niemann)	[mum]	0.055	
Deslizamento de desgaste segundo Niemann	[zetw]	0.972	
Dissipação de potência do dente devido a carga (kW)			
	[PVZ]	0.095	
(grau de eficiência dos dentes (%))	[etaz]	99.367	
Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda)			
	[dB(A)]	64.9	
Necessidade de óleo na lubrificação por injeção (l/min)			
	[Voil]	0.291	
(com refrigerador de óleo, com diferença assumida da temperatura do óleo (°C):			
		10)	
Indicação para a fabricação por meio de corte por eletroerosão:			
Desvio da linha de flancos teórica (µm)	[WireErr]	91.2	57.8
Desvio admissível (µm)	[Fb/2]	5.5	5.5

9. CORREÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente	[SFmin]	1.40	
Segurança nominal flanco do dente	[SHmin]	1.00	
Vida útil (calculada com seguranças nominais):			
Tempo de vida útil do sistema (h)	[Hatt]	> 1000000	
Tempo de vida útil do pé do dente (h)	[HFatt]	1e+006	1e+006
Tempo de vida útil do flanco do dente (h)	[HHatt]	1e+006	1e+006
Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.			

Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)

F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$R(t) = 100 * \text{Exp}(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$; t (h)

Engr		fac	b	t0	T	R(H)%
enag						

em						
1	Pé do dente	176400	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	176400	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	111720	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do dente	111720	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%) 100.00 (Bertsche)

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [.e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
- Indicações com [.m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
 - . São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
 - O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Cálculo de Zbet segundo Corrigendum 1 ISO 6336-2:2008 com $Z_{bet} = 1/(\cos(\beta))^0,5$
- Detalhes sobre método de cálculo:
 - cg segundo o método B
 - KV segundo o método B
 - KHb, KFb segundo o método C
 - fma segundo a equação (64), Fbx segundo (57/58), Fbx segundo (52/53/54)
 - KHa, KFa em conformidade com o método B
- Nos fatores ZL, ZV, ZR, ZW, ZX, YdreIT, YRrelT e YX, é indicado o valor logaritmicamente interpolado tomado pelos valores da resistência à fadiga e da resistência estática com base no número de ciclos de carga.

Fim do Relatório

linhas: 592

Nome : EH-2

Modificado por: João Filipe

Data: 31.08.2020

Hora: 10:08:55

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES OBLÍQUOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo DIN 3990:1987 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	15.000	
Velocidade (1/min)	[n]	1862.0	465.5
Torque (Nm)	[T]	76.9	307.7
Fator de aplicação	[KA]		1.35
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	165.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	2.5000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	15.0000	
Número de dentes	[z]	25	100
Largura de dente (mm)	[b]	32.00	32.00
Sentido de inclinação		direita	esquerda
Qualidade de engrenagem	[Q-DIN 3961:1978]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	35.00	85.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material

Engrenagem 1: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Engrenagem 2: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm²)	[σFlim]	370.00	370.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm²)	[σHlim]	1220.00	1220.00
Resistência à ruptura (N/mm²)	[σB]	1100.00	1100.00
Limite de elasticidade (N/mm²)	[σS]	900.00	900.00
Módulo de elasticidade (N/mm²)	[E]	206000	206000

Número de Poisson	[v]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (µm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (µm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (µm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (µm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: nenhuma (só valor de rodagem)

Recuo da cabeça (µm)	[Ca]	3.4	3.4

Tipo de lubrificação Lubrificação por injeção de óleo

Tipos de óleo Óleo: Mobilgear 600 XP 150

Base de lubrificante Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40]	150.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100]	14.70

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³) [roOil] 0.890

Temperatura de óleo (°C) [TS] 80.000

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Transmissão total	[itot]	-4.000	
Relação do número de dentes	[u]	4.000	
Módulo transversal (mm)	[mt]	2.588	
Ângulo de pressão no círculo de referência (°)	[alft]	20.647	
Ângulo de pressão			
Ângulo de pressão de operação (°)	[alfwt]	23.450	
	[alfwt.e/i]	23.466 /	23.434
Ângulo de pressão			
Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	[alfwn]	22.706	
ângulo de hélice no círculo rolante (°)	[betaw]	15.286	
Ângulo oblíquo de base (°)	[betab]	14.076	
Distância nominal entre centros (mm)	[ad]	161.762	
Soma de fatores de correção do perfil	[Summexi]	1.3810	
Fator de deslocamento de perfil	[x]	0.5066	0.8744
Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo)	[sn*]	1.9396	2.2073
Alteração da altura da cabeça (mm)	[k*mn]	-0.214	-0.214
Diâmetro de círculo de referência (mm)	[d]	64.705	258.819
Diâmetro de base (mm)	[db]	60.549	242.195
Diâmetro do círculo da cabeça (mm)	[da]	71.810	267.763
(mm)	[da.e/i]	71.810 /	71.800 267.763 / 267.753
Desvios limite do círculo da cabeça (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /	-0.010 0.000 / -0.010
Diâmetro da cabeça (mm)	[dFa]	71.810	267.763
(mm)	[dFa.e/i]	71.810 /	71.800 267.763 / 267.753
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa]	71.810	267.763
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa.e/i]	71.810 /	71.800 267.763 / 267.753
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	[dw]	66.000	264.000
(mm)	[dw.e/i]	66.008 /	65.992 264.032 / 263.968
Diâmetro do círculo do pé (mm)	[df]	60.988	256.941
Fator de correção do dentado de geração	[xE.e/i]	0.4681/	0.4462 0.8222/ 0.7947
Círculo do pé gerado com xE (mm)	[df.e/i]	60.795 /	60.686 256.680 / 256.543
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	0.625	0.625
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	0.849 /	0.735 0.801 / 0.701
Diâmetro do círculo útil do pé (mm)	[dNf]	62.927	259.336
(mm)	[dNf.e/i]	62.961 /	62.900 259.378 / 259.300
Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)	[dFf]	62.581	258.197
(mm)	[dFf.e/i]	62.446 /	62.370 257.941 / 257.807
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.296 /	0.227 0.786 / 0.679
Altura da cabeça (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	3.553	4.472
(mm)	[ha.e/i]	3.553 /	3.548 4.472 / 4.467
Altura do pé (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	1.858	0.939
(mm)	[hf.e/i]	1.955 /	2.010 1.069 / 1.138
Ângulo de geração rel. dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	36.533 /	36.515 27.013 / 27.007
Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	36.533 /	36.515 27.013 / 27.007
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	16.334 /	16.122 21.962 / 21.910
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	14.454 /	14.159 20.993 / 20.901
Altura do dente (mm)	[h]	5.411	5.411
Número de dentes de substituição	[zn]	27.509	110.036
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	1.655	1.967
(mm)	[san.e/i]	1.584 /	1.534 1.873 / 1.817
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	1.655	1.967
(mm)	[sFan.e/i]	1.584 /	1.534 1.873 / 1.817
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	1.904	1.659
(mm)	[efn.e/i]	1.945 /	1.971 1.663 / 1.665
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	1.504	1.112
Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.400	0.400

Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-0.666		-0.666
Deslizamento específico médio	[zetam]		0.400	
Fator de deslize na cabeça	[Kga]	0.234		0.173
Fator de deslize no pé	[Kgf]	-0.173		-0.234
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]		8.131	
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]		7.609	
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]		7.609	
Altura de inclinação (mm)	[pz]	758.636		3034.545
Divisão axial (mm)	[px]		30.345	
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	10.735 (	10.785 /	10.663)
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	8.569(	8.519/	8.631) 57.093(57.093/ 57.081)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	11.695(	11.695/	11.685) 53.967(53.917/ 54.027)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	13.132(	13.122/	13.142) 52.529(52.489/ 52.570)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	16.178(	16.127/	16.240) 49.484(49.484/ 49.473)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	19.303(	19.303/	19.294) 46.358(46.308/ 46.418)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]		65.662 (	65.612 / 65.712)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)				
	[d-B]	64.909(	64.909/	64.903) 265.157(265.117/ 265.206)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)				
	[d-D]	68.651(	68.604/	68.710) 261.636(261.636/ 261.627)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.811(	0.812/	0.808) 0.600(0.605/ 0.593)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]		45.843	
Cobertura de perfil	[eps_a]		1.411	
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]		1.417 /	1.409 / 1.401
Coefficiente de cobertura	[eps_b]		1.055	
Cobertura total	[eps_g]		2.465	
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]		2.472 /	2.464 / 2.456

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]		2377.8
Força axial (N)	[Fa]		637.1
Força radial (N)	[Fr]		896.0
Força normal (N)	[Fnorm]		2619.7
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]		74.31
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:			
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]		2331.1
Força axial (N)	[Faw]		637.1
Força radial (N)	[Frw]		1011.2
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)			
	[v]		6.31
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)	[v(dw)]		6.43
Valor de entrada (μm)	[yp]		0.6
Valor de entrada (μm)	[yf]		0.6
Fator de correção	[CM]		0.800
Fator do corpo da engrenagem	[CR]		1.000
Fator de perfil de referência	[CBS]		0.975
Fator de material	[E/Est]		1.000
Rigidez da mola individual (N/mm/μm)	[c']		15.375
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cg]		20.112
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]		0.01418
Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]		14388
Velocidade de referência (-)	[N]		0.129

Setor subcrítico

Valor de entrada (μm)	[ya]	0.6	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	64.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	6.400	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	32.000	
Carga segundo Fig. 6.8, DIN 3990-1:1987 [-]	4		
(0:6.8a, 1:6.8b, 2:6.8c, 3:6.8d, 4:6.8e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 6.8, DIN 3990-1:1987 [K']	-1.00		
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (μm)	[Fby]	4.66	
de deformação dos eixos (μm)	[fsh*B1]	0.76	
(fsh (μm) = 0.76, B1 = 1.00, fHb5 (μm) = 6.50)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (μm)	[fma*B2]	9.00	
(B2=1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (μm)	[Fbx]	5.49	
Valor de entrada (μm)	[yb]	0.82	
Fator dinâmico	[KV]	1.092	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.428	
- Pé do dente	[KFb]	1.344	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.428	
Fatores frontais - Flanco	[KH a]	1.315	
- Pé do dente	[KF a]	1.315	
- Raspagem (scuffing)	[KB a]	1.315	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.217	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	2234.400	558.600

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil de fabricação	[xE.e]	0.4681	0.8222
Fator do perfil do dente	[YF]	1.22	1.27
Fator de correção de tensão	[YS]	2.25	2.34
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	23.91	22.48
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	2.61	2.98
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	5.58	5.88
Raio do pé do dente (mm)	[roF]	1.06	0.95
(hF* = 1.045/1.192 sFn* = 2.234/2.352 roF* = 0.426/0.380)			
(den (mm) =			
72.287/281.060 dsFn(mm) = 61.655/257.594 alfsFn(°) =		30.00/ 30.00	qs = 2.625/ 3.092)
Fator de relação de contato	[Yeps]	1.000	
Fator helicoidal	[Ybet]	0.875	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	32.00	32.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm ²)	[sigF0]	71.65	77.46
Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[sigF]	186.72	201.86

Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação

Sensibilidade ao entalhe	[YdrelT]	1.001	1.005
Fator de superfície	[YRrelT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	1.000	1.000
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.958	0.962
Coeficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]	2.00	
Yst*sigFlim (N/mm²)	[sigFE]	740.00	740.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	506.29	508.40
Resistência-limite de pé do dente (N/mm²)	[sigFG]	708.81	711.76
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	3.80	3.53
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	40.67	37.78

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.260	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.812	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.842	
Fator helicoidal	[Zbet]	0.983	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	32.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm²)	[sigH0]	425.26	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm²)	[sigHw]	707.59	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.00	1.00
Compressão de flancos (N/mm²)	[sigHB, sigHD]	707.59	707.59
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	0.992	0.992
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.988	0.988
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.976	0.976
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	1.000	1.000
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.957	0.957
Um pitting limitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1166.98	1166.98
Resistência-limite a corrosão (N/mm²)	[sigHG]	1166.98	1166.98
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante	[SHw]	1.65	1.65
Segurança para pressão engrenagem individual (Segurança relativamente ao torque transmissível)	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.65	1.65
	[(SHBD)^2]	2.72	2.72
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	40.80	40.80

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película

Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7

10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 150)

Dados de referência Teste FZG-C:

Torque (Nm) [T1Ref] 265.1

Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	128.0
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	253.8
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.043
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.085
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.078

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coeficiente de atrito	[mym]	0.056
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	1.067
Temperatura de massa (°C)	[theM]	81.8
Fator de Recuo da cabeça	[XCa (A)]	1.471
Fator de dissipação	[HV]	0.098
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	226374
Coeficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02052
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	21.2
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0
Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)	0	0
Diâmetro (mm)	[dy]	62.927 267.763
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	7.681
Fator de aplicação da força	[XY]	0.744
(XY interpolated between XY(eps.b=0.8) and XY(eps.b=1.2) according ISO/TC60/WG6)		
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	526.383
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	875.856
Espessura da película específica mínima (μm)	[lamGFY]	0.329 (hY=0.197 μm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	4.233
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)		

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com DIN 3990:1987

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.200	
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Coeficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000	
Coeficiente de contato térm. (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	3.40	3.40
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	4.99	
Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)		0	0
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	32.000	
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm)	[wBt]	250.410	
Fator de ângulo	[Xalfbet]	1.021	
(ε1:0.811, ε2:0.600)			

Critério de temperatura de flash

Temperatura de massa (°C)	[theMB]	89.97
(theMB = theoil + XS*0.47*theflamax)		
temperatura instantânea máxima (°C)	[theflamax]	17.68
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C)	[theS]	416.23
Coordenada Gamma (local da temp. máxima)	[Gamma]	0.232

[Gamma.A]=-0.348 [Gamma.E]=0.470		
Temp. máxima contato. (°C)	[theB]	107.65
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{.75}^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de geometria	[XB]	0.108
Fator de aplicação da força	[XGam]	1.000
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaM]	16.49 (80.0 °C)
Coeficiente de atrito	[mym]	0.072
Segurança nominal	[SBmin]	2.000
Coeficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea)	[SB]	12.158

Critério de temperatura integral		
Temperatura de massa (°C)	[theMC]	87.47
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C)	[theflaint]	8.89
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C)	[theSint]	416.23
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{.75}^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de relação de contato	[Xeps]	0.275
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaOil]	22.52 (80.0 °C)
Coeficiente de atrito determinado	[mym]	0.071
Fator de geometria	[XBE]	0.206
Fator de engrenagem	[XQ]	1.000
Fator de Recuo da cabeça	[XCa]	1.023
Temperatura de flancos integral (°C)	[theint]	100.80
Segurança nominal	[SSmin]	1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.)	[SSint]	4.129
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.)	[SSL]	16.168

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
		DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25
Tolerância de espessura de dente			
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm)	[As.e/i]	-0.070 / -0.110	-0.095 / -0.145
Número de dentes de medida	[k]	4.000	14.000
Medida entre dentes sem folgas (mm)	[Wk]	27.664	104.995
Medida entre dentes efetiva (mm)	[Wk.e/i]	27.598 / 27.560	104.906 / 104.859
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.066 / -0.103	-0.089 / -0.136
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMWk.m]	66.195	262.694
Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	4.748	4.434
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	5.000	4.500
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	37.443	134.783
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	37.375 / 37.336	134.669 / 134.610
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	67.439	263.045
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	74.748	269.566
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	74.612 / 74.534	269.339 / 269.219
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	74.886	269.566
Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	74.750 / 74.672	269.339 / 269.219
Measurement over 2 pins (free) according to AGMA 2002 (mm)			
	[dk2f.e/i]	74.600 / 74.522	0.000 / 0.000
Measurement over 2 pins (transverse) according to AGMA 2002 (mm)			
	[dk2t.e/i]	74.883 / 74.805	0.000 / 0.000
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)			
	[dk3A.e/i]	74.750 / 74.672	269.339 / 269.219

Espessura cordal do dente sem folgas (mm)	[sc]	4.845	5.518
Espessura cordal do dente efetiva (mm)	[sc.e/i]	4.775 / 4.735	5.423 / 5.373
Altura acima da corda a partir de da.m (mm)	[ha]	3.635	4.497
Espessura de dente (Arc) (mm)	[sn]	4.849	5.518
(mm)	[sn.e/i]	4.779 / 4.739	5.423 / 5.373
Distância entre eixos sem folga (mm)	[aControl.e/i]	164.799	/164.688
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm)	[jta]	-0.201 /	-0.312
dNf.i com aControl (mm)	[dNf0.i]	62.517	258.777
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	0.035	0.418
Folga da cabeça (mm)	[c0.i(aControl)]	0.443	0.409
Desvio limite da distância entre eixos (mm)	[Aa.e/i]	0.020 /	-0.020
Folga na circunferência primitiva de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.017 /	-0.017
Folga radial (mm)	[jrw]	0.332 /	0.181
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm)	[jtw]	0.287 /	0.157
Folga de engrenamento normal (mm)	[jnw]	0.260 /	0.142
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:			
Ângulo de torção total (°)	[j.tSys]	0.4977/0.2724	

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

DIN 3961:1978

Qualidade de engrenagem	[Q-DIN3961]	6	6
Erro de forma de perfil (µm)	[ff]	8.00	8.00
Variação de ângulo de perfil (µm)	[fHa]	6.00	6.00
Erro total de perfil (µm)	[Ff]	10.00	10.00
Desvio de perfil da linha de flancos (µm)	[fbf]	5.50	5.50
Desvio de ângulo de linha de flancos (µm)	[fHb]	9.00	9.00
Desvio total da linha de flancos (µm)	[Fb]	10.00	10.00
Desvio da separação de engrenagem (µm)	[fpe]	8.00	8.00
Desvio individual do passo (µm)	[fp]	8.00	8.00
Salto de divisão (µm)	[fu]	10.00	10.00
Desvio total do passo (µm)	[Fp]	27.00	32.00
Desvio de passo por setor através de z/8 (µm)	[Fpz/8]	17.00	20.00
Desvio da concentricidade (µm)	[Fr]	19.00	22.00
Variação de espessura de dente (µm)	[Rs]	11.00	13.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)	[F']	30.00	34.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[f']	13.00	13.00
Erro composto radial (µm)	[F'']	22.00	26.00
Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[f'']	9.00	11.00

Em conformidade com

DIN 58405:1972 (Feinwerktechnik):

Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[f'']	9.00	11.00
Erro de rolamento (µm)	[F'']	25.00	32.00
Erro de paralelismo dos eixos (µm)	[fp]	28.05	28.05
Erro de sentido de flancos (µm)	[fbeta]	6.72	6.72
Desvio da concentricidade (µm)	[Trk, Fr]	24.00	30.00

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade

6)

Valor máximo para desvio do eixo (μm)	[fSigbet]	13.00 (Fb= 13.00)
Valor máximo para inclinação do eixo (μm)	[fSigdel]	26.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Distância entre eixos máxima admissível (eps_a=1,0)

	[aMAX]	166.269	
Massas (kg)	[m]	0.627	12.123
Massa total (kg)	[m]	12.749	
Momento de inércia (sistema relativo à entrada):			
Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente			
Engrenagens individualmente	((da+df)/2...di) (kg*m ²)		
	[TraeghMom]	0.0004412	0.1152
System	((da+df)/2...di) (kg*m ²)	[TraeghMom]	0.007644
Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:			
Rigidez circunferencial (MNm/rad)	[cr]	0.578	
Torção sob torque nominal (°)	[delcr]	0.008	
Coeficiente de atrito médio (segundo Niemann)	[mum]	0.059	
Deslizamento de desgaste segundo Niemann	[zetw]	0.564	
Dissipação de potência do dente devido a carga (kW)			
	[PVZ]	0.087	
(grau de eficiência dos dentes (%))	[etaz]	99.420	
Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda)			
	[dB(A)]	66.8	
Necessidade de óleo na lubrificação por injeção (l/min)			
	[Voil]	0.267	
(com refrigerador de óleo, com diferença assumida da temperatura do óleo (°C):			
		10)	

9. CORREÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente	[SFmin]	1.40	
Segurança nominal flanco do dente	[SHmin]	1.00	
Vida útil (calculada com seguranças nominais):			
Tempo de vida útil do sistema (h)	[Hatt]	> 1000000	
Tempo de vida útil do pé do dente (h)	[HFatt]	1e+006	1e+006
Tempo de vida útil do flanco do dente (h)	[HHatt]	1e+006	1e+006
Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.			
Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)			
F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \% ; t (h)$$

Engr enag em		fac	b	t0	T	R(H)%
1	Pé do dente	111720	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	111720	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	27930	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do dente	27930	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%) 100.00 (Bertsche)

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [.e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
- Indicações com [.m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
 - . São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
 - O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Detalhes sobre método de cálculo:
 - cg segundo o método B
 - KV segundo o método B
 - KHb, KFb segundo o método C
 - KHa, KFa em conformidade com o método B

Fim do Relatório

linhas: 592

Nome : EH-3

Modificado por: João Filipe

Data: 31.08.2020

Hora: 10:11:47

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES OBLÍQUOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo DIN 3990:1987 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	15.000	
Velocidade (1/min)	[n]	1862.0	595.1
Torque (Nm)	[T]	76.9	240.7
Fator de aplicação	[KA]		1.35
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	165.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	2.5000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	15.0000	
Número de dentes	[z]	31	97
Largura de dente (mm)	[b]	30.00	30.00
Sentido de inclinação		direita	esquerda
Qualidade de engrenagem	[Q-DIN 3961:1978]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	50.00	80.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material

Engrenagem 1: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Engrenagem 2: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[σFlim]	370.00	370.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm ²)	[σHlim]	1220.00	1220.00
Resistência à ruptura (N/mm ²)	[σB]	1100.00	1100.00
Limite de elasticidade (N/mm ²)	[σS]	900.00	900.00
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	[E]	206000	206000

Número de Poisson	[v]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (µm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (µm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (µm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (µm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: nenhuma (só valor de rodagem)

Recuo da cabeça (µm)	[Ca]	3.4	3.4

Tipo de lubrificação Lubrificação por injeção de óleo

Tipos de óleo Óleo: Mobilgear 600 XP 150

Base de lubrificante Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40]	150.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100]	14.70

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³) [roOil] 0.890

Temperatura de óleo (°C) [TS] 80.000

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Transmissão total	[itot]	-3.129	
Relação do número de dentes	[u]	3.129	
Módulo transversal (mm)	[mt]	2.588	
Ângulo de pressão no círculo de referência (°)	[alft]	20.647	
Ângulo de pressão			
Ângulo de pressão de operação (°)	[alfwt]	20.045	
	[alfwt.e/i]	20.064 /	20.026
Ângulo de pressão			
Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	[alfwn]	19.418	
ângulo de hélice no círculo rolante (°)	[betaw]	14.944	
Ângulo oblíquo de base (°)	[betab]	14.076	
Distância nominal entre centros (mm)	[ad]	165.644	
Soma de fatores de correção do perfil	[Summexi]	-0.2541	
Fator de deslocamento de perfil	[x]	0.1628	-0.4169
Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo)	[sn*]	1.6893	1.2673
Alteração da altura da cabeça (mm)	[k*mn]	-0.009	-0.009
Diâmetro de círculo de referência (mm)	[d]	80.234	251.054
Diâmetro de base (mm)	[db]	75.081	234.930
Diâmetro do círculo da cabeça (mm)	[da]	86.030	253.952
(mm)	[da.e/i]	86.030 / 86.020	253.952 / 253.942
Desvios limite do círculo da cabeça (mm)	[Ada.e/i]	0.000 / -0.010	0.000 / -0.010
Diâmetro da cabeça (mm)	[dFa]	86.030	253.952
(mm)	[dFa.e/i]	86.030 / 86.020	253.952 / 253.942
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa]	86.030	253.952
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa.e/i]	86.030 / 86.020	253.952 / 253.942
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	[dw]	79.922	250.078
(mm)	[dw.e/i]	79.932 / 79.912	250.108 / 250.048
Diâmetro do círculo do pé (mm)	[df]	74.798	242.720
Fator de correção do dentado de geração	[xE.e/i]	0.1243/ 0.1023	-0.4691/ -0.4966
Círculo do pé gerado com xE (mm)	[df.e/i]	74.605 / 74.496	242.459 / 242.322
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	0.625	0.625
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	0.849 / 0.736	0.801 / 0.701
Diâmetro do círculo útil do pé (mm)	[dNf]	76.910	245.455
(mm)	[dNf.e/i]	76.941 / 76.885	245.495 / 245.422
Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)	[dFf]	76.855	244.694
(mm)	[dFf.e/i]	76.740 / 76.677	244.488 / 244.380
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.132 / 0.072	0.558 / 0.467
Altura da cabeça (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	2.898	1.449
(mm)	[ha.e/i]	2.898 / 2.893	1.449 / 1.444
Altura do pé (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	2.718	4.167
(mm)	[hf.e/i]	2.814 / 2.869	4.298 / 4.366
Ângulo de geração rel. dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	32.052 / 32.036	23.519 / 23.513
Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	32.052 / 32.036	23.519 / 23.513
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	12.834 / 12.635	17.376 / 17.314
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	12.114 / 11.876	16.509 / 16.414
Altura do dente (mm)	[h]	5.616	5.616
Número de dentes de substituição	[zn]	34.111	106.735
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	1.784	2.095
(mm)	[san.e/i]	1.715 / 1.667	2.003 / 1.948
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	1.784	2.095
(mm)	[sFan.e/i]	1.715 / 1.667	2.003 / 1.948
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	0.000	1.992
(mm)	[efn.e/i]	0.000 / 0.000	2.017 / 2.031
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	1.879	1.379
Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.459	0.459

Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-0.848		-0.848
Deslizamento específico médio	[zetam]		0.459	
Fator de deslize na cabeça	[Kga]	0.241		0.177
Fator de deslize no pé	[Kgf]	-0.177		-0.241
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]		8.131	
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]		7.609	
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]		7.609	
Altura de inclinação (mm)	[pz]	940.709		2943.509
Divisão axial (mm)	[px]		30.345	
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	12.663 (	12.722 /	12.581)
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	8.337(	8.279/	8.409)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	13.391(	13.391/	13.381)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	13.697(	13.683/	13.711)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	15.946(	15.887/	16.017)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	21.000(	21.000/	20.990)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]		56.555 (	56.496 / 56.613)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)				
	[d-B]	79.715(	79.715/	79.708)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)				
	[d-D]	81.573(	81.528/	81.629)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.960(	0.962/	0.957)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]		51.354	
Cobertura de perfil	[eps_a]		1.664	
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]	1.672 /	1.663 /	1.654
Coefficiente de cobertura	[eps_b]		0.989	
Cobertura total	[eps_g]		2.653	
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]	2.661 /	2.651 /	2.642

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]		1917.6
Força axial (N)	[Fa]		513.8
Força radial (N)	[Fr]		722.6
Força normal (N)	[Fnorm]		2112.6
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]		63.92
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:			
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]		1925.1
Força axial (N)	[Faw]		513.8
Força radial (N)	[Frw]		702.4
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)			
	[v]		7.82
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)			
	[v(dw)]		7.79
Valor de entrada (μm)	[yp]		0.6
Valor de entrada (μm)	[yf]		0.6
Fator de correção	[CM]		0.800
Fator do corpo da engrenagem	[CR]		1.000
Fator de perfil de referência	[CBS]		0.975
Fator de material	[E/Est]		1.000
Rigidez da mola individual (N/mm/μm)	[c']		11.859
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cg]		17.768
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]		0.01776
Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]		9744
Velocidade de referência (-)	[N]		0.191

Setor subcrítico

Valor de entrada (μm)	[ya]	0.6	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	60.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	6.000	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	30.000	
Carga segundo Fig. 6.8, DIN 3990-1:1987 [-]	4		
(0:6.8a, 1:6.8b, 2:6.8c, 3:6.8d, 4:6.8e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 6.8, DIN 3990-1:1987 [K']	-1.00		
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (μm)	[Fby]	4.66	
de deformação dos eixos (μm)	[fsh*B1]	0.76	
(fsh (μm) = 0.76, B1 = 1.00, fHb5 (μm) = 6.50)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (μm)	[fma*B2]	9.00	
(B2=1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (μm)	[Fbx]	5.48	
Valor de entrada (μm)	[yb]	0.82	
Fator dinâmico	[KV]	1.118	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.429	
- Pé do dente	[KFb]	1.337	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.429	
Fatores frontais - Flanco	[KH _a]	1.326	
- Pé do dente	[KF _a]	1.326	
- Raspagem (scuffing)	[KB _a]	1.326	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.248	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	2234.400	714.087

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil de fabricação	[xE.e]	0.1243	-0.4691
Fator do perfil do dente	[YF]	1.16	1.35
Fator de correção de tensão	[YS]	2.15	1.95
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	19.21	18.62
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	2.21	2.65
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	5.36	5.46
Raio do pé do dente (mm)	[roF]	1.26	1.40
(hF* = 0.884/1.060 sFn* = 2.144/2.182 roF* = 0.503/0.561)			
(den (mm) =			
86.261/265.762 dsFn(mm) = 75.582/243.566 alfsFn(°) =		30.00/ 30.00	qs = 2.129/ 1.945)
Fator de relação de contato	[Yeps]	1.000	
Fator helicoidal	[Ybet]	0.876	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	30.00	30.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm ²)	[sigF0]	55.91	58.95
Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[sigF]	149.61	157.72

Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação			
Sensibilidade ao entalhe	[YdrelT]	0.996	0.994
Fator de superfície	[YRrelT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	1.000	1.000
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.953	0.951
Coeficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm ²)	[sigFE]	740.00	740.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm ²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	503.88	502.92
Resistência-limite de pé do dente (N/mm ²)	[sigFG]	705.43	704.09
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	4.72	4.46
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	50.52	47.83

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.464	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.812	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.776	
Fator helicoidal	[Zbet]	0.983	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	30.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm ²)	[sigH0]	365.96	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm ²)	[sigHw]	618.92	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.00	1.00
Compressão de flancos (N/mm ²)	[sigHB, sigHD]	618.97	618.92
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	0.992	0.992
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.993	0.993
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.976	0.976
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	1.000	1.000
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.962	0.962
Um pitting limitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm ²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1173.52	1173.52
Resistência-limite a corrosão (N/mm ²)	[sigHG]	1173.52	1173.52
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante			
	[SHw]	1.90	1.90
Segurança para pressão engrenagem individual	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.90	1.90
(Segurança relativamente ao torque transmissível)			
	[(SHBD)^2]	3.59	3.60
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	53.92	53.93

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película
 Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7
 10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 150)
 Dados de referência Teste FZG-C:
 Torque (Nm) [T1Ref] 265.1

Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	128.0
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	253.8
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.043
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.085
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.078

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coeficiente de atrito	[mym]	0.055
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	1.071
Temperatura de massa (°C)	[theM]	81.7
Fator de Recuo da cabeça	[XCa (A)]	1.642
Fator de dissipação	[HV]	0.104
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	226374
Coeficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02052
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	21.3
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0
Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)	0	0
Diâmetro (mm)	[dy]	76.910 253.952
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	7.328
Fator de aplicação da força	[XY]	0.596
(XY interpolated between XY(eps.b=0.8) and XY(eps.b=1.2) according ISO/TC60/WG6)		
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	447.297
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	756.475
Espessura da película específica mínima (μm)	[lamGFY]	0.350 (hY=0.210 μm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	4.501
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)		

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com DIN 3990:1987

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.200	
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Coeficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000	
Coeficiente de contato térm. (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	3.40	3.40
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	4.86	
Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)		0	0
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	30.000	
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm)	[wBt]	228.087	
Fator de ângulo	[Xalfbet]	0.972	
(ε1:0.960, ε2:0.704)			

Critério de temperatura de flash

Temperatura de massa (°C)	[theMB]	88.39
(theMB = theoil + XS*0.47*theflamax)		
temperatura instantânea máxima (°C)	[theflamax]	14.87
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C)	[theS]	416.23
Coordenada Gamma (local da temp. máxima)	[Gamma]	-0.391

[Gamma.A]=-0.391 [Gamma.E]=0.533		
Temp. máxima contato. (°C)	[theB]	103.25
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{.75}^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de geometria	[XB]	0.240
Fator de aplicação da força	[XGam]	0.333
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaM]	17.28 (80.0 °C)
Coeficiente de atrito	[mym]	0.083
Segurança nominal	[SBmin]	2.000
Coeficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea)	[SB]	14.453

Critério de temperatura integral		
Temperatura de massa (°C)	[theMC]	86.83
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C)	[theflaint]	8.13
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C)	[theSint]	416.23
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{.75}^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de relação de contato	[Xeps]	0.232
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaOil]	22.52 (80.0 °C)
Coeficiente de atrito determinado	[mym]	0.068
Fator de geometria	[XBE]	0.240
Fator de engrenagem	[XQ]	1.000
Fator de Recuo da cabeça	[XCa]	1.045
Temperatura de flancos integral (°C)	[theint]	99.02
Segurança nominal	[SSmin]	1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.)		
	[SSint]	4.204
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.)	[SSL]	17.679

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
		DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25
Tolerância de espessura de dente			
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm)	[As.e/i]	-0.070 / -0.110	-0.095 / -0.145
Número de dentes de medida	[k]	5.000	12.000
Medida entre dentes sem folgas (mm)	[Wk]	34.688	87.910
Medida entre dentes efetiva (mm)	[Wk.e/i]	34.622 / 34.585	87.821 / 87.774
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.066 / -0.103	-0.089 / -0.136
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMWk.m]	82.242	249.889
Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	4.349	4.160
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	4.500	4.250
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	43.796	127.427
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	43.717 / 43.671	127.294 / 127.224
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	81.135	248.877
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	87.486	254.821
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	87.327 / 87.236	254.556 / 254.415
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	87.593	254.854
Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	87.434 / 87.342	254.589 / 254.448
Measurement over 2 pins (free) according to AGMA 2002 (mm)			
	[dk2f.e/i]	87.319 / 87.227	254.553 / 254.413
Measurement over 2 pins (transverse) according to AGMA 2002 (mm)			
	[dk2t.e/i]	87.538 / 87.447	254.621 / 254.481
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)			
	[dk3A.e/i]	87.434 / 87.342	254.589 / 254.448

Espessura cordal do dente sem folgas (mm)	[sc]	4.222	3.168
Espessura cordal do dente efetiva (mm)	[sc.e/i]	4.152 / 4.112	3.073 / 3.023
Altura acima da corda a partir de da.m (mm)	[ha]	2.947	1.456
Espessura de dente (Arc) (mm)	[sn]	4.223	3.168
(mm)	[sn.e/i]	4.153 / 4.113	3.073 / 3.023
Distância entre eixos sem folga (mm)	[aControl.e/i]	164.766	/164.637
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm)	[jta]	-0.234 /	-0.363
dNf.i com aControl (mm)	[dNf0.i]	76.475	244.845
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	-0.133	0.178
Folga da cabeça (mm)	[c0.i(aControl)]	0.392	0.358
Desvio limite da distância entre eixos (mm)	[Aa.e/i]	0.020 /	-0.020
Folga na circunferência primitiva de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.015 /	-0.015
Folga radial (mm)	[jrw]	0.383 /	0.214
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm)	[jtw]	0.278 /	0.156
Folga de engrenamento normal (mm)	[jnw]	0.252 /	0.141
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:			
Ângulo de torção total (°)	[j.tSys]	0.3980 /	0.2230

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

DIN 3961:1978

Qualidade de engrenagem	[Q-DIN3961]	6	6
Erro de forma de perfil (µm)	[ff]	8.00	8.00
Variação de ângulo de perfil (µm)	[fHa]	6.00	6.00
Erro total de perfil (µm)	[Ff]	10.00	10.00
Desvio de perfil da linha de flancos (µm)	[fbf]	5.50	5.50
Desvio de ângulo de linha de flancos (µm)	[fHb]	9.00	9.00
Desvio total da linha de flancos (µm)	[Fb]	10.00	10.00
Desvio da separação de engrenagem (µm)	[fpe]	8.00	8.00
Desvio individual do passo (µm)	[fp]	8.00	8.00
Salto de divisão (µm)	[fu]	10.00	10.00
Desvio total do passo (µm)	[Fp]	27.00	32.00
Desvio de passo por setor através de z/8 (µm)	[Fpz/8]	17.00	20.00
Desvio da concentricidade (µm)	[Fr]	19.00	22.00
Variação de espessura de dente (µm)	[Rs]	11.00	13.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)	[F']	30.00	34.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[f']	13.00	13.00
Erro composto radial (µm)	[F'']	22.00	26.00
Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[f'']	9.00	11.00

Em conformidade com

DIN 58405:1972 (Feinwerktechnik):

Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[f'']	9.00	11.00
Erro de rolamento (µm)	[F'']	25.00	32.00
Erro de paralelismo dos eixos (µm)	[fp]	28.05	28.05
Erro de sentido de flancos (µm)	[fbeta]	6.30	6.30
Desvio da concentricidade (µm)	[Trk, Fr]	24.00	30.00

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade

6)

Valor máximo para desvio do eixo (μm)	[fSigbet]	13.00 (Fb= 13.00)
Valor máximo para inclinação do eixo (μm)	[fSigdel]	26.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Distância entre eixos máxima admissível (eps_a=1,0)

	[aMAX]	166.800	
Massas (kg)	[m]	0.732	10.197
Massa total (kg)	[m]	10.929	
Momento de inércia (sistema relativo à entrada):			
Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente			
Engrenagens individualmente	((da+df)/2...di) (kg*m ²)		
	[TraeghMom]	0.0008202	0.08676
System	((da+df)/2...di) (kg*m ²)	[TraeghMom]	0.009682
Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:			
Rigidez circunferencial (MNm/rad)	[cr]	0.754	
Torção sob torque nominal (°)	[delcr]	0.006	
Coeficiente de atrito médio (segundo Niemann)	[mum]	0.055	
Deslizamento de desgaste segundo Niemann	[zetw]	0.764	
Dissipação de potência do dente devido a carga (kW)			
	[PVZ]	0.086	
(grau de eficiência dos dentes (%))	[etaz]	99.425	
Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda)			
	[dB(A)]	65.8	
Necessidade de óleo na lubrificação por injeção (l/min)			
	[Voil]	0.265	
(com refrigerador de óleo, com diferença assumida da temperatura do óleo (°C):			
		10)	

9. CORREÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente	[SFmin]	1.40	
Segurança nominal flanco do dente	[SHmin]	1.00	
Vida útil (calculada com seguranças nominais):			
Tempo de vida útil do sistema (h)	[Hatt]	> 1000000	
Tempo de vida útil do pé do dente (h)	[HFatt]	1e+006	1e+006
Tempo de vida útil do flanco do dente (h)	[HHatt]	1e+006	1e+006
Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.			
Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)			
F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$$R(t) = 100 * \exp(-((t^{\text{fac}} - t_0)/(T - t_0))^b) \% ; t (h)$$

Engr enag em		fac	b	t0	T	R(H)%
1	Pé do dente	111720	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	111720	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	35704	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do dente	35704	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%) 100.00 (Bertsche)

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [.e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
- Indicações com [.m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
 - . São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
 - O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Detalhes sobre método de cálculo:
 - cg segundo o método B
 - KV segundo o método B
 - KHb, KFb segundo o método C
 - KHa, KFa em conformidade com o método B

Fim do Relatório

linhas: 592

Nome : EH-4

Modificado por: João Filipe

Data: 31.08.2020

Hora: 10:13:08

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES OBLÍQUOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo ISO 6336:2006 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	15.000	
Velocidade (1/min)	[n]	1862.0	744.8
Torque (Nm)	[T]	76.9	192.3
Fator de aplicação	[KA]	1.35	
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	165.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	3.5000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	15.0000	
Número de dentes	[z]	26	65
Largura de dente (mm)	[b]	35.00	35.00
Sentido de inclinação		direita	esquerda
Qualidade de engrenagem	[Q-ISO 1328:1995]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	50.00	80.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material

Engrenagem 1: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Engrenagem 2: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Tratamento do material em conformidade com a norma ISO 6336:2006 Normal (fatores de fadiga a baixo número de ciclos ZNT e YNT >= 0,85)			
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm²)	[σFlim]	370.00	370.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm²)	[σHlim]	1220.00	1220.00
Resistência à ruptura (N/mm²)	[σB]	1100.00	1100.00

Limite de elasticidade (N/mm ²)	[σS]	900.00	900.00
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	[E]	206000	206000
Número de Poisson	[ν]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: nenhuma (só valor de rodagem)

Recuo da cabeça (μm)	[Ca]	3.4	3.4

Tipo de lubrificação Lubrificação por injeção de óleo

Tipos de óleo Óleo: Mobilgear 600 XP 150

Base de lubrificante Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40]	150.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100]	14.70

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³)

[roOil]	0.890

Temperatura de óleo (°C)	[TS]	80.000			
		----- ENGRENAGEM 1 -----		ENGRENAGEM 2 --	
Transmissão total	[itot]	-2.500			
Relação do número de dentes	[u]	2.500			
Módulo transversal (mm)	[mt]	3.623			
Ângulo de pressão no círculo de referência (°)	[alft]	20.647			
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação (°)	[alfwt]	20.768			
	[alfwt.e/i]	20.787 / 20.750			
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	[alfwn]	20.117			
ângulo de hélice no círculo rolante (°)	[betaw]	15.011			
Ângulo oblíquo de base (°)	[betab]	14.076			
Distância nominal entre centros (mm)	[ad]	164.868			
Soma de fatores de correção do perfil	[Summexi]	0.0379			
Fator de deslocamento de perfil	[x]	0.2269	-0.1890		
Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo)	[sn*]	1.7359	1.4332		
Alteração da altura da cabeça (mm)	[k*mn]	0.000	0.000		
Diâmetro de círculo de referência (mm)	[d]	94.210	235.525		
Diâmetro de base (mm)	[db]	88.159	220.398		
Diâmetro do círculo da cabeça (mm)	[da]	102.798	241.203		
(mm)	[da.e/i]	102.798 /	102.788	241.203 /	241.193
Desvios limite do círculo da cabeça (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /	-0.010	0.000 /	-0.010
Diâmetro da cabeça (mm)	[dFa]	102.798	241.203		
(mm)	[dFa.e/i]	102.798 /	102.788	241.203 /	241.193
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa]	102.798	241.203		
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa.e/i]	102.798 /	102.788	241.203 /	241.193
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	[dw]	94.286	235.714		
(mm)	[dw.e/i]	94.297 /	94.274	235.743 /	235.686
Diâmetro do círculo do pé (mm)	[df]	87.048	225.453		
Fator de correção do dentado de geração	[xE.e/i]	0.1994/	0.1837	-0.2263/	-0.2459
Círculo do pé gerado com xE (mm)	[df.e/i]	86.856 /	86.746	225.192 /	225.054
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	0.875	0.875		
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	1.099 /	0.985	1.051 /	0.951
Diâmetro do círculo útil do pé (mm)	[dNf]	90.187	229.542		
(mm)	[dNf.e/i]	90.216 /	90.163	229.579 /	229.511
Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)	[dFf]	89.952	228.274		
(mm)	[dFf.e/i]	89.846 /	89.786	228.082 /	227.982
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.215 /	0.159	0.798 /	0.714
Altura da cabeça (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	4.294	2.839		
(mm)	[ha.e/i]	4.294 /	4.289	2.839 /	2.834
Altura do pé (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	3.581	5.036		
(mm)	[hf.e/i]	3.677 /	3.732	5.167 /	5.236
Ângulo de geração rel. dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	34.362 /	34.350	25.476 /	25.469
Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	34.362 /	34.350	25.476 /	25.469
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	12.449 /	12.287	16.709 /	16.646
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	11.260 /	11.058	15.261 /	15.160
Altura do dente (mm)	[h]	7.875	7.875		
Número de dentes de substituição	[zn]	28.609	71.524		
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	2.339	2.850		
(mm)	[san.e/i]	2.269 /	2.220	2.757 /	2.701
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	2.339	2.850		
(mm)	[sFan.e/i]	2.269 /	2.220	2.757 /	2.701
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	0.000	2.854		
(mm)	[efn.e/i]	0.000 /	0.000	2.889 /	2.907

Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	2.653	1.968
Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.515	0.515
Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-1.061	-1.061
Deslizamento específico médio	[zetam]	0.515	
Fator de deslize na cabeça	[Kga]	0.289	0.214
Fator de deslize no pé	[Kgf]	-0.214	-0.289
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]	11.383	
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]	10.652	
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]	10.652	
Altura de inclinação (mm)	[pz]	1104.575	2761.436
Divisão axial (mm)	[px]	42.484	
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	16.927 (16.983 / 16.848)	
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	9.509(9.453/ 9.578)	48.999(48.999/ 48.986)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	15.784(15.784/ 15.774)	42.724(42.668/ 42.790)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	16.716(16.700/ 16.733)	41.791(41.751/ 41.831)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	20.161(20.105/ 20.230)	38.346(38.346/ 38.334)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	26.436(26.436/ 26.426)	32.072(32.015/ 32.138)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]	58.508 (58.451 / 58.564)	
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)			
	[d-B]	93.640(93.640/ 93.634)	236.382(236.342/ 236.430)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)			
	[d-D]	96.943(96.896/ 97.000)	233.360(233.360/ 233.352)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.912(0.914/ 0.910)	0.677(0.680/ 0.672)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]	54.167	
Cobertura de perfil	[eps_a]	1.589	
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]	1.594 / 1.588 / 1.582	
Coefficiente de cobertura	[eps_b]	0.824	
Cobertura total	[eps_g]	2.413	
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]	2.418 / 2.412 / 2.406	

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]	1633.1	
Força axial (N)	[Fa]	437.6	
Força radial (N)	[Fr]	615.4	
Força normal (N)	[Fnorm]	1799.2	
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]	46.66	
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:			
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]	1631.8	
Força axial (N)	[Faw]	437.6	
Força radial (N)	[Frw]	618.8	
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)			
	[v]	9.18	
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)	[v(dw)]		9.19
Valor de entrada (μm)	[yp]	0.6	
Valor de entrada (μm)	[yf]	0.7	
Fator de correção	[CM]	0.800	
Fator do corpo da engrenagem	[CR]	1.000	
Fator de perfil de referência	[CBS]	0.975	
Fator de material	[E/Est]	1.000	
Rigidez da mola individual (N/mm/μm)	[c']	12.149	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cgalf]	17.516	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cgbet]	14.889	

Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]	0.02555	
Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]	9616	
Valor de entrada (μm)	[ya]	0.6	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	70.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	7.000	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	35.000	
Carga segundo Fig. 13, ISO 6336-1:2006 [-]	4		
0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 13, ISO 6336-1:2006 [K']	-1.00		
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (μm)	[Fby]	4.96	
de deformação dos eixos (μm)	[fsh*B1]	0.50	
(fsh (μm) = 0.50, B1 = 1.00, fHb5 (μm) = 6.50)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (μm)	[fma*B2]	12.38	
(B2=1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (μm)	[Fbx]	5.84	
Valor de entrada (μm)	[yb]	0.88	
Inserir fator KV:			
Fator dinâmico	[KV]	1.000	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.586	
- Pé do dente	[KFb]	1.433	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.586	
Fatores frontais - Flanco	[KHα]	1.573	
- Pé do dente	[KFα]	1.573	
- Raspagem (scuffing)	[KBα]	1.573	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.207	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	2234.400	893.760

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil	[x]	0.2269	-0.1890
Fator do perfil do dente	[YF]	1.17	1.34
Fator de correção de tensão	[YS]	2.18	2.00
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	20.19	19.15
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	3.15	3.69
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	7.52	7.63
Raio do pé do dente (mm)	[roF]	1.69	1.87
(hF* = 0.900/1.055 sFn* = 2.150/2.179 roF* = 0.483/0.534)			
(den (mm) =			
102.333/250.734 dsFn(mm) = 88.353/226.941 alfsFn(°) =		30.00/ 30.00	qs = 2.226/ 2.040)
Fator helicoidal	[Ybet]	0.897	
Fator de grande engrenagem	[YDT]	1.000	
Fator de coroa dentada	[YB]	1.00	1.00
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	35.00	35.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm²)	[sigF0]	30.47	31.99

Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[sigF]	92.73	97.36
Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação			
Sensibilidade ao entalhe	[YdrelT]	0.997	0.995
Fator de superfície	[YRrelT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	0.876	0.892
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.836	0.850
Coefficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]	2.00	
Yst*sigFlim (N/mm ²)	[sigFE]	740.00	740.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm ²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	441.78	449.12
Resistência-limite de pé do dente (N/mm ²)	[sigFG]	618.49	628.77
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	6.67	6.46
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	71.46	69.19

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.417	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.812	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.812	
Fator helicoidal	[Zbet]	1.017	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	35.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm ²)	[sigH0]	315.78	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm ²)	[sigHw]	579.59	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.00	1.00
Compressão de flancos (N/mm ²)	[sigHB, sigHD]	581.41	579.59
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	0.992	0.992
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.998	0.998
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.968	0.968
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	0.890	0.915
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.852	0.877
Um pitting limitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm ²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1039.96	1069.61
Resistência-limite a corrosão (N/mm ²)	[sigHG]	1039.96	1069.61
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante			
	[SHw]	1.79	1.85
Segurança para pressão engrenagem individual	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.79	1.85
(Segurança relativamente ao torque transmissível)			
	[(SHBD)^2]	3.20	3.41
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	47.99	51.09

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película

Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7

10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 150)

Dados de referência Teste FZG-C:

Torque (Nm)	[T1Ref]	265.1
Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	128.0
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	253.8
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.043
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.085
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.078

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coefficiente de atrito	[mym]	0.048
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	1.034
Temperatura de massa (°C)	[theM]	81.4
Fator de Recuo da cabeça	[XCa (A)]	1.770
Fator de dissipação	[HV]	0.122
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	226374
Coefficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02052
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	21.5
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0	
Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)		0	
Diâmetro (mm)	[dy]	90.187	241.203
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	8.210	
Fator de aplicação da força	[XY]	0.438	
(XY interpolated between XY(eps.b=0.8) and XY(eps.b=1.2) according ISO/TC60/WG6)			
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	309.484	
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	568.021	
Espessura da película específica mínima (µm)	[lamGFY]	0.466	(hY=0.280 µm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	5.993	
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)			

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com ISO TR 13989:2000

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.200	
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Fator de engrenagem múltipla	[Xmp]	1.000	
Coefficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000	
Coefficiente de contato térm. (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	3.40	3.40
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	3.60	
Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)		0	0
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	35.000	
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm)	[wBt]	157.181	
Kbg = 1.207, wBt*Kbg = 189.671			
Fator de ângulo	[Xalfbet]	0.982	
(ε1:0.912, ε2:0.677)			

Critério de temperatura de flash

Fator de lubrificante	[XL]	0.856

Temperatura de massa (°C) ($theMi = theoil + XS \cdot 0.47 \cdot Xmp \cdot theflm$)	[theMi]	84.62
temperatura instantânea média (°C)	[theflm]	8.20
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C)	[theS]	357.28
Coordenada Gamma (local da temp. máxima) [Gamma.A]=-0.431 [Gamma.E]=0.581	[Gamma]	0.581
Temp. máxima contato. (°C)	[theB]	104.61
Fator de flash ($^{\circ}K \cdot N^{\wedge}-.75 \cdot s^{\wedge}.5 \cdot m^{\wedge}-.5 \cdot mm$)	[XM]	50.058
Fator de início de engrenagem	[XJ]	1.000
Fator de aplicação da força	[XGam]	0.785
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaM]	22.52 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito	[mym]	0.046
Segurança nominal	[SBmin]	2.000
Coefficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea)	[SB]	11.266
Critério de temperatura integral		
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Temperatura de massa (°C) ($theMC = theoil + XS \cdot 0.70 \cdot theflaint$)	[theMC]	83.19
temperatura instantânea em media (°C)	[theflaint]	3.80
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C)	[theSint]	361.99
Fator de flash ($^{\circ}K \cdot N^{\wedge}-.75 \cdot s^{\wedge}.5 \cdot m^{\wedge}-.5 \cdot mm$)	[XM]	50.058
Fator de entrada (totalmente introduzido)	[XE]	1.000
Fator de relação de contato	[Xeps]	0.243
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaOil]	22.52 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito determinado	[mym]	0.047
Fator de geometria	[XBE]	0.276
Fator de engrenagem	[XQ]	1.000
Fator de Recuo da cabeça	[XCa]	1.770
Temperatura de flancos integral (°C)	[theint]	88.89
Segurança nominal	[SSmin]	1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.)	[SSint]	4.072
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.)	[SSL]	31.731

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

	----- ENGRENAGEM 1 -----		----- ENGRENAGEM 2 --	
	DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25		
Tolerância de espessura de dente				
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm)	[As.e/i]	-0.070 / -0.110	-0.095 / -0.145	
Número de dentes de medida	[k]	4.000	8.000	
Medida entre dentes sem folgas (mm)	[Wk]	38.114	80.558	
Medida entre dentes efetiva (mm)	[Wk.e/i]	38.048 / 38.010	80.469 / 80.422	
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.066 / -0.103	-0.089 / -0.136	
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMWk.m]	95.565	233.803	
Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	6.214	5.845	
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	6.500	6.000	
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	52.733	121.311	
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	52.658 / 52.615	121.184 / 121.117	
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	96.095	234.266	
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	105.466	242.554	
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	105.316 / 105.230	242.300 / 242.166	
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	105.466	242.623	

Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	105.316 /	105.230	242.369 /	242.235
Measurement over 2 pins (free) according to AGMA 2002 (mm)					
	[dk2f.e/i]	0.000 /	0.000	242.294 /	242.160
Measurement over 2 pins (transverse) according to AGMA 2002 (mm)					
	[dk2t.e/i]	0.000 /	0.000	242.437 /	242.303
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)					
	[dk3A.e/i]	105.316 /	105.230	242.369 /	242.235
Espessura cordal do dente sem folgas (mm)	[sc]	6.072		5.016	
Espessura cordal do dente efetiva (mm)	[sc.e/i]	6.002 /	5.962	4.921 /	4.871
Altura acima da corda a partir de da.m (mm)	[ha]	4.383		2.861	
Espessura de dente (Arc) (mm)	[sn]	6.076		5.016	
(mm)	[sn.e/i]	6.006 /	5.966	4.921 /	4.871
Distância entre eixos sem folga (mm)	[aControl.e/i]	164.774		/164.649	
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm)	[jta]	-0.226 /		-0.351	
dNf.i com aControl (mm)	[dNf0.i]	89.788		228.993	
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	-0.029		0.455	
Folga da cabeça (mm)	[c0.i(aControl)]	0.654		0.620	
Desvio limite da distância entre eixos (mm)	[Aa.e/i]	0.020 /		-0.020	
Folga na circunferência primitiva de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.015 /		-0.015	
Folga radial (mm)	[jrw]	0.371 /		0.206	
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm)	[jtw]	0.279 /		0.156	
Folga de engrenamento normal (mm)	[jnw]	0.254 /		0.141	
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:					
Ângulo de torção total (°)	[j.tSys]			0.3395/0.1893	

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

ISO 1328-1:1995, ISO 1328-2:1997

Qualidade de engrenagem	[Q]	6	6
Desvio individual do passo (µm)	[fptT]	8.50	9.00
Desvio da divisão de círculo de base (µm)	[fpbT]	8.00	8.40
Desvio de passo por setor através de k/8 (µm)	[Fpk/8T]	13.00	19.00
Erro de forma de perfil (µm)	[ffaT]	8.50	9.50
Variação de ângulo de perfil (µm)	[fHaT]	7.00	8.00
Erro total de perfil (µm)	[FaT]	11.00	13.00
Desvio de perfil da linha de flancos (µm)	[ffbT]	8.50	9.00
Desvio de ângulo de linha de flancos (µm)	[fHbT]	8.50	9.00
Desvio total da linha de flancos (µm)	[FbT]	12.00	13.00
Desvio total do passo (µm)	[FpT]	27.00	35.00
Desvio da concentricidade (µm)	[FrT]	21.00	28.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)			
	[FisT]	40.00	50.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[fisT]	14.00	15.00
Erro composto radial (µm)	[FidT]	36.00	43.00
Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[fidT]	14.00	15.00

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade 6)

Valor máximo para desvio do eixo (µm)	[fSigbet]	13.00 (Fb= 13.00)
Valor máximo para inclinação do eixo (µm)	[fSigdel]	26.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Massas (kg)	[m]	1.401	10.340
Massa total (kg)	[m]	11.742	
Momento de inércia (sistema relativo à entrada):			
Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente			
Engrenagens individualmente	$((d_a + d_f)/2 \dots d_i)$ (kg*m ²)		
	[TraeghMom]	0.00202	0.07864
System	$((d_a + d_f)/2 \dots d_i)$ (kg*m ²)	[TraeghMom]	0.01460
Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:			
Rigidez circunferencial (MNm/rad)	[cr]	1.012	
Torção sob torque nominal (°)	[delcr]	0.004	
Coeficiente de atrito médio (segundo Niemann)	[mum]	0.050	
Deslizamento de desgaste segundo Niemann	[zetw]	0.818	
Dissipação de potência do dente devido a carga (kW)			
	[PVZ]	0.091	
(grau de eficiência dos dentes (%))	[etaz]	99.391)	
Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda)			
	[dB(A)]	63.4	
Necessidade de óleo na lubrificação por injeção (l/min)			
	[Voil]	0.280	
(com refrigerador de óleo, com diferença assumida da temperatura do óleo (°C):			
		10)	

9. CORREÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente	[SFmin]	1.40	
Segurança nominal flanco do dente	[SHmin]	1.00	
Vida útil (calculada com seguranças nominais):			
Tempo de vida útil do sistema (h)	[Hatt]	> 1000000	
Tempo de vida útil do pé do dente (h)	[HFatt]	1e+006	1e+006
Tempo de vida útil do flanco do dente (h)	[HHatt]	1e+006	1e+006
Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.			

Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)

F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*fac} - t_0)/(T - t_0))^b) \%$; t (h)

Engr enag em		fac	b	t0	T	R(H)%

1	Pé do dente	111720	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	111720	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	44688	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do dente	44688	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%) 100.00 (Bertsche)

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [.e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
Indicações com [.m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
 - . São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
 - O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Cálculo de Zbet segundo Corrigendum 1 ISO 6336-2:2008 com $Z_{bet} = 1/(\cos(\beta))^0.5$
- Detalhes sobre método de cálculo:
 - cg segundo o método B
 - KHb, KFb segundo o método C
 - fma segundo a equação (64), Fbx segundo (57/58), Fbx segundo (52/53/54)
 - KHa, KFa em conformidade com o método B
- Nos fatores ZL, ZV, ZR, ZW, ZX, YdreIT, YRreIT e YX, é indicado o valor logaritmicamente interpolado tomado pelos valores da resistência à fadiga e da resistência estática com base no número de ciclos de carga.

Fim do Relatório

linhas: 588

Nome : EH-5

Modificado por: João Filipe

Data: 31.08.2020

Hora: 12:47:44

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES OBLÍQUOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo DIN 3990:1987 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	15.000	
Velocidade (1/min)	[n]	465.5	116.4
Torque (Nm)	[T]	307.7	1230.8
Fator de aplicação	[KA]	1.35	
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	210.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	3.5000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	15.0000	
Número de dentes	[z]	23	92
Largura de dente (mm)	[b]	36.00	36.00
Sentido de inclinação		esquerda	direita
Qualidade de engrenagem	[Q-DIN 3961:1978]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	45.00	140.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material

Engrenagem 1: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Engrenagem 2: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[σFlim]	370.00	370.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm ²)	[σHlim]	1220.00	1220.00
Resistência à ruptura (N/mm ²)	[σB]	1100.00	1100.00
Limite de elasticidade (N/mm ²)	[σS]	900.00	900.00
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	[E]	206000	206000

Número de Poisson	[v]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (µm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (µm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (µm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (µm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380 (rhofPmax*=0.472)	
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380 (rhofPmax*=0.472)	
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: nenhuma (só valor de rodagem)

Recuo da cabeça (µm)	[Ca]	3.4	3.4

Tipo de lubrificação Lubrificação por injeção de óleo

Tipos de óleo Óleo: Mobilgear 600 XP 150

Base de lubrificante Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40]	150.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100]	14.70

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³) [roOil] 0.890

Temperatura de óleo (°C) [TS] 80.000

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Transmissão total	[itot]	-4.000	
Relação do número de dentes	[u]	4.000	
Módulo transversal (mm)	[mt]	3.623	
Ângulo de pressão no círculo de referência (°)	[alft]	20.647	
Ângulo de pressão			
Ângulo de pressão de operação (°)	[alfwt]	21.811	
	[alfwt.e/i]	21.826 /	21.795
Ângulo de pressão			
Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	[alfwn]	21.124	
ângulo de hélice no círculo rolante (°)	[betaw]	15.113	
Ângulo oblíquo de base (°)	[betab]	14.076	
Distância nominal entre centros (mm)	[ad]	208.349	
Soma de fatores de correção do perfil	[Summexi]	0.4844	
Fator de deslocamento de perfil	[x]	0.3676	0.1169
Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo)	[sn*]	1.8384	1.6559
Alteração da altura da cabeça (mm)	[k*mn]	-0.045	-0.045
Diâmetro de círculo de referência (mm)	[d]	83.340	333.359
Diâmetro de base (mm)	[db]	77.987	311.948
Diâmetro do círculo da cabeça (mm)	[da]	92.823	341.087
(mm)	[da.e/i]	92.823 /	92.813 341.087 / 341.077
Desvios limite do círculo da cabeça (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /	-0.010 0.000 / -0.010
Diâmetro da cabeça (mm)	[dFa]	92.823	341.087
(mm)	[dFa.e/i]	92.823 /	92.813 341.087 / 341.077
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa]	92.823	341.087
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa.e/i]	92.823 /	92.813 341.087 / 341.077
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	[dw]	84.000	336.000
(mm)	[dw.e/i]	84.009 /	83.991 336.037 / 335.963
Diâmetro do círculo do pé (mm)	[df]	77.163	325.427
Fator de correção do dentado de geração	[xE.e/i]	0.3401/	0.3244 0.0659/ 0.0423
Círculo do pé gerado com xE (mm)	[df.e/i]	76.970 /	76.860 325.070 / 324.905
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	0.875	0.875
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	1.164 /	1.031 1.054 / 0.948
Diâmetro do círculo útil do pé (mm)	[dNf]	80.060	329.372
(mm)	[dNf.e/i]	80.094 /	80.032 329.417 / 329.332
Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)	[dFf]	79.783	327.588
(mm)	[dFf.e/i]	79.669 /	79.606 327.281 / 327.139
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.244 /	0.182 1.139 / 1.026
Altura da cabeça (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	4.741	3.864
(mm)	[ha.e/i]	4.741 /	4.736 3.864 / 3.859
Altura do pé (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	3.089	3.966
(mm)	[hf.e/i]	3.185 /	3.240 4.144 / 4.227
Ângulo de geração rel. dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	36.984 /	36.970 25.337 / 25.332
Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	36.984 /	36.970 25.337 / 25.332
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	13.409 /	13.208 19.442 / 19.393
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	11.965 /	11.736 18.184 / 18.098
Altura do dente (mm)	[h]	7.830	7.830
Número de dentes de substituição	[zn]	25.308	101.233
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	2.143	2.829
(mm)	[san.e/i]	2.071 /	2.021 2.700 / 2.635
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	2.143	2.829
(mm)	[sFan.e/i]	2.071 /	2.021 2.700 / 2.635
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	0.000	2.520
(mm)	[efn.e/i]	0.000 /	0.000 2.542 / 2.553
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	0.583	0.399
Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.475	0.475

Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-0.905	-0.905
Deslizamento específico médio	[zetam]	0.475	
Fator de desliz na cabeça	[Kga]	0.285	0.195
Fator de desliz no pé	[Kgf]	-0.195	-0.285
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]	11.383	
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]	10.652	
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]	10.652	
Altura de inclinação (mm)	[pz]	977.124	3908.495
Divisão axial (mm)	[px]	42.484	
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	16.119 (16.181 / 16.035)	
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	9.051(8.989/ 9.125)	68.973(68.973/ 68.961)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	14.518(14.518/ 14.508)	63.506(63.445/ 63.578)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	15.605(15.592/ 15.617)	62.419(62.370/ 62.469)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	19.703(19.641/ 19.778)	58.321(58.321/ 58.308)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	25.170(25.170/ 25.161)	52.854(52.792/ 52.925)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]	78.024 (77.962 / 78.086)	
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)			
	[d-B]	83.217(83.217/ 83.210)	336.814(336.767/ 336.868)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)			
	[d-D]	87.378(87.322/ 87.445)	333.041(333.041/ 333.033)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.898(0.899/ 0.896)	0.615(0.620/ 0.609)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]	52.906	
Cobertura de perfil	[eps_a]	1.513	
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]	1.519 / 1.512 / 1.505	
Coefficiente de cobertura	[eps_b]	0.847	
Cobertura total	[eps_g]	2.361	
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]	2.366 / 2.360 / 2.353	

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]	7384.5	
Força axial (N)	[Fa]	1978.7	
Força radial (N)	[Fr]	2782.5	
Força normal (N)	[Fnorm]	8135.6	
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]	205.12	
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:			
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]	7326.5	
Força axial (N)	[Faw]	1978.7	
Força radial (N)	[Frw]	2932.0	
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)			
	[v]	2.03	
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)	[v(dw)]		2.05
Valor de entrada (μm)	[yp]	0.7	
Valor de entrada (μm)	[yf]	0.6	
Fator de correção	[CM]	0.800	
Fator do corpo da engrenagem	[CR]	1.000	
Fator de perfil de referência	[CBS]	0.975	
Fator de material	[E/Est]	1.000	
Rigidez da mola individual (N/mm/μm)	[c']	14.453	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cg]	20.015	
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]	0.02284	
Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]	12291	
Velocidade de referência (-)	[N]	0.038	

Setor subcrítico

Valor de entrada (μm)	[ya]	0.7	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	72.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	7.200	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	36.000	
Carga segundo Fig. 6.8, DIN 3990-1:1987 [-]	4		
(0:6.8a, 1:6.8b, 2:6.8c, 3:6.8d, 4:6.8e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 6.8, DIN 3990-1:1987 [K']	-1.00		
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (μm)	[Fby]	3.83	
de deformação dos eixos (μm)	[fsh*B1]	2.10	
(fsh (μm) = 2.10, B1 = 1.00, fHb5 (μm) = 6.50)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (μm)	[fma*B2]	9.00	
(B2=1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (μm)	[Fbx]	4.50	
Valor de entrada (μm)	[yb]	0.67	
Fator dinâmico	[KV]	1.013	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.136	
- Pé do dente	[KFb]	1.106	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.136	
Fatores frontais - Flanco	[KH _a]	1.124	
- Pé do dente	[KF _a]	1.124	
- Raspagem (scuffing)	[KB _a]	1.124	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.195	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	558.600	139.650

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil de fabricação	[xE.e]	0.3401	0.0659
Fator do perfil do dente	[YF]	1.21	1.37
Fator de correção de tensão	[YS]	2.20	2.12
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	22.10	20.55
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	3.38	4.13
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	7.61	7.94
Raio do pé do dente (mm)	[roF]	1.60	1.59
(hF* = 0.966/1.179 sFn* = 2.174/2.269 roF* = 0.457/0.454)			
(den (mm) =			
92.037/357.295 dsFn(mm) = 78.209/326.453 alfsFn(°) =		30.00/ 30.00	qs = 2.377/ 2.496)
Fator de relação de contato	[Yeps]	1.000	
Fator helicoidal	[Ybet]	0.894	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	36.00	36.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm ²)	[sigF0]	139.38	152.20
Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[sigF]	236.99	258.79

Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação			
Sensibilidade ao entalhe	[YdrelT]	0.999	1.000
Fator de superfície	[YRrelT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	1.000	1.000
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.956	0.957
Coeficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm ²)	[sigFE]	740.00	740.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm ²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	505.11	505.69
Resistência-limite de pé do dente (N/mm ²)	[sigFG]	707.16	707.96
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	2.98	2.74
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	31.97	29.31

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.353	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.812	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.829	
Fator helicoidal	[Zbet]	0.983	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	36.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm ²)	[sigH0]	637.90	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm ²)	[sigHw]	843.29	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.00	1.00
Compressão de flancos (N/mm ²)	[sigHB, sigHD]	846.88	843.29
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	0.992	0.992
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.964	0.964
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.982	0.982
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	1.000	1.000
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.940	0.940
Um pitting limitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm ²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1146.72	1146.72
Resistência-limite a corrosão (N/mm ²)	[sigHG]	1146.72	1146.72
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante			
	[SHw]	1.36	1.36
Segurança para pressão engrenagem individual	[SHBD=sigHG/sigHBD]	1.35	1.36
(Segurança relativamente ao torque transmissível)			
	[(SHBD)^2]	1.83	1.85
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	27.50	27.74

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película
 Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7
 10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 150)
 Dados de referência Teste FZG-C:
 Torque (Nm) [T1Ref] 265.1

Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	128.0
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	253.8
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.043
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.085
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.078

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coeficiente de atrito	[mym]	0.074
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	1.022
Temperatura de massa (°C)	[theM]	82.2
Fator de Recuo da cabeça	[XCa (A)]	1.246
Fator de dissipação	[HV]	0.118
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	226374
Coeficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02052
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	20.9
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0
Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)	0	0
Diâmetro (mm)	[dy]	80.060 341.087
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	8.249
Fator de aplicação da força	[XY]	0.467
(XY interpolated between XY(eps.b=0.8) and XY(eps.b=1.2) according ISO/TC60/WG6)		
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	668.477
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	883.722
Espessura da película específica mínima (μm)	[lamGFY]	0.140 (hY=0.084 μm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	1.800
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)		

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com DIN 3990:1987

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.200
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1) 12
Coeficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000
Coeficiente de contato térm. (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780 13.780
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	3.40 3.40
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	13.84
Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	36.000
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm)	[wBt]	428.433
Fator de ângulo	[Xalfbet]	0.997
(ε1:0.898, ε2:0.615)		

Critério de temperatura de flash

Temperatura de massa (°C)	[theMB]	93.14
(theMB = theoil + XS*0.47*theflamax)		
temperatura instantânea máxima (°C)	[theflamax]	23.30
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C)	[theS]	416.23
Coordenada Gamma (local da temp. máxima)	[Gamma]	0.263

[Gamma.A]=-0.420 [Gamma.E]=0.613		
Temp. máxima contato. (°C)	[theB]	116.43
Fator de flash (°K*N ⁻¹ .75*s ^{1.5} *m ^{-1.5} *mm)	[XM]	50.058
Fator de geometria	[XB]	0.122
Fator de aplicação da força	[XGam]	1.000
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaM]	15.06 (80.0 °C)
Coeficiente de atrito	[mym]	0.109
Segurança nominal	[SBmin]	2.000
Coeficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea)	[SB]	9.226

Critério de temperatura integral		
Temperatura de massa (°C)	[theMC]	89.88
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C)	[theflaint]	11.76
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C)	[theSint]	416.23
Fator de flash (°K*N ⁻¹ .75*s ^{1.5} *m ^{-1.5} *mm)	[XM]	50.058
Fator de relação de contato	[Xeps]	0.252
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaOil]	22.52 (80.0 °C)
Coeficiente de atrito determinado	[mym]	0.105
Fator de geometria	[XBE]	0.261
Fator de engrenagem	[XQ]	1.000
Fator de Recuo da cabeça	[XCa]	1.034
Temperatura de flancos integral (°C)	[theint]	107.52
Segurança nominal	[SSmin]	1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.)	[SSint]	3.871
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.)	[SSL]	12.216

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

		----- ENGRENAGEM 1 -----		ENGRENAGEM 2 --	
		DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25		
Tolerância de espessura de dente					
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm)	[As.e/i]	-0.070 /	-0.110	-0.130 /	-0.190
Número de dentes de medida	[k]	4.000		12.000	
Medida entre dentes sem folgas (mm)	[Wk]	38.288		124.082	
Medida entre dentes efetiva (mm)	[Wk.e/i]	38.222 /	38.185	123.959 /	123.903
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.066 /	-0.103	-0.122 /	-0.179
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMWk.m]	86.343		334.308	
Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	6.479		5.914	
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	6.500		6.000	
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	47.635		171.256	
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	47.564 /	47.523	171.088 /	171.010
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	85.776		333.975	
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	95.064		342.513	
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	94.921 /	94.840	342.176 /	342.020
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	95.270		342.513	
Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	95.128 /	95.046	342.176 /	342.020
Measurement over 2 pins (free) according to AGMA 2002 (mm)					
	[dk2f.e/i]	94.903 /	94.822	0.000 /	0.000
Measurement over 2 pins (transverse) according to AGMA 2002 (mm)					
	[dk2t.e/i]	95.328 /	95.247	0.000 /	0.000
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)					
	[dk3A.e/i]	95.128 /	95.046	342.176 /	342.020

Espessura cordal do dente sem folgas (mm)	[sc]	6.429	5.795
Espessura cordal do dente efetiva (mm)	[sc.e/i]	6.359 / 6.319	5.665 / 5.605
Altura acima da corda a partir de da.m (mm)	[ha]	4.855	3.885
Espessura de dente (Arc) (mm)	[sn]	6.434	5.796
(mm)	[sn.e/i]	6.364 / 6.324	5.666 / 5.606
Distância entre eixos sem folga (mm)	[aControl.e/i]	209.738	/209.607
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm)	[jta]	-0.262 / -0.393	
dNf.i com aControl (mm)	[dNf0.i]	79.606	328.694
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	-0.032	0.707
Folga da cabeça (mm)	[c0.i(aControl)]	0.660	0.578
Desvio limite da distância entre eixos (mm)	[Aa.e/i]	0.023 / -0.023	
Folga na circunferência primitiva de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.018 / -0.018	
Folga radial (mm)	[jrw]	0.416 / 0.239	
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm)	[jtw]	0.331 / 0.190	
Folga de engrenamento normal (mm)	[jnw]	0.301 / 0.173	
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:			
Ângulo de torção total (°)	[j.tSys]	0.4522 / 0.2596	

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

DIN 3961:1978

Qualidade de engrenagem	[Q-DIN3961]	6	6
Erro de forma de perfil (µm)	[ff]	8.00	8.00
Variação de ângulo de perfil (µm)	[fHa]	6.00	6.00
Erro total de perfil (µm)	[Ff]	10.00	10.00
Desvio de perfil da linha de flancos (µm)	[fbf]	5.50	5.50
Desvio de ângulo de linha de flancos (µm)	[fHb]	9.00	9.00
Desvio total da linha de flancos (µm)	[Fb]	10.00	10.00
Desvio da separação de engrenagem (µm)	[fpe]	8.00	9.00
Desvio individual do passo (µm)	[fp]	8.00	9.00
Salto de divisão (µm)	[fu]	10.00	11.00
Desvio total do passo (µm)	[Fp]	27.00	37.00
Desvio de passo por setor através de z/8 (µm)	[Fpz/8]	17.00	23.00
Desvio da concentricidade (µm)	[Fr]	19.00	25.00
Variação de espessura de dente (µm)	[Rs]	11.00	14.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)	[F']	30.00	38.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[fi']	13.00	13.00
Erro composto radial (µm)	[F'']	22.00	29.00
Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[fi'']	9.00	13.00

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade 6)

Valor máximo para desvio do eixo (µm)	[fSigbet]	13.00 (Fb= 13.00)
Valor máximo para inclinação do eixo (µm)	[fSigdel]	26.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Massas (kg)	[m]	1.151	20.248
Massa total (kg)	[m]	21.399	

Momento de inércia (sistema relativo à entrada):

Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente

Engrenagens individualmente $((da+df)/2...di)$ (kg*m²)

System $((da+df)/2...di)$ (kg*m²) [TraeghMom] 0.00133 0.33070
[TraeghMom] 0.02200

Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:

Rigidez circunferencial (MNm/rad) [cr] 1.087

Torção sob torque nominal (°) [delcr] 0.016

Coeficiente de atrito médio (segundo Niemann) [mum] 0.073

Deslizamento de desgaste segundo Niemann [zetw] 0.719

Dissipação de potência do dente devido a carga (kW) [PVZ] 0.130

(grau de eficiência dos dentes (%)) [etaz] 99.131)

Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda) [dB(A)] 64.9

Necessidade de óleo na lubrificação por injeção (l/min) [Voil] 0.400

(com refrigerador de óleo, com diferença assumida da temperatura do óleo (°C):
10)

9. CORREÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente [SFmin] 1.40

Segurança nominal flanco do dente [SHmin] 1.00

Vida útil (calculada com seguranças nominais):

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] > 1000000

Tempo de vida útil do pé do dente (h) [HFatt] 1e+006 1e+006

Tempo de vida útil do flanco do dente (h) [HHatt] 1e+006 1e+006

Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.

Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)

F1% F2% H1% H2%
0.00 0.00 0.00 0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$R(t) = 100 * \exp(-(t^{*fac} - t_0)/(T - t_0)^b) \%$; t (h)

Engr enag em		fac	b	t0	T	R(H)%
1	Pé do dente	27930	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	27930	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	6983	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do	6983	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

	dente					
Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%)				100.00	(Bertsche)	

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [.e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
- Indicações com [.m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
 - . São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
 - O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Detalhes sobre método de cálculo:
 - cg segundo o método B
 - KV segundo o método B
 - KHb, KFb segundo o método C
 - KHa, KFa em conformidade com o método B

Fim do Relatório	linhas:	582

Nome : EH-6

Modificado por: João Filipe

Data: 31.08.2020

Hora: 12:49:25

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES OBLÍQUOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo DIN 3990:1987 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	15.000	
Velocidade (1/min)	[n]	465.5	232.8
Torque (Nm)	[T]	307.7	615.4
Fator de aplicação	[KA]	1.35	
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	210.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	5.0000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	15.0000	
Número de dentes	[z]	27	54
Largura de dente (mm)	[b]	50.00	50.00
Sentido de inclinação		esquerda	direita
Qualidade de engrenagem	[Q-DIN 3961:1978]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	65.00	125.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material

Engrenagem 1: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Engrenagem 2: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm²)	[σFlim]	370.00	370.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm²)	[σHlim]	1220.00	1220.00
Resistência à ruptura (N/mm²)	[σB]	1100.00	1100.00
Limite de elasticidade (N/mm²)	[σS]	900.00	900.00
Módulo de elasticidade (N/mm²)	[E]	206000	206000

Número de Poisson	[v]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (µm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (µm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (µm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (µm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: nenhuma (só valor de rodagem)

Recuo da cabeça (µm)	[Ca]	3.4	3.4

Tipo de lubrificação Lubrificação por injeção de óleo

Tipos de óleo Óleo: Mobilgear 600 XP 150

Base de lubrificante Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40]	150.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100]	14.70

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³) [roOil] 0.890

Temperatura de óleo (°C) [TS] 80.000

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Transmissão total	[itot]	-2.000	
Relação do número de dentes	[u]	2.000	
Módulo transversal (mm)	[mt]	5.176	
Ângulo de pressão no círculo de referência (°)	[alft]	20.647	
Ângulo de pressão	[alft]	20.904	
Ângulo de pressão de operação (°)	[alft.e/i]	20.920 /	20.887
Ângulo de pressão	[alft]	20.248	
Ângulo de hélice no círculo rolante (°)	[betaw]	15.024	
Ângulo oblíquo de base (°)	[betab]	14.076	
Distância nominal entre centros (mm)	[ad]	209.643	
Soma de fatores de correção do perfil	[Summexi]	0.0717	
Fator de deslocamento de perfil	[x]	0.0975	-0.0258
Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo)	[sn*]	1.6418	1.5521
Alteração da altura da cabeça (mm)	[k*mn]	-0.002	-0.002
Diâmetro de círculo de referência (mm)	[d]	139.762	279.525
Diâmetro de base (mm)	[db]	130.786	261.571
Diâmetro do círculo da cabeça (mm)	[da]	150.733	289.263
(mm)	[da.e/i]	150.733 / 150.723	289.263 / 289.253
Desvios limite do círculo da cabeça (mm)	[Ada.e/i]	0.000 / -0.010	0.000 / -0.010
Diâmetro da cabeça (mm)	[dFa]	150.733	289.263
(mm)	[dFa.e/i]	150.733 / 150.723	289.263 / 289.253
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa]	150.733	289.263
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa.e/i]	150.733 / 150.723	289.263 / 289.253
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	[dw]	140.000	280.000
(mm)	[dw.e/i]	140.015 / 139.985	280.031 / 279.969
Diâmetro do círculo do pé (mm)	[df]	128.237	266.767
Fator de correção do dentado de geração	[xE.e/i]	0.0714/ 0.0577	-0.0519/ -0.0656
Círculo do pé gerado com xE (mm)	[df.e/i]	127.976 / 127.839	266.506 / 266.369
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	1.250	1.250
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	1.477 / 1.357	1.477 / 1.357
Diâmetro do círculo útil do pé (mm)	[dNf]	133.413	272.088
(mm)	[dNf.e/i]	133.443 / 133.388	272.129 / 272.053
Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)	[dFf]	132.913	270.640
(mm)	[dFf.e/i]	132.783 / 132.717	270.451 / 270.352
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.363 / 0.302	0.889 / 0.801
Altura da cabeça (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	5.485	4.869
(mm)	[ha.e/i]	5.485 / 5.480	4.869 / 4.864
Altura do pé (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	5.763	6.379
(mm)	[hf.e/i]	5.893 / 5.962	6.509 / 6.578
Ângulo de geração rel. dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	32.829 / 32.821	27.053 / 27.048
Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	32.829 / 32.821	27.053 / 27.048
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	11.610 / 11.486	16.443 / 16.382
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	10.053 / 9.882	15.056 / 14.970
Altura do dente (mm)	[h]	11.248	11.248
Número de dentes de substituição	[zn]	29.710	59.420
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	3.561	3.948
(mm)	[san.e/i]	3.465 / 3.406	3.854 / 3.798
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	3.561	3.948
(mm)	[sFan.e/i]	3.465 / 3.406	3.854 / 3.798
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	0.000	4.032
(mm)	[efn.e/i]	0.000 / 0.000	4.069 / 4.089
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	0.914	0.863
Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.500	0.573

Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-1.344	-1.001
Deslizamento específico médio	[zetam]	0.536	
Fator de deslize na cabeça	[Kga]	0.268	0.253
Fator de deslize no pé	[Kgf]	-0.253	-0.268
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]	16.262	
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]	15.218	
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]	15.218	
Altura de inclinação (mm)	[pz]	1638.655	3277.309
Divisão axial (mm)	[px]	60.691	
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	24.295 (24.359 / 24.208)	
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	13.174(13.110/ 13.250)	61.753(61.753/ 61.741)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	22.251(22.251/ 22.241)	52.676(52.611/ 52.750)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	24.976(24.954/ 24.997)	49.951(49.908/ 49.994)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	28.392(28.327/ 28.468)	46.535(46.535/ 46.524)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	37.469(37.469/ 37.459)	37.458(37.394/ 37.533)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]	74.927 (74.863 / 74.992)	
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)			
	[d-B]	138.150(138.150/ 138.143)	281.990(281.942/ 282.046)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)			
	[d-D]	142.581(142.529/ 142.641)	277.636(277.636/ 277.628)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.821(0.822/ 0.819)	0.776(0.778/ 0.772)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]	77.847	
Cobertura de perfil	[eps_a]	1.596	
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]	1.601 / 1.596 / 1.591	
Coefficiente de cobertura	[eps_b]	0.824	
Cobertura total	[eps_g]	2.420	
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]	2.425 / 2.420 / 2.415	

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]	4403.3	
Força axial (N)	[Fa]	1179.9	
Força radial (N)	[Fr]	1659.2	
Força normal (N)	[Fnorm]	4851.2	
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]	88.07	
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:			
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]	4395.9	
Força axial (N)	[Faw]	1179.9	
Força radial (N)	[Frw]	1678.9	
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)			
	[v]	3.41	
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)	[v(dw)]		3.41
Valor de entrada (μm)	[yp]	0.7	
Valor de entrada (μm)	[yf]	0.8	
Fator de correção	[CM]	0.800	
Fator do corpo da engrenagem	[CR]	1.000	
Fator de perfil de referência	[CBS]	0.975	
Fator de material	[E/Est]	1.000	
Rigidez da mola individual (N/mm/μm)	[c']	13.452	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cg]	19.469	
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]	0.05180	
Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]	6857	
Velocidade de referência (-)	[N]	0.068	

Setor subcrítico

Valor de entrada (μm)	[ya]	0.7	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	100.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	10.000	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	50.000	
Carga segundo Fig. 6.8, DIN 3990-1:1987 [-]	4		
(0:6.8a, 1:6.8b, 2:6.8c, 3:6.8d, 4:6.8e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 6.8, DIN 3990-1:1987 [K']	-1.00		
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (μm)	[Fby]	4.82	
de deformação dos eixos (μm)	[fsh*B1]	1.00	
(fsh (μm) = 1.00, B1= 1.00, fHb5 (μm) = 7.00)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (μm)	[fma*B2]	10.00	
(B2=1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (μm)	[Fbx]	5.68	
Valor de entrada (μm)	[yb]	0.85	
Fator dinâmico	[KV]	1.044	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.378	
- Pé do dente	[KFb]	1.285	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.378	
Fatores frontais - Flanco	[KH _a]	1.360	
- Pé do dente	[KF _a]	1.360	
- Raspagem (scuffing)	[KB _a]	1.360	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.208	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	558.600	279.300

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil	[x]	0.0975	-0.0258
Fator do perfil do dente	[YF]	1.27	1.27
Fator de correção de tensão	[YS]	2.05	2.08
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	19.25	19.57
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	4.65	5.06
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	10.52	10.95
Raio do pé do dente (mm)	[roF]	2.59	2.54
(hF* = 0.930/1.013 sFn* = 2.105/2.191 roF* = 0.519/0.508)			
(den (mm) =			
150.643/298.888 dsFn(mm) = 130.198/268.815 alfsFn(°) =		30.00/ 30.00	qs = 2.028/ 2.156)
Fator de relação de contato	[Yeps]	1.000	
Fator helicoidal	[Ybet]	0.897	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	50.00	50.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm ²)	[sigF0]	41.05	41.65
Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[sigF]	101.09	102.58

Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação			
Sensibilidade ao entalhe	[YdrelT]	0.995	0.997
Fator de superfície	[YRrelT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	1.000	1.000
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.952	0.954
Coeficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm ²)	[sigFE]	740.00	740.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm ²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	503.36	504.02
Resistência-limite de pé do dente (N/mm ²)	[sigFG]	704.70	705.62
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	6.97	6.88
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	74.69	73.70

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.408	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.812	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.811	
Fator helicoidal	[Zbet]	0.983	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	50.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm ²)	[sigH0]	354.10	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm ²)	[sigHw]	575.56	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.01	1.00
Compressão de flancos (N/mm ²)	[sigHB, sigHD]	578.77	575.56
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	0.992	0.992
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.974	0.974
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.982	0.982
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	1.000	1.000
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.949	0.949
Um pitting limitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm ²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1157.95	1157.95
Resistência-limite a corrosão (N/mm ²)	[sigHG]	1157.95	1157.95
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante			
	[SHw]	2.01	2.01
Segurança para pressão engrenagem individual	[SHBD=sigHG/sigHBD]	2.00	2.01
(Segurança relativamente ao torque transmissível)			
	[(SHBD)^2]	4.00	4.05
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	60.04	60.71

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película
 Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7
 10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 150)
 Dados de referência Teste FZG-C:
 Torque (Nm) [T1Ref] 265.1

Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	128.0
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	253.8
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.043
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.085
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.078

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coefficiente de atrito	[mym]	0.054
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	0.951
Temperatura de massa (°C)	[theM]	81.3
Fator de Recuo da cabeça	[XCa (A)]	1.404
Fator de dissipação	[HV]	0.122
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	226374
Coefficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02052
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	21.6
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0
Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)	0	0
Diâmetro (mm)	[dy]	133.413 289.263
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	11.194
Fator de aplicação da força	[XY]	0.438
(XY interpolated between XY(eps.b=0.8) and XY(eps.b=1.2) according ISO/TC60/WG6)		
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	364.037
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	591.713
Espessura da película específica mínima (μm)	[lamGFY]	0.257 (hY=0.154 μm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	3.304
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)		

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com DIN 3990:1987

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.200	
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Coefficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000	
Coefficiente de contato térm. (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	3.40	3.40
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	6.11	
Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)		0	0
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	50.000	
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm)	[wBt]	281.129	
Fator de ângulo	[Xalfbet]	0.984	
(ε1:0.821, ε2:0.776)			

Critério de temperatura de flash

Temperatura de massa (°C)	[theMB]	89.50
(theMB = theoil + XS*0.47*theflamax)		
temperatura instantânea máxima (°C)	[theflamax]	16.84
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C)	[theS]	416.23
Coordenada Gamma (local da temp. máxima)	[Gamma]	-0.473

[Gamma.A]=-0.473 [Gamma.E]=0.500		
Temp. máxima contato. (°C)	[theB]	106.33
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{.75}^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de geometria	[XB]	0.319
Fator de aplicação da força	[XGam]	0.333
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaM]	16.72 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito	[mym]	0.097
Segurança nominal	[SBmin]	2.000
Coefficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea)	[SB]	12.763

Critério de temperatura integral		
Temperatura de massa (°C)	[theMC]	87.05
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C)	[theflaint]	8.40
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C)	[theSint]	416.23
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{.75}^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{.5}^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de relação de contato	[Xeps]	0.259
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaOil]	22.52 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito determinado	[mym]	0.078
Fator de geometria	[XBE]	0.259
Fator de engrenagem	[XQ]	1.000
Fator de Recuo da cabeça	[XCa]	1.024
Temperatura de flancos integral (°C)	[theint]	99.65
Segurança nominal	[SSmin]	1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.)		
	[SSint]	4.177
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.)	[SSL]	17.115

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

	----- ENGRENAGEM 1 -----		ENGRENAGEM 2 --	
	DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25		
Tolerância de espessura de dente				
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm)	[As.e/i]	-0.095 / -0.145	-0.095 / -0.145	
Número de dentes de medida	[k]	4.000	7.000	
Medida entre dentes sem folgas (mm)	[Wk]	54.083	100.031	
Medida entre dentes efetiva (mm)	[Wk.e/i]	53.994 / 53.947	99.941 / 99.894	
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.089 / -0.136	-0.089 / -0.136	
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMWk.m]	140.874	278.949	
Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	8.655	8.425	
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	9.000	9.000	
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	76.940	146.392	
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	76.833 / 76.776	146.273 / 146.211	
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	141.106	280.234	
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	153.635	292.785	
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	153.421 / 153.308	292.547 / 292.421	
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	153.881	292.785	
Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	153.666 / 153.552	292.547 / 292.421	
Measurement over 2 pins (free) according to AGMA 2002 (mm)				
	[dk2f.e/i]	153.401 / 153.288	0.000 / 0.000	
Measurement over 2 pins (transverse) according to AGMA 2002 (mm)				
	[dk2t.e/i]	153.905 / 153.791	0.000 / 0.000	
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)				
	[dk3A.e/i]	153.666 / 153.552	292.547 / 292.421	

Espessura cordal do dente sem folgas (mm)	[sc]	8.205	7.759
Espessura cordal do dente efetiva (mm)	[sc.e/i]	8.110 / 8.060	7.664 / 7.614
Altura acima da corda a partir de da.m (mm)	[ha]	5.595	4.917
Espessura de dente (Arc) (mm)	[sn]	8.209	7.760
(mm)	[sn.e/i]	8.114 / 8.064	7.665 / 7.615
Distância entre eixos sem folga (mm)	[aControl.e/i]	209.741	/209.604
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm)	[jta]	-0.259 /	-0.396
dNf.i com aControl (mm)	[dNf0.i]	132.990	271.481
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	0.103	0.515
Folga da cabeça (mm)	[c0.i(aControl)]	0.984	0.984
Desvio limite da distância entre eixos (mm)	[Aa.e/i]	0.023 /	-0.023
Folga na circunferência primitiva de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.018 /	-0.018
Folga radial (mm)	[jrw]	0.419 /	0.236
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm)	[jtw]	0.318 /	0.179
Folga de engrenamento normal (mm)	[jnw]	0.289 /	0.163
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:			
Ângulo de torção total (°)	[j.tSys]	0.2605/0.1469	

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

DIN 3961:1978

Qualidade de engrenagem	[Q-DIN3961]	6	6
Erro de forma de perfil (µm)	[ff]	10.00	10.00
Variação de ângulo de perfil (µm)	[fHa]	7.00	7.00
Erro total de perfil (µm)	[Ff]	13.00	13.00
Desvio de perfil da linha de flancos (µm)	[fbf]	8.00	8.00
Desvio de ângulo de linha de flancos (µm)	[fHb]	10.00	10.00
Desvio total da linha de flancos (µm)	[Fb]	13.00	13.00
Desvio da separação de engrenagem (µm)	[fpe]	9.00	9.00
Desvio individual do passo (µm)	[fp]	9.00	9.00
Salto de divisão (µm)	[fu]	11.00	11.00
Desvio total do passo (µm)	[Fp]	34.00	34.00
Desvio de passo por setor através de z/8 (µm)	[Fpz/8]	22.00	22.00
Desvio da concentricidade (µm)	[Fr]	25.00	25.00
Variação de espessura de dente (µm)	[Rs]	15.00	15.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)	[F']	38.00	38.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[fi']	15.00	15.00
Erro composto radial (µm)	[F'']	28.00	28.00
Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[fi'']	12.00	12.00

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade 6)

Valor máximo para desvio do eixo (µm)	[fSigbet]	15.00 (Fb= 15.00)
Valor máximo para inclinação do eixo (µm)	[fSigdel]	30.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Massas (kg)	[m]	4.683	18.962
Massa total (kg)	[m]	23.645	

Momento de inércia (sistema relativo à entrada):

Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente

Engrenagens individualmente $((da+df)/2...di)$ (kg*m²)

System $((da+df)/2...di)$ (kg*m²) [TraeghMom] 0.01386 0.22023
[TraeghMom] 0.06892

Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:

Rigidez circunferencial (MNm/rad) [cr] 4.156

Torção sob torque nominal (°) [delcr] 0.004

Coeficiente de atrito médio (segundo Niemann) [mum] 0.051

Deslizamento de desgaste segundo Niemann [zetw] 0.855

Dissipação de potência do dente devido a carga (kW) [PVZ] 0.094

(grau de eficiência dos dentes (%)) [etaz] 99.372)

Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda) [dB(A)] 63.7

Necessidade de óleo na lubrificação por injeção (l/min) [Voil] 0.289

(com refrigerador de óleo, com diferença assumida da temperatura do óleo (°C):
10)

9. CORREÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente [SFmin] 1.40

Segurança nominal flanco do dente [SHmin] 1.00

Vida útil (calculada com seguranças nominais):

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] > 1000000

Tempo de vida útil do pé do dente (h) [HFatt] 1e+006 1e+006

Tempo de vida útil do flanco do dente (h) [HHatt] 1e+006 1e+006

Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.

Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)

F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$R(t) = 100 * \exp(-((t*fac - t_0)/(T - t_0))^b) \%$; t (h)

Engr enag em		fac	b	t0	T	R(H)%
1	Pé do dente	27930	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	27930	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	13965	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do	13965	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

	dente					
Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%)				100.00	(Bertsche)	

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [.e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
- Indicações com [.m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
 - . São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
 - O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Detalhes sobre método de cálculo:
 - cg segundo o método B
 - KV segundo o método B
 - KHb, KFb segundo o método C
 - KHa, KFa em conformidade com o método B

Fim do Relatório	linhas:	582

Nome : EH-7

Modificado por: João Filipe

Data: 31.08.2020

Hora: 12:50:16

CÁLCULO DE UM PAR DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DE DENTES OBLÍQUOS

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo DIN 3990:1987 Método B

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Potência (kW)	[P]	15.000	
Velocidade (1/min)	[n]	465.5	465.5
Torque (Nm)	[T]	307.7	307.7
Fator de aplicação	[KA]	1.35	
Vida útil exigida (h)	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			
Sentido de rotação engrenagem 1 no sentido horário			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

(Cálculo da geometria em conformidade com ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Distância entre eixos (mm)	[a]	210.000	
Tolerância de distância entre eixos	ISO 286:2010 Desvio js7		
Módulo normal (mm)	[mn]	3.0000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[beta]	15.0000	
Número de dentes	[z]	67	67
Largura de dente (mm)	[b]	30.00	30.00
Sentido de inclinação		esquerda	direita
Qualidade de engrenagem	[Q-DIN 3961:1978]	6	6
Diâmetro interno (mm)	[di]	75.00	100.00
Diâmetro interno do aro (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Material

Engrenagem 1: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Engrenagem 2: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm²)	[σFlim]	370.00	370.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm²)	[σHlim]	1220.00	1220.00
Resistência à ruptura (N/mm²)	[σB]	1100.00	1100.00
Limite de elasticidade (N/mm²)	[σS]	900.00	900.00
Módulo de elasticidade (N/mm²)	[E]	206000	206000

Número de Poisson	[v]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil A		
Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250	
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.380	(rhofPmax*=0.472)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000	
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000	
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000	
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000	

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.380	0.380
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000
Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: nenhuma (só valor de rodagem)

Recuo da cabeça (μm)	[Ca]	3.4	3.4

Tipo de lubrificação Lubrificação por injeção de óleo

Tipos de óleo Óleo: Mobilgear 600 XP 150

Base de lubrificante Base de óleo mineral

Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu40]	150.00

Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)

[nu100]	14.70

Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³) [roOil] 0.890

Temperatura de óleo (°C) [TS] 80.000

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Transmissão total	[itot]	-1.000	
Relação do número de dentes	[u]	1.000	
Módulo transversal (mm)	[mt]	3.106	
Ângulo de pressão no círculo de referência (°)	[alft]	20.647	
Ângulo de pressão			
Ângulo de pressão de operação (°)	[alfwt]	21.988	
	[alfwt.e/i]	22.004 /	21.972
Ângulo de pressão			
Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	[alfwn]	21.295	
ângulo de hélice no círculo rolante (°)	[betaw]	15.131	
Ângulo oblíquo de base (°)	[betab]	14.076	
Distância nominal entre centros (mm)	[ad]	208.091	
Soma de fatores de correção do perfil	[Summexi]	0.6565	
Fator de deslocamento de perfil	[x]	0.3282	0.3282
Espessura de dente (Arc) (módulo) (módulo)	[sn*]	1.8097	1.8097
Alteração da altura da cabeça (mm)	[k*mn]	-0.060	-0.060
Diâmetro de círculo de referência (mm)	[d]	208.091	208.091
Diâmetro de base (mm)	[db]	194.725	194.725
Diâmetro do círculo da cabeça (mm)	[da]	215.940	215.940
(mm)	[da.e/i]	215.940 /	215.930 /
Desvios limite do círculo da cabeça (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /	-0.010 /
Diâmetro da cabeça (mm)	[dFa]	215.940	215.940
(mm)	[dFa.e/i]	215.940 /	215.930 /
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa]	215.940	215.940
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dNa.e/i]	215.940 /	215.930 /
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	[dw]	210.000	210.000
(mm)	[dw.e/i]	210.023 /	209.977 /
Diâmetro do círculo do pé (mm)	[df]	202.560	202.560
Fator de correção do dentado de geração	[xE.e/i]	0.2847 /	0.2618 /
Círculo do pé gerado com xE (mm)	[df.e/i]	202.299 /	202.162 /
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	0.750	0.750
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	0.977 /	0.858 /
Diâmetro do círculo útil do pé (mm)	[dNf]	204.946	204.946
(mm)	[dNf.e/i]	204.992 /	204.908 /
Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)	[dFf]	204.340	204.340
(mm)	[dFf.e/i]	204.117 /	204.001 /
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.496 /	0.395 /
Altura da cabeça (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	3.925	3.925
(mm)	[ha.e/i]	3.925 /	3.920 /
Altura do pé (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	2.765	2.765
(mm)	[hf.e/i]	2.896 /	2.964 /
Ângulo de geração rel. dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	27.464 /	27.457 /
Ângulo de geração rel. dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	27.464 /	27.457 /
Ângulo de geração rel. dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	18.849 /	18.770 /
Ângulo de geração rel. dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	18.009 /	17.894 /
Altura do dente (mm)	[h]	6.690	6.690
Número de dentes de substituição	[zn]	73.724	73.724
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[san]	2.311	2.311
(mm)	[san.e/i]	2.217 /	2.161 /
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[sFan]	2.311	2.311
(mm)	[sFan.e/i]	2.217 /	2.161 /
Largura do espaço normal no círculo do pé (mm)	[efn]	2.136	2.136
(mm)	[efn.e/i]	2.155 /	2.165 /
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	0.717	0.717
Deslizamento específico na cabeça	[zetaa]	0.315	0.315

Deslizamento específico no pé	[zetaf]	-0.460	-0.460
Deslizamento específico médio	[zetam]	0.315	
Fator de deslize na cabeça	[Kga]	0.140	0.140
Fator de deslize no pé	[Kgf]	-0.140	-0.140
Divisão de círculo de referência (mm)	[pt]	9.757	
Divisão de círculo de base (mm)	[pbt]	9.131	
Divisão de pressão transversal (mm)	[pet]	9.131	
Altura de inclinação (mm)	[pz]	2439.775	2439.775
Divisão axial (mm)	[px]	36.415	
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[ga, e/i]	14.712 (14.774 / 14.628)	
Comprimento T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	31.957(31.896/ 32.030)	46.669(46.669/ 46.658)
Comprimento T1-B (mm)	[T1B, T2B]	37.539(37.539/ 37.527)	41.088(41.026/ 41.161)
Comprimento T1-C (mm)	[T1C, T2C]	39.313(39.283/ 39.344)	39.313(39.283/ 39.344)
Comprimento T1-D (mm)	[T1D, T2D]	41.088(41.026/ 41.161)	37.539(37.539/ 37.527)
Comprimento T1-E (mm)	[T1E, T2E]	46.669(46.669/ 46.658)	31.957(31.896/ 32.030)
Comprimento T1-T2 (mm)	[T1T2]	78.627 (78.565 / 78.688)	
Diâmetro do ponto de engrenagem individual B (mm)			
	[d-B]	208.697(208.697/ 208.689)	211.354(211.307/ 211.411)
Diâmetro do ponto de engrenagem individual D (mm)			
	[d-D]	211.354(211.307/ 211.411)	208.697(208.697/ 208.689)
Cobertura de cabeça	[eps]	0.806(0.809/ 0.801)	0.806(0.809/ 0.801)
Comprimento mínimo da linha de contato (mm)	[Lmin]	47.267	
Cobertura de perfil	[eps_a]	1.611	
Cobertura de perfil com desvios limite	[eps_a.e/m/i]	1.618 / 1.610 / 1.602	
Coefficiente de cobertura	[eps_b]	0.824	
Cobertura total	[eps_g]	2.435	
Cobertura total com desvios limite	[eps_g.e/m/i]	2.442 / 2.434 / 2.426	

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Ft]	2957.5	
Força axial (N)	[Fa]	792.5	
Força radial (N)	[Fr]	1114.4	
Força normal (N)	[Fnorm]	3258.3	
Força tangencial nominal por mm (N/mm)	[w]	98.58	
Apenas para fins informativos: Forças no círculo rolante:			
Força tangencial nominal (N)	[Ftw]	2930.6	
Força axial (N)	[Faw]	792.5	
Força radial (N)	[Frw]	1183.3	
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)			
	[v]	5.07	
Velocidade tangencial círculo primitivo de funcionamento (m/s)	[v(dw)]		5.12
Valor de entrada (μm)	[yp]	0.6	
Valor de entrada (μm)	[yf]	0.6	
Fator de correção	[CM]	0.800	
Fator do corpo da engrenagem	[CR]	1.000	
Fator de perfil de referência	[CBS]	0.975	
Fator de material	[E/Est]	1.000	
Rigidez da mola individual (N/mm/μm)	[c']	15.285	
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm/μm)	[cg]	22.294	
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]	0.07504	
Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]	2457	
Velocidade de referência (-)	[N]	0.189	

Setor subcrítico

Valor de entrada (μm)	[ya]	0.6	
Distância entre mancais I do eixo do pinhão (mm)	[l]	60.000	
Distância s do eixo do pinhão (mm)	[s]	6.000	
Diâmetro externo do eixo do pinhão (mm)	[dsh]	30.000	
Carga segundo Fig. 6.8, DIN 3990-1:1987 [-]	4		
(0:6.8a, 1:6.8b, 2:6.8c, 3:6.8d, 4:6.8e)			
Fator K' em conformidade com a Fig 6.8, DIN 3990-1:1987 [K']	-1.00		
Sem efeito de apoio			
Desvio da linha de flancos, efetivo (μm)	[Fby]	4.02	
de deformação dos eixos (μm)	[fsh*B1]	1.33	
(fsh (μm) = 1.33, B1= 1.00, fHb5 (μm) = 6.50)			
Dente sem correção das linhas de flancos			
Posição da marca de contato do dente: favorável			
de tolerâncias de fabricação (μm)	[fma*B2]	9.00	
(B2=1.00)			
Desvio da linha de flancos, teórico (μm)	[Fbx]	4.73	
Valor de entrada (μm)	[yb]	0.71	
Fator dinâmico	[KV]	1.107	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.304	
- Pé do dente	[KFb]	1.231	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.304	
Fatores frontais - Flanco	[KH _a]	1.273	
- Pé do dente	[KF _a]	1.273	
- Raspagem (scuffing)	[KB _a]	1.273	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.211	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	558.600	558.600

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

Cálculo de fatores de perfil do dente segundo o método: B

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Cálculo com deslocamento de perfil	[x]	0.3282	0.3282
Fator do perfil do dente	[YF]	1.08	1.08
Fator de correção de tensão	[YS]	2.40	2.40
Ângulo de aplicação de força (°)	[alfFen]	20.79	20.79
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	2.83	2.83
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	6.86	6.86
Raio do pé do dente (mm)	[roF]	1.27	1.27
(hF* = 0.943/0.943 sFn* = 2.287/2.287 roF* = 0.425/0.425)			
(den (mm) =			
224.013/224.013 dsFn(mm) = 203.691/203.691 alfsFn(°) =		30.00/ 30.00	qs = 2.691/ 2.691)
Fator de relação de contato	[Yeps]	1.000	
Fator helicoidal	[Ybet]	0.897	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	30.00	30.00
Tensão nominal do pé do dente (N/mm ²)	[sigF0]	76.06	76.06
Tensão no pé do dente (N/mm ²)	[sigF]	178.07	178.07

Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação			
Sensibilidade ao entalhe	[YdrelT]	1.002	1.002
Fator de superfície	[YRrelT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	1.000	1.000
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.958	0.958
Coeficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]	2.00	
Yst*sigFlim (N/mm ²)	[sigFE]	740.00	740.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm ²)	[sigFP=sigFG/SFmin]	506.60	506.60
Resistência-limite de pé do dente (N/mm ²)	[sigFG]	709.25	709.25
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFG/sigF]	3.98	3.98
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	42.67	42.67

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

		----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 --
Fator de zona	[ZH]	2.342	
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.812	
Fator de relação de contato	[Zeps]	0.807	
Fator helicoidal	[Zbet]	0.983	
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	30.00	
Pressão de flancos nominal (N/mm ²)	[sigH0]	343.32	
Compressão de flancos no círculo rolante (N/mm ²)	[sigHw]	540.83	
Fator de engrenagem individual	[ZB,ZD]	1.00	1.00
Compressão de flancos (N/mm ²)	[sigHB, sigHD]	540.93	540.93
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	0.992	0.992
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.983	0.983
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.982	0.982
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	1.000	1.000
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.958	0.958
Um pitting limitado permitido:	não		
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm ²)	[sigHP=sigHG/SHmin]	1168.25	1168.25
Resistência-limite a corrosão (N/mm ²)	[sigHG]	1168.25	1168.25
Segurança nominal	[SHmin]	1.00	1.00
Segurança para pressão de flancos círculo rolante	[SHw]	2.16	2.16
Segurança para pressão engrenagem individual	[SHBD=sigHG/sigHBD]	2.16	2.16
(Segurança relativamente ao torque transmissível)			
	[(SHBD)^2]	4.66	4.66
Potência transmissível (kW)	[kWRating]	69.96	69.96

4b. MICROPITTING SEGUNDO ISO/TR 15144-1:2014

Cálculo da espessura específica admissível para a película
 Lubrificante nível de força em conformidade com a norma FVA, publicação 54/7
 10 (Óleo: Mobilgear 600 XP 150)
 Dados de referência Teste FZG-C:
 Torque (Nm) [T1Ref] 265.1

Carga linear no ponto de contato A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura de óleo (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura de massa (°C)	[theMRef]	128.0
Temperatura de contato (°C)	[theBRef,A]	253.8
Espessura da folga de lubrificação (μm)	[hRef,A]	0.043
Espessura da película específica no teste (μm)	[lamGFT]	0.085
Fator de material	[WW]	0.65
Espessura da película específica admissível (μm)	[lamGFP]	0.078

Resultado intermediário em conformidade com ISO/TR 15144:2014

Coeficiente de atrito	[mym]	0.047
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Fator de rugosidade	[XR]	0.913
Temperatura de massa (°C)	[theM]	81.1
Fator de Recuo da cabeça	[XCa (A)]	1.399
Fator de dissipação	[HV]	0.066
Módulo de elasticidade de substituição (N/mm²)	[Er]	226374
Coeficiente pressão viscosidade (m²/N)	[alf38]	0.02052
Viscosidade dinâmica (Ns/m²)	[etatM]	21.7
Valor de rugosidade médio (μm)	[Ra]	0.6

Cálculo das velocidades, distribuição de carga e curvatura de flancos segundo método B, em conformidade com ISO/TR 15144-1:2014

Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)	0	0
Cálculo no ponto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)	2	
Diâmetro (mm)	[dy]	208.697 211.354
Raio de curvatura de substituição (mm)	[pred]	20.224
Fator de aplicação da força	[XY]	0.977
(XY interpolated between XY(eps.b=0.8) and XY(eps.b=1.2) according ISO/TC60/WG6)		
Compressão de flancos (N/mm²)	[pH]	428.290
Compressão de flancos (N/mm²)	[pdyn]	674.679
Espessura da película específica mínima (μm)	[lamGFY]	0.487 (hY=0.292 μm)
Segurança contra micropitting	[Slam(B)]	6.259
(Resultados intermédios, ver arquivo: Micropitting_12.tmp)		

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com DIN 3990:1987

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)

	[XS]	1.200	
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Coeficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000	
Coeficiente de contato térm. (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	3.40	3.40
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	5.97	
Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)		0	0
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	30.000	
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm)	[wBt]	296.326	
Fator de ângulo	[Xalfbet]	1.000	
(ε1:0.806, ε2:0.806)			

Critério de temperatura de flash

Temperatura de massa (°C)	[theMB]	83.89
(theMB = theoil + XS*0.47*theflamax)		
temperatura instantânea máxima (°C)	[theflamax]	6.90
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C)	[theS]	416.23
Coordenada Gamma (local da temp. máxima)	[Gamma]	0.160

[Gamma.A]=-0.187 [Gamma.E]=0.187		
Temp. máxima contato. (°C)	[theB]	90.79
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{.}75^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{.}5^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{.}5^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de geometria	[XB]	0.117
Fator de aplicação da força	[XGam]	0.396
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaM]	19.92 (80.0 °C)
Coeficiente de atrito	[mym]	0.070
Segurança nominal	[SBmin]	2.000
Coeficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea)	[SB]	31.140

Critério de temperatura integral		
Temperatura de massa (°C)	[theMC]	84.26
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C)	[theflaint]	5.07
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C)	[theSint]	416.23
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{.}75^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{.}5^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{.}5^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de relação de contato	[Xeps]	0.264
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaOil]	22.52 (80.0 °C)
Coeficiente de atrito determinado	[mym]	0.068
Fator de geometria	[XBE]	0.137
Fator de engrenagem	[XQ]	1.000
Fator de Recuo da cabeça	[XCa]	1.022
Temperatura de flancos integral (°C)	[theint]	91.86
Segurança nominal	[SSmin]	1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.)	[SSint]	4.531
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.)	[SSL]	28.348

6. MEDIDA DE ENSAIO PARA A ESPESSURA DO DENTE

	----- ENGRENAGEM 1 -----		ENGRENAGEM 2 --	
	DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25	DIN 3967 cd25
Tolerância de espessura de dente				
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm)	[As.e/i]	-0.095 / -0.145	-0.095 / -0.145	-0.095 / -0.145
Número de dentes de medida	[k]	9.000	9.000	9.000
Medida entre dentes sem folgas (mm)	[Wk]	79.061	79.061	79.061
Medida entre dentes efetiva (mm)	[Wk.e/i]	78.971 / 78.924	78.971 / 78.924	78.971 / 78.924
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.089 / -0.136	-0.089 / -0.136	-0.089 / -0.136
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMWk.m]	209.241	209.241	209.241
Diâmetro de elemento de medição teor. (mm)	[DM]	5.171	5.171	5.171
Diâmetro efet. de elemento de medição (mm)	[DMeff]	5.250	5.250	5.250
Medida radial de uma esfera sem folgas (mm)	[MrK]	108.722	108.722	108.722
Medida radial de uma esfera (mm)	[MrK.e/i]	108.606 / 108.545	108.606 / 108.545	108.606 / 108.545
Diâmetro do circuito de medição (mm)	[dMMr.m]	209.945	209.945	209.945
Medida diametral de duas esferas, sem folga (mm)	[MdK]	217.386	217.386	217.386
Medida diametral de duas esferas (mm)	[MdK.e/i]	217.154 / 217.031	217.154 / 217.031	217.154 / 217.031
Medida diametral de um cilindro, sem folga (mm)	[MdR]	217.445	217.445	217.445
Medida sobre rolos em conformidade com DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	217.212 / 217.090	217.212 / 217.090	217.212 / 217.090
Measurement over 2 pins (free) according to AGMA 2002 (mm)	[dk2f.e/i]	217.149 / 217.027	217.149 / 217.027	217.149 / 217.027
Measurement over 2 pins (transverse) according to AGMA 2002 (mm)	[dk2t.e/i]	217.270 / 217.147	217.270 / 217.147	217.270 / 217.147
Measurement over 3 pins (axial) according to AGMA 2002 (mm)	[dk3A.e/i]	217.212 / 217.090	217.212 / 217.090	217.212 / 217.090

Espessura cordal do dente sem folgas (mm)	[sc]	5.429	5.429
Espessura cordal do dente efetiva (mm)	[sc.e/i]	5.334 / 5.284	5.334 / 5.284
Altura acima da corda a partir de da.m (mm)	[ha]	3.955	3.955
Espessura de dente (Arc) (mm)	[sn]	5.429	5.429
(mm)	[sn.e/i]	5.334 / 5.284	5.334 / 5.284
Distância entre eixos sem folga (mm)	[aControl.e/i]	209.753	/209.623
Distância entre eixos sem folga, desvios limite (mm)	[jta]	-0.247 /	-0.377
dNf.i com aControl (mm)	[dNf0.i]	204.323	204.323
Reserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	0.103	0.103
Folga da cabeça (mm)	[c0.i(aControl)]	0.503	0.503
Desvio limite da distância entre eixos (mm)	[Aa.e/i]	0.023 /	-0.023
Folga na circunferência primitiva de Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.019 /	-0.019
Folga radial (mm)	[jrw]	0.400 /	0.224
Folga na circunferência primitiva (seção transversal) (mm)	[jtw]	0.322 /	0.180
Folga de engrenamento normal (mm)	[jnw]	0.292 /	0.163
Ângulo de torção na entrada com saída imobilizada:			
Ângulo de torção total (°)	[j.tSys]	0.1755/0.0982	

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

DIN 3961:1978

Qualidade de engrenagem	[Q-DIN3961]	6	6
Erro de forma de perfil (µm)	[ff]	8.00	8.00
Variação de ângulo de perfil (µm)	[fHa]	6.00	6.00
Erro total de perfil (µm)	[Ff]	10.00	10.00
Desvio de perfil da linha de flancos (µm)	[fbf]	5.50	5.50
Desvio de ângulo de linha de flancos (µm)	[fHb]	9.00	9.00
Desvio total da linha de flancos (µm)	[Fb]	10.00	10.00
Desvio da separação de engrenagem (µm)	[fpe]	8.00	8.00
Desvio individual do passo (µm)	[fp]	8.00	8.00
Salto de divisão (µm)	[fu]	10.00	10.00
Desvio total do passo (µm)	[Fp]	32.00	32.00
Desvio de passo por setor através de z/8 (µm)	[Fpz/8]	20.00	20.00
Desvio da concentricidade (µm)	[Fr]	22.00	22.00
Variação de espessura de dente (µm)	[Rs]	13.00	13.00
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)	[Fi']	34.00	34.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[fi']	13.00	13.00
Erro composto radial (µm)	[Fi'']	26.00	26.00
Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[fi'']	11.00	11.00

Em conformidade com

DIN 58405:1972 (Feinwerktechnik):

Salto de engrenamento sobre dois flancos (µm)	[fi''']	11.00	11.00
Erro de rolamento (µm)	[Fi''']	32.00	32.00
Erro de paralelismo dos eixos (µm)	[fp]	35.70	35.70
Erro de sentido de flancos (µm)	[fbeta]	6.30	6.30
Desvio da concentricidade (µm)	[Trk, Fr]	30.00	30.00

Tolerâncias aplicáveis à posição do eixo (recomendação em conformidade com a norma ISO TR 10064-3:1996, qualidade

6)

Valor máximo para desvio do eixo (μm)	[fSigbet]	13.00 (Fb= 13.00)
Valor máximo para inclinação do eixo (μm)	[fSigdel]	26.00

8. DADOS COMPLEMENTARES

Distância entre eixos máxima admissível (eps_a=1,0)

	[aMAX]	212.153	
Massas (kg)	[m]	7.040	6.233
Massa total (kg)	[m]	13.273	
Momento de inércia (sistema relativo à entrada):			
Cálculo sem ter em conta o perfil exato do dente			
Engrenagens individualmente	((da+df)/2...di) (kg*m ²)		
	[TraeghMom]	0.04348	0.04191
System	((da+df)/2...di) (kg*m ²)	[TraeghMom]	0.08539
Rigidez circunferencial na entrada com saída imobilizada:			
Rigidez circunferencial (MNm/rad)	[cr]	6.282	
Torção sob torque nominal (°)	[delcr]	0.003	
Coeficiente de atrito médio (segundo Niemann)	[mum]	0.041	
Deslizamento de desgaste segundo Niemann	[zetw]	0.508	
Dissipação de potência do dente devido a carga (kW)			
	[PVZ]	0.041	
(grau de eficiência dos dentes (%))	[etaz]	99.727	
Nível de pressão acústica (em conformidade com Masuda)			
	[dB(A)]	63.1	
Necessidade de óleo na lubrificação por injeção (l/min)			
	[Voil]	0.126	
(com refrigerador de óleo, com diferença assumida da temperatura do óleo (°C):			
		10)	

9. CORREÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente	[SFmin]	1.40	
Segurança nominal flanco do dente	[SHmin]	1.00	
Vida útil (calculada com seguranças nominais):			
Tempo de vida útil do sistema (h)	[Hatt]	> 1000000	
Tempo de vida útil do pé do dente (h)	[HFatt]	1e+006	1e+006
Tempo de vida útil do flanco do dente (h)	[HHatt]	1e+006	1e+006
Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.			
Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)			
F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$$R(t) = 100 * \exp(-((t * fac - t_0)/(T - t_0))^b) \% ; t (h)$$

Engr enag em		fac	b	t0	T	R(H)%
1	Pé do dente	27930	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	27930	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	27930	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do dente	27930	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%) 100.00 (Bertsche)

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [.e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
- Indicações com [.m] significam: Valor médio na tolerância
- Em existindo folga de engrenamento, são tidas em conta as tolerâncias de distâncias entre eixos e os desvios limite para a espessura do dente
 - . São indicadas as folgas máxima e mínima, em conformidade com os maiores e menores desvios limite.
 - O cálculo é realizado para o círculo rolante.
- Detalhes sobre método de cálculo:
 - cg segundo o método B
 - KV segundo o método B
 - KHb, KFb segundo o método C
 - KHa, KFa em conformidade com o método B

Fim do Relatório

linhas: 592

Nome : EC-8

Modificado por: João Filipe

Data: 31.08.2020

Hora: 14:49:56

CÁLCULO DE ENGRENAGEM CÔNICA (PAR DE ENGRENAGENS CÔNICAS)

Número no desenho ou artigo:

Engrenagem 1: 0.000.0

Engrenagem 2: 0.000.0

Método de cálculo Engrenagens cônicas ISO 10300:2001, Método B

Cálculo da geometria em conformidade com a norma ISO 23509:2006, método0

Standard, Fig. 1 ((cones de cabeça, primitivo e de pé convergem para um unico ponto)

Determinação do ângulo cônico da cabeça e do pé em conformidade com a norma DIN 3971:1980-Fig.1 (diferente de ISO 23509:2006).

(ISO 10300-1,-2,-3:2001)

Processos de fabricação: polido

Sem engrenagem espiral

Indicação: O cálculo dos ângulos oblíquos externo e interno não corresponde a ISO 23509:2006.

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 -----

Potência (kW)	[P]	15.000	
Velocidade (1/min)	[n]	116.4	116.4
Sentido de rotação da engrenagem 1 vista no vértice do cone:			lado direito
Torque (Nm)	[T]	1230.6	1230.6
Fator de aplicação	[KA]		1.35
Fator de divisão	[Kgam]		1.00
Vida útil exigida	[H]	20000.00	
Engrenagem em acionamento (+)/acionada (-)		+	-
Flanco de trabalho da engrenagem 1: Flanco direito			

1. GEOMETRIA E MATERIAL DOS DENTES

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 -----

Deslocamento do eixo (mm)	[a]	0.000	
Ângulo de eixo (°)	[Sigma]	90.0000	
Módulo normal centro (mm)	[mmn]	10.0000	
Módulo da lâmina (mm)	[m0]	10.00	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfn]	20.0000	
ângulo de hélice centro (°)	[betm]	0.0000	
Sentido de inclinação			Dentado direito
Número de dentes	[z]	25	25
Largura de dente (mm)	[b]	75.00	75.00
Largura das marcas de contato registradas ou medidas (mm)	[be]	63.75	63.75
be/b = 0.850			
Qualidade de engrenagem	[Q-ISO17485]	6	6
Diâmetro interno corpo da engrenagem (mm)	[di]	65.000	65.000
Vértice de cone primitivo de referência para lado interno da peça bruta (blank) (mm)	[yi]	111.715	111.715

Vértice de cone primitivo de referência para lado externo da peça bruta (blank) (mm)

	[yo]	171.873	171.873
Deslocamento de V (E) (μm)	[DeltaV]	0.000	
Deslocamento de H (P) (μm)	[DeltaH]	0.000	
Deslocamento de J (G) (μm)	[DeltaJ]	0.000	

Material

Engrenagem 1: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Engrenagem 2: 42 CrMo 4 (2), Aço beneficiado, temperado à chama/por ind.
ISO 6336-5 Figura 11/12 (MQ) Flanco e pé endurecidos

Dureza superficial		HRC 56	HRC 56
Tratamento do material em conformidade com a norma ISO 6336:2006: Normal (fatores de fadiga a baixo número de ciclos ZNT e YNT >= 0,85)			
Resist. fadiga Tensão no pé do dente (N/mm²)	[σFlim]	370.00	370.00
Resistência fad. Pressão hertziana (N/mm²)	[σHlim]	1220.00	1220.00
Resistência à ruptura (N/mm²)	[σB]	1100.00	1100.00
Limite de elasticidade (N/mm²)	[σS]	900.00	900.00
Módulo de elasticidade (N/mm²)	[E]	206000	206000
Número de Poisson	[ν]	0.300	0.300
Valor de rugosidade médio Ra, flanco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valor de rugosidade médio Ra, pé (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Profundidade da rugosidade Rz determinada, flanco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Profundidade da rugosidade Rz determinada, pé (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Perfil de referência da engrenagem

1 :

Perfil de referência 1.25 / 0.30 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil B

Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.300 (rhofPmax*=0.438)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000
Coefficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000

não sobreposto

Perfil de referência da engrenagem

2 :

Perfil de referência 1.25 / 0.30 / 1.0 ISO 53:1998 Perfil B

Fator de altura do pé	[hfP*]	1.250
Fator do raio do pé	[rhofP*]	0.300 (rhofPmax*=0.506)
Fator de altura da cabeça	[haP*]	1.000
Fator de raio da cabeça	[rhoaP*]	0.000
Coefficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000
Ângulo da protuberância	[alfprP]	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000
Ângulo de flanco de chanfro	[alfKP]	0.000

não sobreposto

Resumo perfil de referência das engrenagens:

Perfil de referência da altura do pé	[hfP*]	1.250	1.250
Raio do pé, perfil de referência	[rofP*]	0.300	0.300
Altura da cabeça perfil de referência	[haP*]	1.000	1.000

Coeficiente de altura de protuberância	[hprP*]	0.000	0.000
Ângulo da protuberância (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fator de altura da forma da cabeça	[hFaP*]	0.000	0.000
Ângulo de flanco de chanfro (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Tipo de correção de perfil: nenhuma (só valor de rodagem)

Recuo da cabeça (µm)	[Ca]	3.4	3.4

Sem alteração de alturas de cabeça

Tipo de lubrificação	Lubrificação por injeção de óleo		
Tipos de óleo	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Base de lubrificante	Base de óleo mineral		
Óleo de base a 40 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)			
	[nu40]	150.00	
Óleo de base a 100 graus viscos. nominal cinem. (mm²/s)			
	[nu100]	14.70	
Espessura esp. a 15 graus (kg/dm³)	[roOil]	0.890	
Temperatura de óleo (°C)	[TS]	80.000	

		----- ENGRENAGEM 1 -----	----- ENGRENAGEM 2 -----
Transmissão total	[itot]	-1.000	
Relação do número de dentes	[u]	1.000	
ângulo de hélice externo (°)	[bete]	0.0000	0.0000
ângulo de hélice centro (°)	[betm]	0.0000	0.0000
ângulo de hélice interno (°)	[beti]	0.0000	0.0000
Ângulo de deslocamento do eixo em nível do eixo de pinhão (°)			
	[zetm]	0.0000	
Ângulo de deslocamento em nível da peça (°)	[zetmp]	0.0000	
Deslocamento do eixo em nível da peça (mm)	[ap]	0.000	
Módulo normal externo (mm)	[men]	12.1213	
Módulo transversal externo (mm)	[met]	12.1213	12.1213
Módulo normal centro (mm)	[mmn]	10.0000	
Módulo transversal centro (mm)	[mmt]	10.0000	10.0000
Módulo normal interno (mm)	[min]	7.8787	
Módulo transversal interno (mm)	[mit]	7.8787	7.8787
Soma de fatores de correção do perfil	[xhm1+xhm2]	0.0000	
Fator de deslocamento de perfil	[xhm]	0.0000	0.0000
Limite de sobremedida do corte	[xhmmin]	-0.9679	-0.9679
Fator de alteração da espessura de dente	[xsmn]	0.0240	-0.0240
Diâmetro de círculo de referência externo (mm)	[de]	303.033	303.033
Diâmetro de círculo da cabeça externo (mm)	[dae]	320.175	320.175
Diâmetro do círculo do pé externo (mm)	[dfe]	281.605	281.605
Diâmetro de círculo de referência centro (mm)	[dm]	250.000	250.000
Diâmetro de círculo da cabeça centro (mm)	[dam]	264.142	264.142
Diâmetro do círculo do pé, centro (mm)	[dfm]	232.322	232.322
Diâmetro de círculo de referência interno (mm)	[di]	196.967	196.967
Diâmetro de círculo da cabeça interno (mm)	[dai]	208.109	208.109
Diâmetro do círculo do pé interior (mm)	[dfi]	183.039	183.039
Addendum (mm)	[hae]	12.121	12.121
(mm)	[ham]	10.000	10.000
(mm)	[hai]	7.879	7.879
Dedendum (mm)	[hfe]	15.152	15.152
(mm)	[hfm]	12.500	12.500

(mm)	[hfi]	9.848	9.848
Altura do dente (mm)	[he]	27.273	27.273
(mm)	[hm]	22.500	22.500
(mm)	[hi]	17.727	17.727
Altura de dentes comum (mm)	[whe]	24.243	
(mm)	[whm]	20.000	
(mm)	[whi]	15.757	
Folga da cabeça (mm)	[ce]	3.030	3.030
(mm)	[cm]	2.500	2.500
(mm)	[ci]	1.970	1.970
Comprimento primitivo de referência externo (mm)	[Re]	214.277	214.277
Comprimento primitivo de referência centro (mm)	[Rm]	176.777	176.777
Comprimento primitivo de referência interno (mm)	[Ri]	139.277	139.277
Ângulo primitivo de referência (°)	[delta]	45.0000	45.0000
Ângulo de cabeça (°)	[dela]	48.2377	48.2377
Ângulo da cabeça (°)	[thea=dela-delta]	3.2377	3.2377
Ângulo cônico do pé (°)	[delf]	40.9553	40.9553
Ângulo do pé (°)	[thef=delta-delf]	4.0447	4.0447
Distância em sentido axial até à interseção (mm)	[txo]	142.945	142.945
(mm)	[txi]	92.912	92.912
Distância do vértice do cone até à interseção (mm)	[tz]	0.000	0.000
(mm)	[tzF]	0.000	0.000
(mm)	[tzR]	0.000	0.000
Distância em sentido axial até ao vértice do cone primitivo (mm)	[ye]	151.517	151.517
(mm)	[yae]	142.945	142.945
(mm)	[yai]	92.912	92.912
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	2.500	2.500
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	2.500 / 2.510	2.500 / 2.510

Coeficiente de cobertura,
ISO 23509:2006 (B.8) [epsb] 0.000

***** Engrenagem cilíndrica de substituição *****

Módulo normal (mm)	[mn]	10.0000	
Módulo transversal (mm)	[mtv]	10.0000	
Ângulo de pressão na seção normal (°)	[alfvn]	20.0000	
Ângulo de pressão no círculo de referência (°)	[alfvt]	20.0000	
ângulo de hélice no círculo de referência (°)	[betv]	0.0000	
Ângulo oblíquo de base (°)	[betvb]	0.0000	
Distância entre eixos substituição (mm)	[av]	353.553	
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação (°)	[alfvwt]	20.0000	
Número de dentes	[zv]	35.355	35.355
Relação do número de dentes	[uv]	1.000	
Fator de correção do dentado de geração	[xvE.e/i]	0.0000/ 0.0000	0.0000/ 0.0000
Folga da cabeça teórica (mm)	[c]	2.500	2.500
Folga da cabeça efetiva (mm)	[c.e/i]	2.500 / 2.510	2.500 / 2.510
Diâmetro de círculo de referência (mm)	[dv]	353.553	353.553
Diâmetro de base (mm)	[dvb]	332.232	332.232
Diâmetro do círculo da cabeça (mm)	[dva]	373.553	373.553
Diâmetro da cabeça (mm)	[dvFa]	373.553	373.553
Diâmetro de círculo da cabeça (mm)	[dvNa]	373.553	373.553
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	[dvw]	353.553	353.553
Diâmetro do círculo do pé (mm)	[dvf]	328.553	328.553
Diâmetro do círculo do perfil do pé (mm)	[dvFf]	337.495	337.495

Diâmetro do círculo útil do pé (mm)	[dvNf]	339.748	339.748
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF]	1.127	1.127
Espessura de dente normal no círculo de cabeça (mm)	[svan]	7.993	7.033
Espessura de dente normal no círculo da forma da cabeça (mm)	[svFan]	7.993	7.033
Número de dentes de substituição	[zvn]	35.355	35.355
Velocidade de deslizamento máx. na cabeça (m/s)	[vga]	0.430	0.430
Divisão de círculo de referência (mm)	[pvt]	31.416	
Divisão de círculo de base (mm)	[pvbt]	29.521	
Divisão de pressão transversal (mm)	[pvet]	29.521	
Comprimento da longitude de engrenagem (mm)	[gva]	49.853	

Engrenagem cilíndrica de substituição (ISO 10300:2001, Annex A):

Relativamente a largura de dente	[bveff]	75.000
Cobertura de perfil	[epsva]	1.689
Coeficiente de cobertura	[epsvb]	0.000
Cobertura total	[epsvg]	1.689

Valores auxiliares para o flanco do dente:

Distância do centro (mm)	[ft, fm, fr]	24.927	-4.595	-24.927
Comprimento da linha de contato (mm)	[lbt, lbm, lbr]	0.000	73.715	0.000
Superfície de contato (mm²)	[At, Am, Ar]	0.000	53.314	0.000
Proporções de carga linear (%)	[fct, flcm, flcr]	0.000	100.000	0.000

Valores auxiliares para o pé do dente:

Distância do centro (mm)	[ft, fm, fr]	34.116	4.595	-24.927
Comprimento da linha de contato (mm)	[lbt, lbm, lbr]	0.000	73.715	0.000
Ângulo de linhas de contato (°)	[betB]	0.0000		

Características de determinação	[Re2/b2]	2.857
	[b2/mmn]	7.500

2. FATORES DE INFLUÊNCIA GERAIS

	----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 -----
Força tangencial nominal no círculo de referência (N)	[Fmt]	9844.6
	Serviço de tração	
Força axial (N)	[Fa]	2533.7
Força radial (N)	[Fr]	2533.7
Força normal (N)	[Fnorm]	10476.4
Força axial (%)	[Fa/Ft]	25.737
Força radial (%)	[Fr/Ft]	25.737
Indicações:		
Forças com rotação no sentido contrário (serviço de empurrar):		
Força axial (N)	[Fa]	2533.7
Força radial (N)	[Fr]	2533.7
Força normal (N)	[Fnorm]	10476.4
Força axial (%)	[Fa/Ft]	25.737
Força radial (%)	[Fr/Ft]	25.737
Força tangencial nominal círculo par. por mm (N/mm)	[w]	154.43
Velocidade tangencial círculo de referência (m/s)	[v]	1.52
Rigidez da mola individual (N/mm*µm)	[c']	14.00
Rigidez da mola de engrenagem (N/mm*µm)	[cg]	20.00
Desvio individual do passo (µm)	[fp]	18.00
Valor de entrada y.a (µm)	[ya]	1.35
Massa reduzida (kg/mm)	[mRed]	0.084

Velocidade de ressonância (min-1)	[nE1]	5878	
Velocidade de referência (-)	[N]	0.020	
Setor subcrítico			
Fator dinâmico	[KV]	1.02	
Raio de círculo da espiral, cabeça da lâmina (mm)	[rc0]	141.42	
Fator	[KF0]	1.00	
Fator de suporte	[KHbbe]	1.25	
Fatores de largura - Flanco	[KHb]	1.88	
- Pé do dente	[KFb]	1.88	
- Raspagem (scuffing)	[KBb]	1.88	
Fatores frontais - Flanco	[KH _a]	1.00	
- Pé do dente	[KF _a]	1.09	
- Raspagem (scuffing)	[KB _a]	1.09	
Fator de inclinação Raspagem (scuffing)	[Kbg]	1.00	
Número de ciclos de carga (em milhões)	[NL]	139.680	139.680

3. CAPACIDADE DE CARGA DO PÉ DO DENTE

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 -----

Cálculo de fatores do perfil do dente em conformidade com o método: B1 (ISO 10300:2001, Part 3)

Processos de fabricação: por geração

Cálculo com deslocamento de perfil	[x]	0.00	0.00
Fator do perfil do dente	[YF]	2.38	2.60
Fator de correção de tensão	[YS]	1.72	1.67
Braço da alavanca de flexão (mm)	[hF]	19.18	19.26
Ângulo de aplicação de força (grd)	[alfh]	26.01	26.09
Espessura do pé do dente (mm)	[sFn]	21.51	20.60
Raio do pé do dente (mm)	[roF]	4.84	4.86
(hF* = 1.918/1.926 sFn* = 2.151/2.060 roF* = 0.484/0.486)			
Fator de relação de contato	[Yeps]		0.69
Fator de distribuição de carga	[YLS]		1.00
Largura de dente determinante (mm)	[b]	75.00	75.00
Fator de engrenagem cônica (root)	[YK]		1.000
Tensão nominal do pé do dente (N/mm²)	[sigF0]	37.25	39.72
Tensão no pé do dente (N/mm²)	[sigF]	105.13	112.10

Tensão de pé do dente admissível de engrenagem de verificação

Sensibilidade ao entalhe	[YdreIT]	0.997	0.996
Fator de superfície	[YRrelT]	0.957	0.957
Fator dimensional (pé do dente)	[YX]	0.950	0.950
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[YNT]	0.926	0.926
	[YdreIT*YRrelT*YX*YNT]	0.839	0.838
Coeficiente de flexão alternada (fator de tensão média)	[YM]	1.000	1.000
Fator de correção de tensão	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm²)	[sigFE]	740.00	740.00
Tensão de pé do dente admissível (N/mm²)	[sigFP]	621.09	620.46
Segurança nominal	[SFmin]	1.40	1.40
Fator de segurança para tensão do pé do dente	[SF=sigFP/sigF]	5.91	5.54

4. SEGURANÇA DOS FLANCOS

	----- ENGRENAGEM 1 -----	ENGRENAGEM 2 -----
Fator de zona	[ZH]	2.49
Fator de elasticidade ($\sqrt{N/mm^2}$)	[ZE]	189.81
Fator de distribuição de carga	[ZLS]	1.000
Fator helicoidal	[Zbet]	1.000
Fator de engrenagem cônica (flanco)	[ZK]	0.800
Comprimento médio da linha de contato (mm)	[l _{bm}]	73.71
Comprimento c. linha contato projetado (mm)	[l _{bm'}]	73.71
Largura de dente determinante (mm)	[b=l _{bm}]	73.71
Fator de zona intermediária	[ZM-B]	1.003
Pressão de flancos nominal (N/mm ²)	[sigH0]	330.20
Compressão de flancos efetiva (N/mm ²)	[sigH]	531.03
Fator de lubrificante (com NL)	[ZL]	0.992
Fator de velocidade (com NL)	[ZV]	0.960
Fator de rugosidade (com NL)	[ZR]	0.992
Fator de combinação de material (com NL)	[ZW]	1.000
Fator de fadiga a baixo número de ciclos	[ZNT]	0.969
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.915
Um pitting limitado permitido:	não	
Fator dimensional (flanco)	[ZX]	1.000
Pressão de flancos admissível (N/mm ²)	[sigHP]	1116.85
Segurança nominal	[SHmin]	1.00
Segurança para pressão de flancos	[SH=sigHP/sigH]	2.10

5. RESISTÊNCIA À RASPAGEM (SCUFFING)

Método de cálculo em conformidade com ISO TR 13989:2000

Fator de lubrificação (para tipo de lubrificação)	[XS]	1.200	
Teste de gripagem e nível de carga	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Fator de engrenagem múltipla	[Xmp]	1.000	
Coefficiente relativo de estrutura (gripagem)	[XWrelT]	1.000	
Coefficiente de contato térm. (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM]	13.780	13.780
Recuo da cabeça determinante (μm)	[Ca]	3.40	3.40
Recuo ótimo da cabeça (μm)	[Ceff]	12.66	
Ca enquanto valor ótimo assumido no cálculo (0=não, 1=sim)		0	0
Largura de dente determinante (mm)	[beff]	63.750	
Força tangencial/largura de dente determinantes (N/mm)	[wBt]	435.824	
K _{bg} = 1.000, wBt*K _{bg} = 435.824			
Fator de ângulo (ε1:0.844, ε2:0.844)	[Xalfbet]	0.978	
Critério de temperatura de flash			
Fator de lubrificante	[XL]	0.856	
Temperatura de massa (°C)	[theMi]	84.17	
(theMi = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm)			
temperatura instantânea média (°C)	[theflm]	7.40	
Temperatura de raspagem (scuffing) (°C)	[theS]	357.28	
Coordenada Gamma (local da temp. máxima)	[Gamma]	-0.329	
[Gamma.A]=-0.412 [Gamma.E]=0.412			

Temp. máxima contato. (°C)	[theB]	94.67
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de início de engrenagem	[XJ]	1.012
Fator de aplicação da força	[XGam]	0.391
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaM]	22.52 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito	[mym]	0.067
Segurança nominal	[SBmin]	2.000
Coefficiente de segurança para gripagem (scuffing) (temperatura instantânea)	[SB]	18.907

Critério de temperatura integral		
Fator de lubrificante	[XL]	1.000
Temperatura de massa (°C)	[theMC]	82.82
(theMC = theoil + XS*0.70*theflaint)		
temperatura instantânea em media (°C)	[theflaint]	3.36
Temperatura integral de raspagem (scuffing) (°C)	[theSint]	361.99
Fator de flash ($^{\circ}\text{K}^{\circ}\text{N}^{\circ}\text{s}^{\circ}\text{m}^{\circ}\text{mm}$)	[XM]	50.058
Fator de entrada (totalmente introduzido)	[XE]	1.000
Fator de relação de contato	[Xeps]	0.252
Viscosidade dinâmica (mPa*s)	[etaOil]	22.52 (80.0 °C)
Coefficiente de atrito determinado	[mym]	0.054
Fator de geometria	[XBE]	0.319
Fator de engrenagem	[XQ]	1.000
Fator de Recuo da cabeça	[XCa]	1.709
Temperatura de flancos integral (°C)	[theint]	87.86
Segurança nominal	[SSmin]	1.800
Fator de segurança para raspagem (scuffing) (T. inter.)		
	[SSint]	4.120
Seg. p. torque de transmissão (Int.-T.)	[SSL]	35.876

6. DESVIOS LIMITE PARA A ESPESSURA DO DENTE

	----- ENGRENAGEM 1 -----		ENGRENAGEM 2 -----	
Tolerância de espessura de dente	Sem folga	Sem folga		
Desvio da espessura de dente na seção normal (mm)	[As.e/i]	0.000 / 0.000	0.000 / 0.000	

As indicações que se seguem são válidas para o centro da largura de dente
(ISO23509):

Espessura de dente (corda) no círculo de referência (mm)				
	[smnc]	16.182	15.223	
(mm)	[smnc.e/i]	16.182 / 16.182	15.223 / 15.223	
Altura acima da corda a partir de dam (mm)	[hamc]	10.131	10.116	

As indicações que se seguem são válidas para a extremidade externa da largura de dente:

Espessura de dente (corda) no círculo de referência (mm)				
	[senc]	19.615	18.453	
(mm)	[senc.e/i]	19.615 / 19.615	18.453 / 18.453	
Altura acima da corda a partir de dae (mm)	[haec]	12.280	12.262	

Folga na circunferência primitiva (mm)	[jmt]	-0.000 / -0.000
(mm)	[jet]	-0.000 / -0.000
Folga de engrenamento normal (mm)	[jmn]	-0.000 / -0.000
(mm)	[jen]	-0.000 / -0.000

Deslocamento axial para a folga entre dentes predeterminada:

Folga desejada entre dentes devido ao deslocamento axial (mm)	[Delj]	0.200

Folga adicional entre dentes por engrenagem (mm)	[Delj1,2]	0.100	0.100
Deslocamento axial necessário por engrenagem (mm)	[alf1,2]	0.194	0.194

Folga entre dentes para o deslocamento axial predeterminado:

Modificação da medida de montagem (mm)	[alf1,2]	0.100	0.100
Folga adicional entre dentes por engrenagem (mm)	[Delj1,2]	0.051	0.051

7. TOLERÂNCIAS DO DENTADO

----- ENGRENAGEM 1 ----- ENGRENAGEM 2 --

Em conformidade com

ISO 17485:2006:

Qualidade de engrenagem	[Q-ISO17485]	6	6
(Diâmetro (mm))	[dT]	250.00	250.00
Desvio individual do passo (µm)	[fpT]	18.00	18.00
Desvio total do passo (µm)	[FpT]	57.00	57.00
Desvio da concentricidade (µm)	[FrT]	45.00	45.00
Salto de engrenamento sobre um flanco (µm)	[fisTmax/fisTmin]	39.00/ 4.00	39.00/ 4.00
(fisTmax, fisTmin: ISO 17485:2006, Table B1, q=2)			
Divergência de engrenamento sobre um único flanco (µm)	[FisT]	96.00	96.00

9. CORREÇÕES E CONFIRMAÇÃO DA FORMA DO PERFIL DO DENTE

Dados para cálculo do perfil do dente:

Dados inexistentes.

10. DADOS COMPLEMENTARES

Dados de entrada para o cálculo das dimensões das engrenagens em conformidade com

ISO 23509:2006

Dados do tipo 1 (segundo a Tabela 3, ISO 23509:2006):

xhm1= 0.0000 khap= 1.0000 khfp= 1.2500 xsmn= 0.0240

Dados do tipo 2 (segundo a Tabela 3, ISO 23509:2006):

cham= 0.5000 kd= 2.0000 kc= 0.1250 kt= 0.0480

Cálculo em conformidade com Wech

Coefficiente de atrito	[mum]	0.076
Velocidade total (m/s)	[vSigm]	1.042
Fator de dissipação	[HV]	0.109
Dissipação de potência do dente devido a carga (kW)	[PVZ]	0.124
Grau de eficiência dos dentes (%)	[etaz]	99.171

Wech-Data: VR = 0.771 VS = 1.000 VZ = 0.960

XL = 1.000 Kgm = 0.000 (0.200)

ronC = 30.23 mm (16.00 mm) Fn*Cos(betb2)/b2 = 139.69 N/mm (150.00 N/mm)

etaOil(Oil) = 22.52 mPa*s VSigm = 1.04 m/s

Peso - calculado com da (g)	[Mass]	0.00	0.00

11. VIDA ÚTIL, DANO

Segurança nominal pé do dente	[SFmin]	1.40

Segurança nominal flanco do dente [SHmin] 1.00

Vida útil (calculada com seguranças nominais):

Tempo de vida útil do sistema (h) [Hatt] > 1000000

Tempo de vida útil do pé do dente (h) [HFatt] 1e+006 1e+006

Tempo de vida útil do flanco do dente (h) [HHatt] 1e+006 1e+006

Indicação: A indicação 1e+006 h significa que a vida útil é > 1.000.000 h.

Dano calculado com base na vida útil nominal [H] (20000.0 h)

F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	0.00	0.00

Cálculo dos fatores para a confirmação da confiabilidade R(t) em conformidade com B.Bertsche, com distribuição Weibull:

$R(t) = 100 * \exp(-((t^{*}fac - t_0)/(T - t_0))^b) \%$; t (h)

Engr enag em		fac	b	t0	T	R(H)%
1	Pé do dente	6984	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
1	Flanco do dente	6984	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00
2	Pé do dente	6984	1.7	9.654e+029	1.484e+030	100.00
2	Flanco do dente	6984	1.3	9.014e+029	4.295e+030	100.00

Confiabilidade da configuração com vida útil nominal (%) 100.00 (Bertsche)

OBSERVAÇÕES:

- Indicações com [.e/i] significam: Valor máximo [e] e mínimo [i] perante Tomada em conta de todas as tolerâncias
- Indicações com [.m] significam: Valor médio na tolerância
- Sinal positivo dos vértices do cone (tzF,tzR) significa: Vértice do cone antes da linha central. Em conformidade com a norma ISO 23509.
- KV, KHa, KFa segundo o método B
- KHb, KFb segundo o método C
- Ydrel, YR segundo o método B1
- ZL, ZV, ZR segundo o método B
- Nos fatores ZL, ZV, ZR, ZW, ZX, YdrelT, YRrelT, YX wird der aus den Werten für die Dauerfestigkeit und die statische Festigkeit auf Grund der Lastwechselzahl logarithmisch interpolierte Wert angegeben.

Fim do Relatório

linhas: 551

ANEXO G: Ficha técnica do aço DIN Ck45

F 10 N



DESCRIÇÃO

Aço de construção base melhorado, com maior estabilidade dimensional em serviço ou em operações de maquinação. Aço com propriedades mecânicas garantidas e maior integridade microestrutural.

ESTADO DE FORNECIMENTO

Normalizado

APLICAÇÕES PRINCIPAIS

- Órgãos de Máquinas
- Veios e cavilhas
- Parafusos e porcas
- Peças para automóveis
- Navalhas
- Martelos
- Peças de maior exigência mecânica ou maior de estabilidade dimensional e estrutural

DUREZA DE FORNECIMENTO

- MIN: -
- MED: -
- MAX: -

COMPOSIÇÃO	SERVIÇOS	TRATAMENTOS TÉRMICOS	DOWNLOAD

NORMAS

EN: C45E +N / C45U +N

AISI: 1045

DIN: Ck45

PERFIS DISPONÍVEIS

	Espessura	Tolerância
Redondo	100 - 600 mm	EN 10060

W.NR.: 1.1191 / 1.1730		Espessura	Tolerância
FORNECIMENTO: EN 10083-1; EN 10083-2; EN 10250-2; EN ISO 4957	Rectangular	200 - 700 mm	EN 10029-C/D

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%) 1

	Min	Med	Max
C	0,42		0,50
Si			0,40
Mn	0,50		0,80
P			0,035
S			0,035

PROPRIEDADES FÍSICAS

Densidade : 7,84

Coeficiente de Dilatação Térmica, 10⁻⁶m/mK

20 a 100 °C	20 a 200 °C	20 a 300 °C	20 a 400 °C	20 a 500 °C	20 a 600 °C	20 a 700 °C
11,6	12,3	13,1	13,7	14,2	14,7	---

Condutibilidade Térmica, W/mK

20 °C	200 °C	300 °C	350 °C	400 °C	600°C	700 °C
15,1	---	---	---	---	---	---

Módulo de Elasticidade, GPa

Torneado (+SH)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperado e Revenido	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estirado (+C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Torneado (+SH)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperado e Revenido	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estirado (+C)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Torneado (+SH)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Atualizado em: 11.12.2017

ANEXO H: Relatórios dos Veios

Nome : V-1-2

Modificado por: João Filipe

Data: 01.09.2020

Hora: 10:47:44

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	454.000
Velocidade (1/min)	1855.70
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	7.757
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	8.657
Momento de inércia de massa (kg*mm ²)	4024.867
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	0.158
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

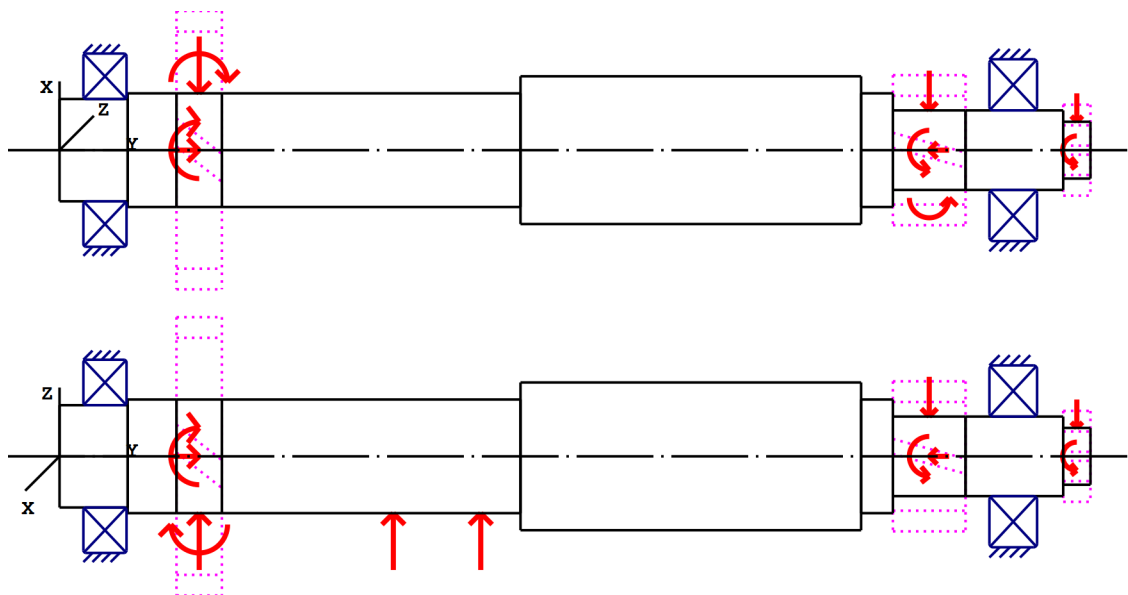


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (Eixo 1)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro) 0.000mm ... 30.000mm

Diâmetro (mm) [d] 45.0000

Comprimento (mm) [l] 30.0000

Rugosidade (μm) [Rz] 8.0000

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $R_z=8.0$, Rodado ($R_a=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Entalhe retangular (AE-V1-RE1-E)

$b=1.85$ (mm), $t=1.25$ (mm), $r=0.05$ (mm), $R_z=8.0$, Rodado ($R_a=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro) 30.000mm ... 203.000mm

Diâmetro (mm) [d] 50.0000

Comprimento (mm) [l] 173.0000

Rugosidade (μm) [Rz] 8.0000

Raio direita (Raio direita)

$r=0.50$ (mm), $R_z=8.0$, Rodado ($R_a=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Ranhura da chaveta (CP-EH134)

58.000mm ... 198.000mm

$l=140.00$ (mm), $R_z=8.0$, Rodado ($R_a=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Cilindro (Cilindro) 203.000mm ... 353.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	65.0000
Comprimento (mm)	[l]	150.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Cilindro (Cilindro) 353.000mm ... 367.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	50.0000
Comprimento (mm)	[l]	14.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 367.000mm ... 442.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	35.0000
Comprimento (mm)	[l]	75.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Entalhe retangular (AE-V1-RE2-E)

b=1.85 (mm), t=1.25 (mm), r=0.05 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Ranhura da chaveta (CP-EH2-1)

369.000mm ... 397.000mm

l=28.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 442.000mm ... 454.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	25.0000
Comprimento (mm)	[l]	12.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Ranhura da chaveta (CP-ER9-1)

443.000mm ... 453.000mm

l=10.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Forças

Tipo do elemento de força

Engrenagem cilíndrica

Designação no modelo

EH-1

Posição no eixo (mm) [y_{local}]

61.5000

Posição no sistema global (mm) [y_{global}]

61.5000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

122.4490

Ângulo oblíquo (°)

14.7941 direita

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

17.7354

Posição do contato (°)

30.0000

Comprimento da aplicação da força (mm)

20.0000

Potência (kW)

15.0000 acionado (entrada)

Torque (Nm)

-77.1889

Força axial (N)

332.9660

Força transversal X (N)	-991.5437
Força transversal Z (N)	883.3231
Momento fletor X (Nm)	-10.1928
Momento fletor Z (Nm)	17.6545

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica	
Designação no modelo	EH-2	
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	383.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	383.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		66.0000
Ângulo oblíquo (°)		15.2863 direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)		22.7059
Posição do contato (°)		0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		32.0000
Potência (kW)		15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		77.1889
Força axial (N)		-639.2947
Força transversal X (N)		-1014.6307
Força transversal Z (N)		-2339.0577
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-21.0967

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica	
Designação no modelo	EH-3	
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	147.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	147.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		30.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		7.1800
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica	
Designação no modelo	EH-4	
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	185.4999
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	185.4999
Comprimento da aplicação da força (mm)		35.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		10.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica	
Designação no modelo	ER-9	
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	448.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	448.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		40.0000
Dente reto		
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)		20.0000

Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	12.0000
Potência (kW)	0.1110 acionante (saída)
Torque (Nm)	0.5712
Força axial (N)	-0.0000
Força transversal X (N)	-10.3950
Força transversal Z (N)	-28.5599
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	-0.0000

Mancal

Designação no modelo	RE-1-1
Tipo de mancal	SKF 6209
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única) SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}] 20.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}] 20.000
Fixação do anel externo	Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d] 45.000
Diâmetro externo (mm)	[D] 85.000
Largura (mm)	[b] 19.000
Raio de canto (mm)	[r] 1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀] 21.600
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C] 35.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u] 0.915
Valores para a geometria aproximada:	
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}] 0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}] 0.000

Designação no modelo	RE-2-1
Tipo de mancal	SKF 6307
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única) SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}] 420.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}] 420.000
Fixação do anel externo	Mancal fixo
Diâmetro interno (mm)	[d] 35.000
Diâmetro externo (mm)	[D] 80.000
Largura (mm)	[b] 21.000
Raio de canto (mm)	[r] 1.500
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀] 19.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C] 35.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u] 0.815
Valores para a geometria aproximada:	
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}] 0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}] 0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-1' (y= 61.5000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
EI (y= 51.5000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), EI (y= 71.5000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), m (yS= 61.5000 (mm)): 0.6069 (kg)
Jp: 0.0008 (kg*m²), Jxx: 0.0004 (kg*m²), Jzz: 0.0004 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-2' (y= 383.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
EI (y= 367.0000 (mm)): 15174.3220 (Nm²), EI (y= 399.0000 (mm)): 15174.3220 (Nm²), m (yS= 383.0000 (mm)): 0.2608 (kg)
Jp: 0.0001 (kg*m²), Jxx: 0.0001 (kg*m²), Jzz: 0.0001 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'ER-9' (y= 448.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
EI (y= 442.0000 (mm)): 3950.0005 (Nm²), EI (y= 454.0000 (mm)): 3950.0005 (Nm²), m (yS= 448.0000 (mm)): 0.0318 (kg)
Jp: 0.0000 (kg*m²), Jxx: 0.0000 (kg*m²), Jzz: 0.0000 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	17.871
Posição do máximo (mm)	197.167
Centro de massa (mm)	222.458
Soma da carga axial (N)	-306.329
Torção sob torque (°)	0.020

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[uA]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[TB]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'RE-1-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	20.00	mm
Carga equivalente	[P]	1.14	kN
Carga equivalente	[P0]	1.14	kN
Fator para probabilidade de falha	[a1]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[Lnh]	260161.79	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm²/s
Fator de segurança estático	[S0]	18.90	
Força de reação do mancal	[Fx]	0.990	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	-0.570	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.143	kN (-29.94°)
Torque de reação do mancal	[Mx]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[My]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[Mz]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[Mr]	0.00	Nm (90°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[Mrr]	0.038	Nm

Torque de fricção	[M _{sl}]	0.007	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal		10000/1 EN:2013	
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.044	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	8.638	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-6.127	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-9.836	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	3.876	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	7.250	µm (147.68°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.051	mrad (-0.17')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.109	mrad (0.38')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.120	mrad (0.41')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'RE-2-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	420.00	mm
Carga equivalente	[P]	2.36	kN
Carga equivalente	[P ₀]	2.36	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	29642.95	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	8.06	
Força de reação do mancal	[F _x]	1.026	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.306	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	2.122	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	2.357	kN (64.2°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.067	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.034	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal		10000/1 EN:2013	
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.101	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	19.595	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-2.743	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-5.893	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	6.500	µm (-114.97°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.078	mrad (0.27')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.345	mrad (1.19')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.119	mrad (-0.41')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.143	mrad (0.49')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga B1 B2

1 7.69 67.47

Σ 7.69 67.47

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1 B2

42.52 87.71

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: RE-1-1

B2: RE-2-1

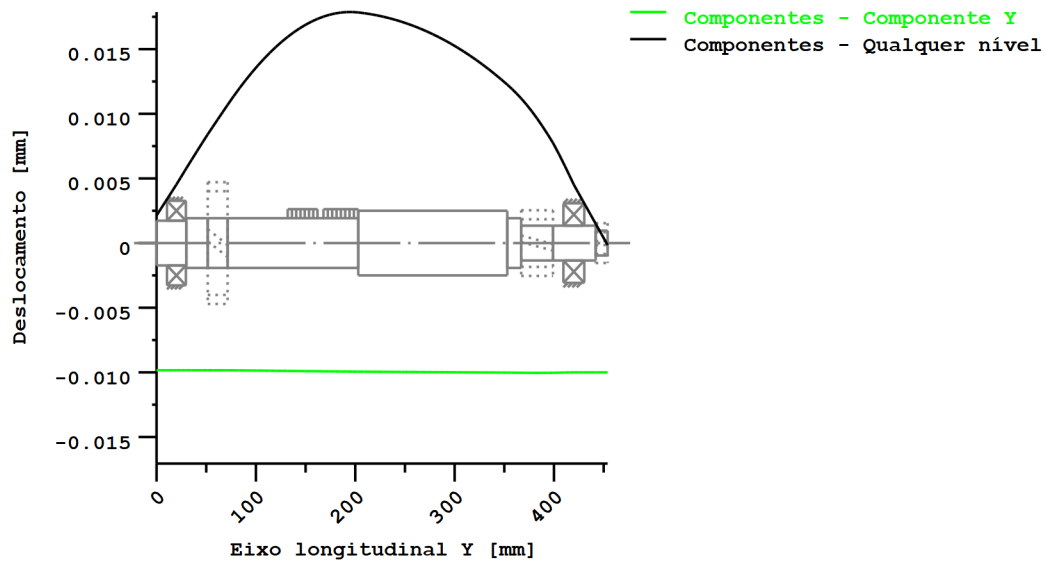
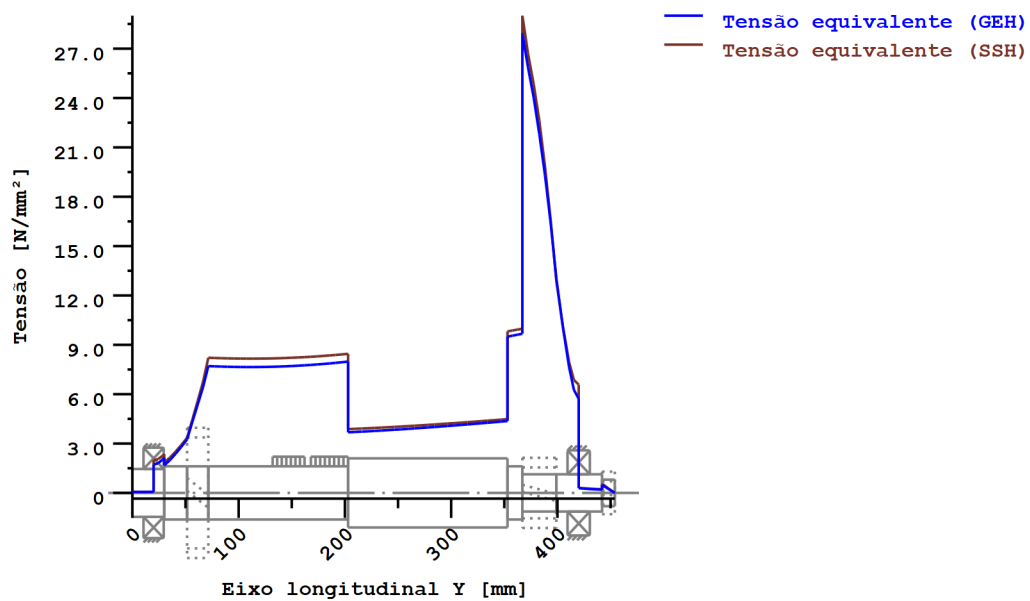


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 199.0294364 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012

Resumo

Eixo 1

Material	C45 (1)
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da resistência à fadiga e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coor Y) (mm)	
A-A	9.00	Conexão por interferência
B-B	30.00	Ressalto do eixo
C-C	203.00	Ressalto do eixo
D-D	353.00	Ressalto do eixo
E-E	367.00	Ressalto do eixo
F-F	432.00	Entalhe retangular
G-G	442.00	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	K _{fb}	K _{fσ}	K _{2d}	SD	SS
A-A	2.17	1.00	0.88	5821.16	4888.40
B-B	2.27	0.91	0.88	84.77	232.22
C-C	2.68	0.91	0.87	14.34	38.42
D-D	2.68	0.91	0.87	10.92	32.61
E-E	2.42	0.91	0.90	4.08	10.94
F-F	3.08	1.05	0.90	520.76	1382.69
G-G	2.14	0.91	0.92	638.96	793.44

Seguranças nominais: 1.20 1.20

Abreviaturas:

K_{fb}: Fator de entalhe flexão

K_{fσ}: Fator de superfície

K_{2d}: fator dimensional flexão

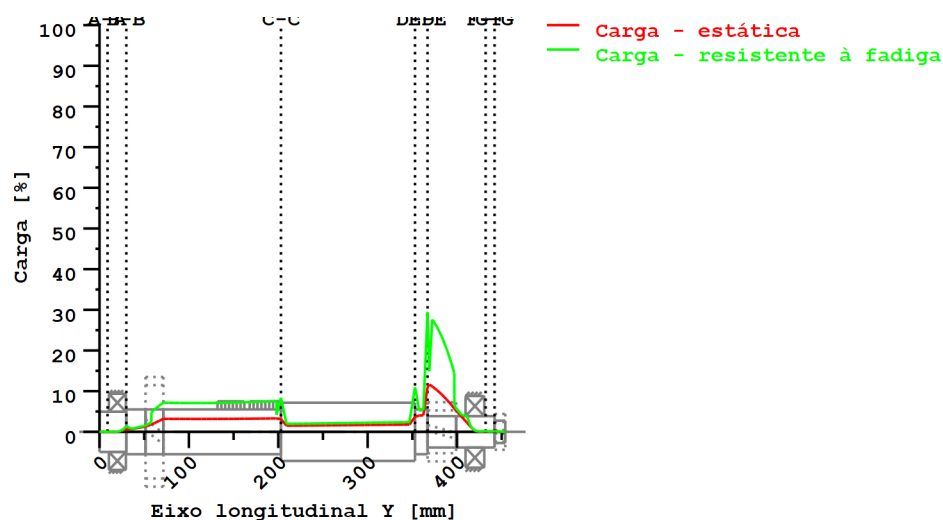
SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Utilização (%) [S_{min}/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.025	0.021
B-B	0.517	1.416
C-C	3.123	8.371
D-D	3.680	10.990
E-E	10.972	29.445

F-F	0.087	0.230
G-G	0.151	0.188
Utilização máxima (%)	[A]	29.445



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação	Eixo 1		
Desenho			
Comprimento (mm)	[l]	454.00	
Velocidade (1/min)	[n]	1855.70	

Material	C45 (1)
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000
Diâmetro de referência de material (mm)	[dB]	16.00		
σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm ²)				
	[σ_B]	700.00		
σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm ²)				
	[σ_S]	490.00		
[σ_{zdW}] (bei dB) (N/mm ²)		280.00		
[σ_{bW}] (bei dB) (N/mm ²)		350.00		

[τ_{tW}] (bei dB) (N/mm ²)	210.00
Espessura matéria-prima (mm)	[dWerkst] 70.00
Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3	
Valores de resistência de material determinados a partir da espessura da matéria-prima	
Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro bruto	
[σ_{Beff}] (N/mm ²)	583.34
[σ_{Seff}] (N/mm ²)	383.21
[σ_bF] (N/mm ²)	459.86
[τ_tF] (N/mm ²)	265.50
[σ_{BRand}] (N/mm ²)	628.00
[σ_{zdW}] (N/mm ²)	233.34
[σ_bW] (N/mm ²)	291.67
[τ_tW] (N/mm ²)	175.00

Resistência à fadiga perante esforço de nível único

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Conexão por interferência

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	9.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	45.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe	Conexão por interferência	
Característica:	Conexão por interferência fixa	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-0.0	0.0	0.3	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	0.0	0.3	1.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-0.1	0.0	1.0	1.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)				
[A, Wb, Wt, A]	1590.4	8946.2	17892.4	1590.4

Tensões: (N/mm ²)				
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_m , τ_{qm}] (N/mm ²)	-0.000	0.000	0.016	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_a , τ_{qa}] (N/mm ²)	0.000	0.002	0.016	0.001
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm ²)	-0.000	0.004	0.054	0.002

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_B)]	0.833
	[K1(σ_S)]	0.782

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	2.167	2.167	1.383
[dB] (mm) = 40.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.960	0.960	0.983
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.962	0.962	0.984
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.173	2.173	1.385
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.880	0.880
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000

O fator de rugosidade está incluído no coeficiente de efeito de entalhe, em conformidade com a norma

Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.173	2.468	1.573

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.028
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.016

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	107.398	118.188	111.249
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.101	0.113	0.105
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	13.377	33.596	100.641
Segurança contra fadiga	[S]		5821.161	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		485096.8	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	383.213	459.856	265.498
Segurança limite elástico	[S]		4888.404	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		407367.0	

Seção transversal 'B-B' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	30.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	45.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	50.000 0.500 2.500	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-0.0	0.0	0.3	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	11.5	0.3	1144.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-0.1	19.5	1.0	1946.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)				
[A, Wb, Wt, A]	1590.4	8946.2	17892.4	1590.4

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	-0.000	0.000	0.016	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.000	1.280	0.016	0.960
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)	-0.000	2.176	0.054	1.632

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.833
	[K1(σS)]	0.782

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	3.207	2.961	1.930
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.020	5.020	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.303	1.303	1.205
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.460	2.271	1.601
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.880	0.880
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.562	2.682	1.874

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σ _m V]	0.028
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τ _m V]	0.016

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	91.069	108.761	93.366
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.085	0.103	0.087
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	15.384	108.520	85.895
Segurança contra fadiga	[S]		84.769	
Segurança nominal contra fadiga	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		7064.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.150	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	440.695	505.841	265.498
Segurança limite elástico	[S]		232.221	
Segurança nominal	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		19351.8	

Seção transversal 'C-C' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	203.000
Diâmetro externo (mm)	[d _a]	50.000
Diâmetro interno (mm)	[d _i]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	65.000 0.500 7.500	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-166.5	0.0	38.9	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	166.5	64.8	38.9	294.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-566.1	110.1	132.2	500.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		1963.5	12271.8	24543.7	1963.5

Tensões: (N/mm ²)				
[σ _{zdm} , σ _{bm} , τ _m , τ _{qm}] (N/mm ²)	-0.085	0.000	1.584	0.000
[σ _{zda} , σ _{ba} , τ _a , τ _{qa}] (N/mm ²)	0.085	5.277	1.584	0.200
[σ _{zdmax} , σ _{bmax} , τ _{max} , τ _{qmax}] (N/mm ²)	-0.288	8.970	5.386	0.340

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.833
	[K1(σS)]	0.782

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	3.960	3.484	2.264
Quebra de tensão relacionada	[G']	4.863	4.863	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.299	1.299	1.205
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	3.049	2.683	1.879
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.873	0.873
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	3.151	3.174	2.207

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σ _{mV}]	2.742
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τ _{mV}]	1.583

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	74.059	91.908	79.291
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.068	0.086	0.073
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	13.218	87.997	73.904
Segurança contra fadiga	[S]		14.336	
Segurança nominal contra fadiga	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		1194.7	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.150	1.150	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	440.695	528.834	265.498
Segurança limite elástico	[S]		38.419	
Segurança nominal	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		3201.6	

Seção transversal 'D-D' Ressalto do eixo

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		353.000	
Diâmetro externo (mm)	[d _a]		50.000	
Diâmetro interno (mm)	[d _i]		0.000	
Efeito de entalhe				Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	65.000	0.500	7.500	
Rugosidade média (μm)		[R _z]		8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-166.5	0.0	38.9	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	166.5	90.3	38.9	256.2
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-566.1	153.5	132.2	435.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
	[A, Wb, Wt, A]	1963.5	12271.8	24543.7	1963.5
Tensões: (N/mm ²)					
	[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	-0.085	0.000	1.584	0.000
	[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.085	7.359	1.584	0.174
	[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)	-0.288	12.511	5.386	0.296
Efeito tecnológico de tamanhos					
	[K1(σB)]	0.833			
	[K1(σS)]	0.782			

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma				
	[a]	3.960	3.484	2.264
Quebra de tensão relacionada				
	[G']	4.863	4.863	2.300
Sensibilidade ao entalhe				
	[n]	1.299	1.299	1.205
Coeficiente de efeito de entalhe				
	[β]	3.049	2.683	1.879
Efeito geométrico de tamanhos				
	[K2(d)]	1.000	0.873	0.873
Fator de influência rugosidade da superfície				
	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície				
	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total				
	[K]	3.151	3.174	2.207

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	2.742
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	1.583

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	74.059	91.908	79.291
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.068	0.086	0.073
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	13.218	89.069	73.904
Segurança contra fadiga	[S]		10.919	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		909.9	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.150	1.150	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	440.695	528.834	265.498
Segurança limite elástico	[S]		32.605	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2717.1	

Seção transversal 'E-E' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	367.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	35.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	50.000 0.500 7.500	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		-166.5	0.0	38.9	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		166.5	93.1	38.9	254.0
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-566.1	158.2	132.2	431.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					
[A, Wb, Wt, A]		962.1	4209.2	8418.5	962.1

Tensões: (N/mm²)					
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)		-0.173	0.000	4.618	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)		0.173	22.107	4.618	0.352
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)		-0.588	37.581	15.703	0.599

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.833
	[K1(σS)]	0.782

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	3.607	3.148	2.115
Quebra de tensão relacionada	[G']	4.863	4.863	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.299	1.299	1.205
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.777	2.424	1.755
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.897	0.897
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.879	2.804	2.012

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	7.997
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	4.617

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	81.042	104.028	86.981
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.075	0.098	0.081
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	9.335	100.470	80.498
Segurança contra fadiga	[S]		4.075	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		339.6	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.150	1.150	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm²)

	[σFK]	440.695	528.834	265.498
Segurança limite elástico	[S]		10.937	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		911.4	

Seção transversal 'F-F' Entalhe retangular

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		432.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		35.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	
Efeito de entalhe			Entalhe retangular	
[d, r, t, m] (mm)		32.50	0.05	1.25
Rugosidade média (μm)	[Rz]			8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		0.0	0.0	0.3	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.0	0.5	0.3	31.8
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		0.0	0.9	1.0	54.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		829.6	3370.2	6740.3	829.6

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.042	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)		0.000	0.149	0.042	0.051
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)		0.000	0.253	0.144	0.087

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	0.833
[K1(σS)]	0.782

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	3.359	3.072	2.500
[dB] (mm) = 30.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.948	0.952	0.961
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.951	0.955	0.963
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	3.369	3.080	2.506
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.902	0.902
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.047	1.047	1.025
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	3.324	3.369	2.753

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.073
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.042

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

[σWK]	70.194	86.565	63.575

Fator de influência sens. média tensão.

	[$\psi\sigma_K$]	0.064	0.080	0.058
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σ_{ADK}]	5.924	83.272	60.110
Segurança contra fadiga	[S]		520.760	
Segurança nominal contra fadiga	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		43396.6	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K _{2F}]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γ_F]	1.150	1.150	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σ_{FK}]	440.695	528.834	265.498
Segurança limite elástico	[S]		1382.690	
Segurança nominal	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		115224.1	

Seção transversal 'G-G' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	442.000
Diâmetro externo (mm)	[d _a]	25.000
Diâmetro interno (mm)	[d _i]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	35.000 0.500 5.000	
Rugosidade média (μm)	[R _z]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[F _{zdm} , M _{bm} , T _m , F _{qm}]		0.000	0.000	0.286	0.000
Deflexão (amplitude) [F _{zda} , M _{ba} , T _a , F _{qa}]		0.000	0.187	0.286	31.112
Valor máximo [F _{zdmax} , M _{bmax} , T _{max} , F _{qmax}]		0.000	0.317	0.971	52.891
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, W _b , W _t , A]		490.874	1533.981	3067.962	490.874

Tensões: (N/mm²)

[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_m , τ_{qm}] (N/mm ²)		0.000	0.000	0.093	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_a , τ_{qa}] (N/mm ²)		0.000	0.122	0.093	0.085
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm ²)		0.000	0.207	0.317	0.144

Efeito tecnológico de tamanhos	[K ₁ (σ_B)]	0.833
	[K ₁ (σ_S)]	0.782

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	3.165	2.787	1.925
Quebra de tensão relacionada	[G']	4.914	4.914	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.300	1.300	1.205
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.434	2.144	1.597
Efeito geométrico de tamanhos	[K ₂ (d)]	1.000	0.920	0.920
Fator de influência rugosidade da superfície	[K _F]	0.908	0.908	0.947
Fator de endurecimento da superfície	[K _V]	1.000	1.000	1.000

Fator de influência total	[K]	2.536	2.433	1.792

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.161
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.093

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	92.025	119.896	97.632

Fator de influência sens. média tensão.

	[ψσK]	0.086	0.115	0.091
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	2.716	104.098	89.462
Segurança contra fadiga	[S]		638.958	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		53246.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.150	1.100	1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm²)

	[σFK]	440.695	505.841	265.498
Segurança limite elástico	[S]		793.440	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		66120.0	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
- Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.

Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

Fim do Relatório

linhas: 959

Nome : V-1-2-2

Modificado por: João Filipe

Data: 01.09.2020

Hora: 10:46:21

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	454.000
Velocidade (1/min)	1855.70
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coefficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	7.757
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	8.657
Momento de inércia de massa (kg*mm ²)	4024.867
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	0.158
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

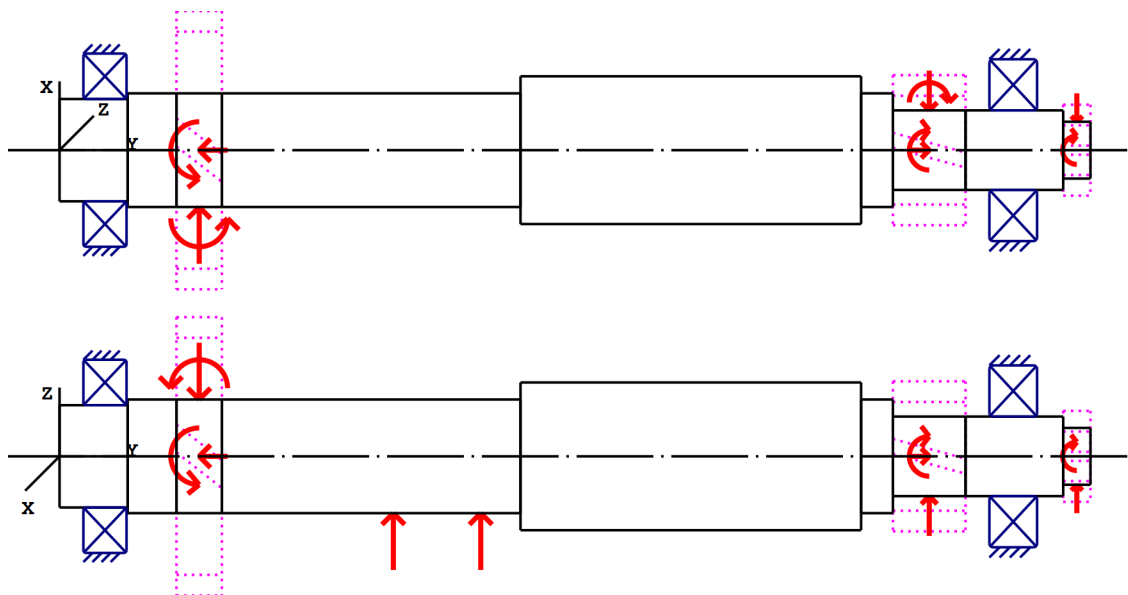


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força

Engrenagem cilíndrica

Designação no modelo

EH-1

Posição no eixo (mm) [ylocal]

61.5000

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

61.5000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

122.4490

Ângulo oblíquo (°)

14.7941 direita

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

17.7354

Posição do contato (°)

30.0000

Comprimento da aplicação da força (mm)

20.0000

Potência (kW)

15.0000 acionado (entrada)

Torque (Nm)

77.1889

Força axial (N)

-332.9660

Força transversal X (N)

269.2084

Força transversal Z (N)

-1300.3636

Momento fletor X (Nm)

10.1928

Momento fletor Z (Nm)

-17.6545

Tipo do elemento de força

Engrenagem cilíndrica

Designação no modelo

EH-2

Posição no eixo (mm) [ylocal]

383.0000

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

383.0000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

66.0000

Ângulo oblíquo (°)

15.2863 direita

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

22.7059

Posição do contato (°)

0.0000

Comprimento da aplicação da força (mm)

32.0000

Potência (kW)

15.0000 acionante (saída)

Torque (Nm)

-77.1889

Força axial (N)	639.2947
Força transversal X (N)	-1014.6307
Força transversal Z (N)	2339.0577
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	21.0967

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-3
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	147.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	147.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		30.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		7.1800
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-4
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	185.4999
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	185.4999
Comprimento da aplicação da força (mm)		35.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		10.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		ER-9
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	448.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	448.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		40.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		12.0000
Potência (kW)		0.1110 acionante (saída)
Torque (Nm)		-0.5712
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		-10.3950
Força transversal Z (N)		28.5599
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		RE-1-1
Tipo de mancal		SKF 6209
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	20.000

Posição do mancal (mm)	[yglobal]	20.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	45.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	85.000
Largura (mm)	[b]	19.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	21.600
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	35.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.915
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		RE-2-1
Tipo de mancal		SKF 6307
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	420.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	420.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo
Diâmetro interno (mm)	[d]	35.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	80.000
Largura (mm)	[b]	21.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.500
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	19.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	35.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.815
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-1' (y= 61.5000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 51.5000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), EI (y= 71.5000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), m (yS= 61.5000 (mm)): 0.6069 (kg)
 Jp: 0.0008 (kg*m²), Jxx: 0.0004 (kg*m²), Jzz: 0.0004 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-2' (y= 383.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 367.0000 (mm)): 15174.3220 (Nm²), EI (y= 399.0000 (mm)): 15174.3220 (Nm²), m (yS= 383.0000 (mm)): 0.2608 (kg)
 Jp: 0.0001 (kg*m²), Jxx: 0.0001 (kg*m²), Jzz: 0.0001 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'ER-9' (y= 448.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 442.0000 (mm)): 3950.0005 (Nm²), EI (y= 454.0000 (mm)): 3950.0005 (Nm²), m (yS= 448.0000 (mm)): 0.0318 (kg)
 Jp: 0.0000 (kg*m²), Jxx: 0.0000 (kg*m²), Jzz: 0.0000 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (μm)	8.295
Posição do máximo (mm)	377.667
Centro de massa (mm)	222.458
Soma da carga axial (N)	306.329
Torção sob torque ($^{\circ}$)	-0.020

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u_A]	10.00	μm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T_B]	80.00	$^{\circ}\text{C}$
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'RE-1-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	20.00	mm
Carga equivalente	[P]	1.02	kN
Carga equivalente	[P_0]	1.02	kN
Fator para probabilidade de falha	[a_1]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L_{nh}]	364912.17	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm^2/s
Fator de segurança estático	[S_0]	21.16	
Força de reação do mancal	[Fx]	-0.157	kN
Força de reação do mancal	[Fy]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[Fz]	1.009	kN
Força de reação do mancal	[Fr]	1.021	kN (98.83°)
Torque de reação do mancal	[Mx]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[My]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[Mz]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[Mr]	0.00	Nm (11.11°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M_{rr}]	0.035	Nm
Torque de fricção	[M_{sl}]	0.006	Nm
Torque de atrito das vedações	[M_{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito das vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M_{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M_{loss}]	0.041	Nm
Potência dissipada	[P_{loss}]	7.979	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u_x]	1.140	μm
Deslocamento do mancal	[u_y]	9.836	μm
Deslocamento do mancal	[u_z]	-7.160	μm
Deslocamento do mancal	[u_r]	7.250	μm (-80.95°)
Inclinação do mancal	[r_x]	0.027	mrad ($0.09'$)
Inclinação do mancal	[r_y]	-0.000	mrad ($0'$)
Inclinação do mancal	[r_z]	-0.014	mrad ($-0.05'$)
Inclinação do mancal	[r_r]	0.030	mrad ($0.1'$)

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'RE-2-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	420.00	mm
Carga equivalente	[P]	2.21	kN
Carga equivalente	[P ₀]	2.21	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	36180.99	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	8.61	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.913	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	-0.306	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-2.008	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	2.206	kN (-65.56°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.066	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.030	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.096	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	18.739	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-2.680	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	10.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	5.922	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	6.500	µm (114.35°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.050	mrad (-0.17')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.345	mrad (-1.19')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.003	mrad (-0.01')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.050	mrad (0.17')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	5.48	55.28

Σ 5.48 55.28

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2

37.99 82.07

Indicação: Utilização = (Lreq/Lh)^(1/k)

Rolamento de esferas: k = 3, mancal de rolamento: k = 10/3

B1: RE-1-1

B2: RE-2-1

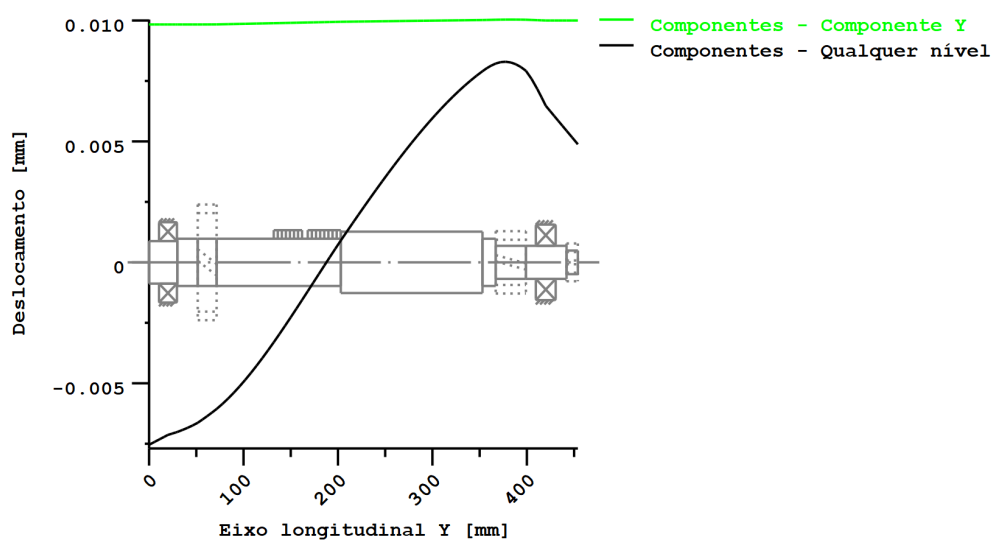
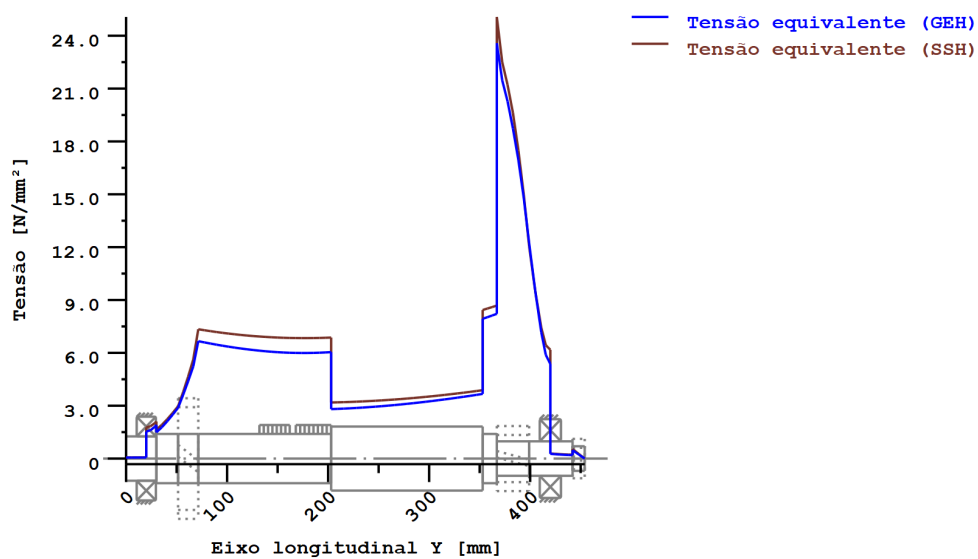


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 109.3343867 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Nome : V-1-3

Modificado por: João Filipe

Data: 01.09.2020

Hora: 10:49:18

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	454.000
Velocidade (1/min)	1855.70
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	7.757
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	8.713
Momento de inércia de massa (kg*mm ²)	4168.332
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	0.164
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

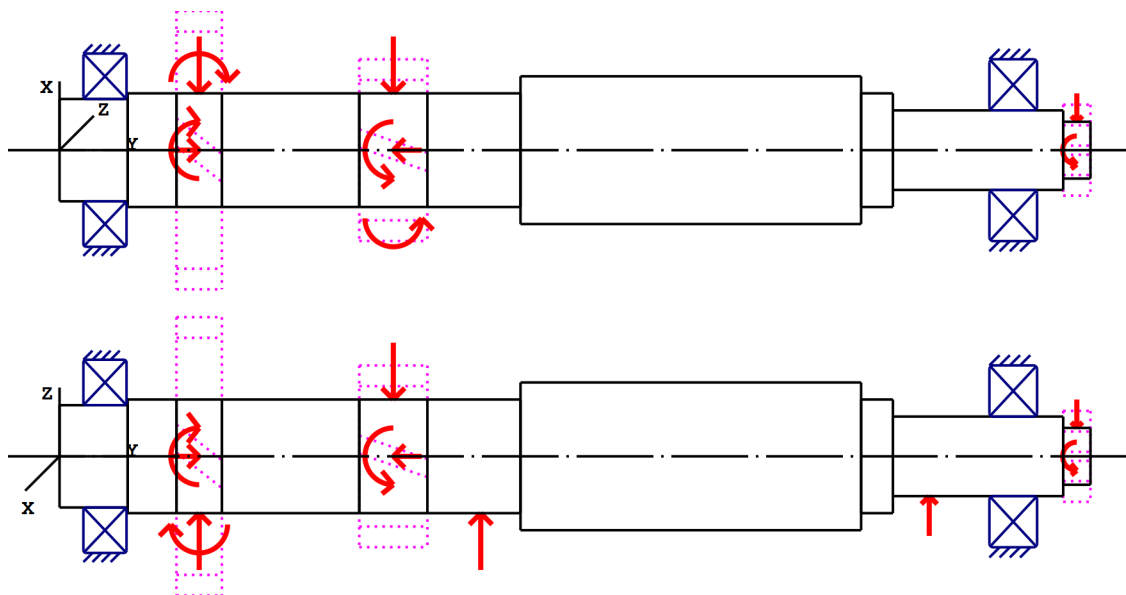


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [ylocal]

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

Ângulo oblíquo (°)

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

Posição do contato (°)

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Força transversal X (N)

Força transversal Z (N)

Momento fletor X (Nm)

Momento fletor Z (Nm)

Engrenagem cilíndrica

EH-1

61.5000

61.5000

122.4490

14.7941 direita

17.7354

30.0000

20.0000

15.0000 acionado (entrada)

-77.1889

332.9660

-991.5437

883.3231

-10.1928

17.6545

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [ylocal]

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

Ângulo oblíquo (°)

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

Posição do contato (°)

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Engrenagem cilíndrica

EH-3

147.0000

147.0000

79.9219

14.9443 direita

19.4184

0.0000

30.0000

15.0000 acionante (saída)

77.1889

Força axial (N)	-515.5602
Força transversal X (N)	-704.7607
Força transversal Z (N)	-1931.6089
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	-20.6023

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-2
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	383.0001
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	383.0001
Comprimento da aplicação da força (mm)		32.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		6.2700
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-4
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	185.4999
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	185.4999
Comprimento da aplicação da força (mm)		35.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		10.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		ER-9
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	448.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	448.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		40.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.0000
Posição do contato (°)		0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		12.0000
Potência (kW)		0.1110 acionante (saída)
Torque (Nm)		0.5712
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		-10.3950
Força transversal Z (N)		-28.5599
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Mancal

Designação no modelo		RE-1-1
Tipo de mancal		SKF 6209
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	20.000

Posição do mancal (mm)	[yglobal]	20.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	45.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	85.000
Largura (mm)	[b]	19.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	21.600
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	35.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.915
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		RE-2-1
Tipo de mancal		SKF 6307
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	420.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	420.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo
Diâmetro interno (mm)	[d]	35.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	80.000
Largura (mm)	[b]	21.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.500
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	19.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	35.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.815
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-1' (y= 61.5000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 51.5000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), EI (y= 71.5000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), m (yS= 61.5000 (mm)): 0.6069 (kg)
 Jp: 0.0008 (kg*m²), Jxx: 0.0004 (kg*m²), Jzz: 0.0004 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-3' (y= 147.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 132.0000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), EI (y= 162.0000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), m (yS= 147.0000 (mm)): 0.3173 (kg)
 Jp: 0.0003 (kg*m²), Jxx: 0.0002 (kg*m²), Jzz: 0.0002 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'ER-9' (y= 448.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 442.0000 (mm)): 3950.0005 (Nm²), EI (y= 454.0000 (mm)): 3950.0005 (Nm²), m (yS= 448.0000 (mm)): 0.0318 (kg)
 Jp: 0.0000 (kg*m²), Jxx: 0.0000 (kg*m²), Jzz: 0.0000 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (μm)	30.342
Posição do máximo (mm)	185.500
Centro de massa (mm)	222.458
Soma da carga axial (N)	-182.594
Torção sob torque (°)	0.006

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	μm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'RE-1-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	20.00	mm
Carga equivalente	[P]	1.48	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.48	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	120409.39	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	14.62	
Força de reação do mancal	[F _x]	1.376	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.538	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	1.478	kN (21.34°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (-105.45°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.043	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.010	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.054	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	10.436	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante μ_{bl}=0,15.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-6.823	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.058	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-2.452	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	7.250	μm (-160.23°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.179	mrad (-0.62')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.130	mrad (0.45')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.221	mrad (0.76')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'RE-2-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	420.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.78	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.69	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	803995.77	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	27.44	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.330	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.183	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.608	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.692	kN (61.49°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.047	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.006	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.053	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	10.349	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-3.127	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-5.698	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	6.500	µm (-118.76°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.146	mrاد (0.5')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.112	mrاد (0.38')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.105	mrاد (-0.36')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.180	mrاد (0.62')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga B1 B2
1 16.61 2.49

Σ 16.61 2.49

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1 B2

54.97 29.19

Indicação: Utilização = (Lreq/Lh)^(1/k)

Rolamento de esferas: k = 3, mancal de rolamento: k = 10/3

B1: RE-1-1

B2: RE-2-1

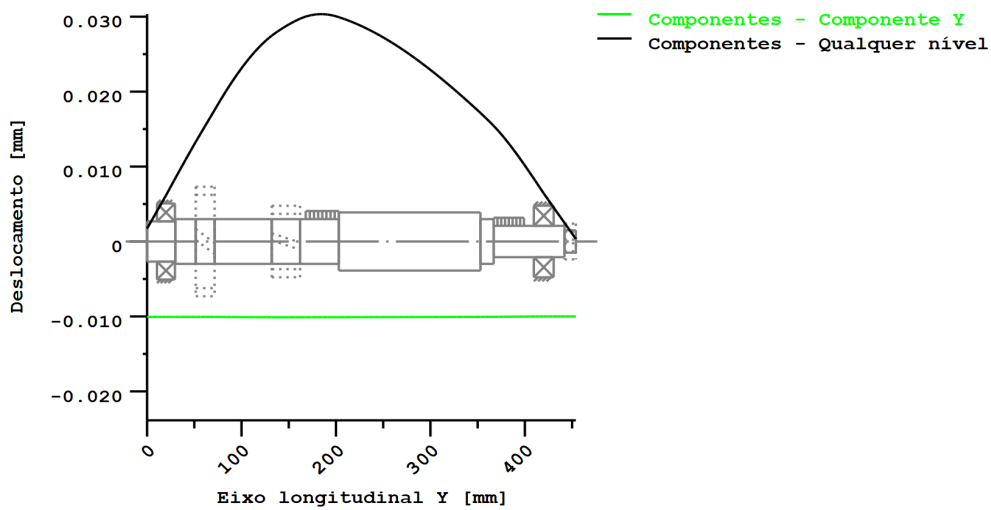
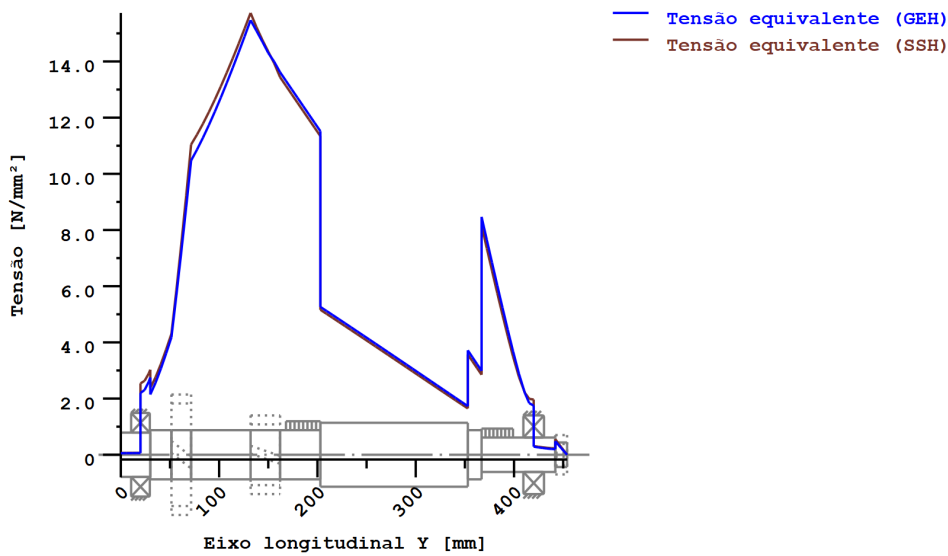


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 231.7816321 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Team-SolidSQUAD

Arquivo

Nome : V-1-4

Modificado por: João Filipe

Data: 01.09.2020

Hora: 10:44:28

Cálculo de veios, eixos e suportes**Dados de entrada**

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	454.000
Velocidade (1/min)	1855.70
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	7.757
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	8.978
Momento de inércia de massa (kg*mm ²)	4462.432
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	0.175
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

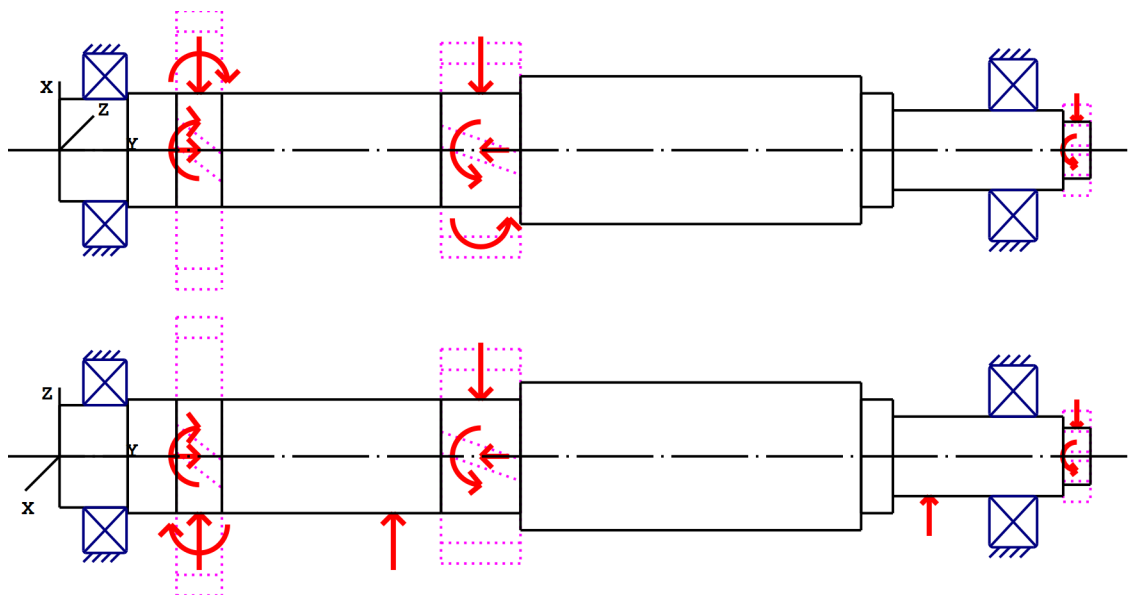


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força

Engrenagem cilíndrica

Designação no modelo

EH-1

Posição no eixo (mm) [ylocal]

61.5000

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

61.5000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

122.4490

Ângulo oblíquo (°)

14.7941 direita

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

17.7354

Posição do contato (°)

30.0000

Comprimento da aplicação da força (mm)

20.0000

Potência (kW)

15.0000 acionado (entrada)

Torque (Nm)

-77.1889

Força axial (N)

332.9660

Força transversal X (N)

-991.5437

Força transversal Z (N)

883.3231

Momento fletor X (Nm)

-10.1928

Momento fletor Z (Nm)

17.6545

Tipo do elemento de força

Engrenagem cilíndrica

Designação no modelo

EH-4

Posição no eixo (mm) [ylocal]

185.5000

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

185.5000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

94.2857

Ângulo oblíquo (°)

15.0115 direita

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

20.1174

Posição do contato (°)

0.0000

Comprimento da aplicação da força (mm)

35.0000

Potência (kW)

15.0000 acionante (saída)

Torque (Nm)

77.1889

Força axial (N)	-439.0760
Força transversal X (N)	-620.9356
Força transversal Z (N)	-1637.3404
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	-20.6993

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-2
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	383.0001
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	383.0001
Comprimento da aplicação da força (mm)		32.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		6.2700
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-3
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	147.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	147.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		30.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		7.1800
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		ER-9
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	448.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	448.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		40.0000
Dente reto		
Ângulo de pressão		Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)
		20.0000
Posição do contato (°)		0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		12.0000
Potência (kW)		0.1110 acionante (saída)
Torque (Nm)		0.5712
Força axial (N)		-0.0000
Força transversal X (N)		-10.3950
Força transversal Z (N)		-28.5599
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Mancal

Designação no modelo	RE-1-1
Tipo de mancal	SKF 6209
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)
	SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal] 20.000

Posição do mancal (mm)	[yglobal]	20.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	45.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	85.000
Largura (mm)	[b]	19.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	21.600
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	35.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.915
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		RE-2-1
Tipo de mancal		SKF 6307
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	420.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	420.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo
Diâmetro interno (mm)	[d]	35.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	80.000
Largura (mm)	[b]	21.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.500
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	19.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	35.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.815
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-1' (y= 61.5000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 51.5000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), EI (y= 71.5000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), m (yS= 61.5000 (mm)): 0.6069 (kg)
 Jp: 0.0008 (kg*m²), Jxx: 0.0004 (kg*m²), Jzz: 0.0004 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-4' (y= 185.5000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 168.0000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), EI (y= 203.0000 (mm)): 63200.0085 (Nm²), m (yS= 185.5000 (mm)): 0.5821 (kg)
 Jp: 0.0006 (kg*m²), Jxx: 0.0003 (kg*m²), Jzz: 0.0003 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'ER-9' (y= 448.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 442.0000 (mm)): 3950.0005 (Nm²), EI (y= 454.0000 (mm)): 3950.0005 (Nm²), m (yS= 448.0000 (mm)): 0.0318 (kg)
 Jp: 0.0000 (kg*m²), Jxx: 0.0000 (kg*m²), Jzz: 0.0000 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (μm)	26.287
Posição do máximo (mm)	179.667
Centro de massa (mm)	222.458
Soma da carga axial (N)	-106.110
Torção sob torque (°)	0.010

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	μm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'RE-1-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	20.00	mm
Carga equivalente	[P]	1.27	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.27	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	188478.10	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	16.97	
Força de reação do mancal	[F _x]	1.260	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.181	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	1.273	kN (8.2°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (144.06°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.040	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.008	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.048	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	9.336	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante μ_{bl}=0,15.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-7.214	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-9.968	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-0.719	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	7.250	μm (-174.3°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.147	mrad (-0.51')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.124	mrad (0.43')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.193	mrad (0.66')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'RE-2-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	420.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.77	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.77	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	860348.80	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	24.77	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.363	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.106	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.676	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.767	kN (61.74°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.041	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.005	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.046	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	8.967	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-2.819	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-5.857	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	6.500	µm (-115.7°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.132	mrاد (0.45')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.167	mrاد (0.57')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.108	mrاد (-0.37')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.170	mrاد (0.58')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	10.61	2.32

Σ 10.61 2.32

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2

47.34 28.54

Indicação: Utilização = (Lreq/Lh)^(1/k)

Rolamento de esferas: k = 3, mancal de rolamento: k = 10/3

B1: RE-1-1

B2: RE-2-1

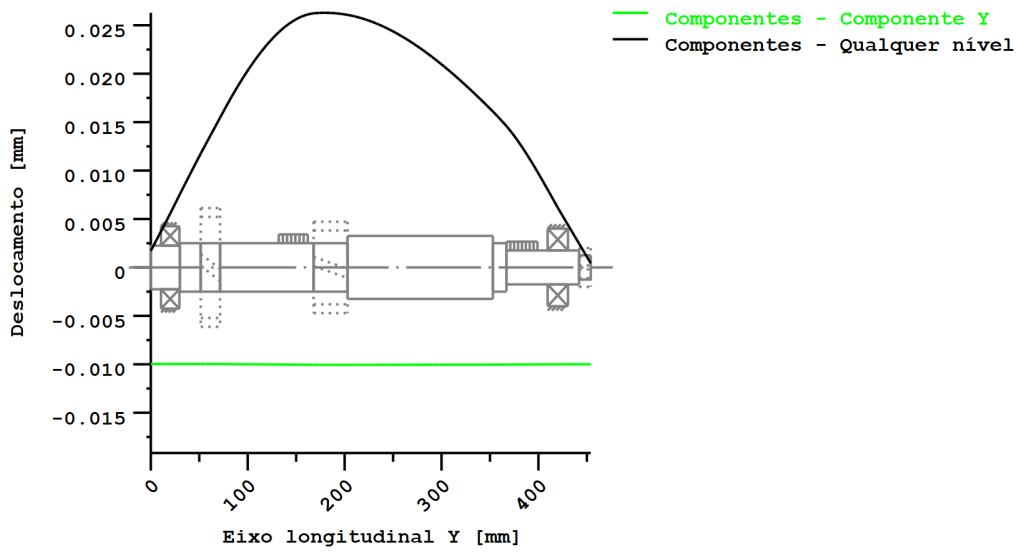
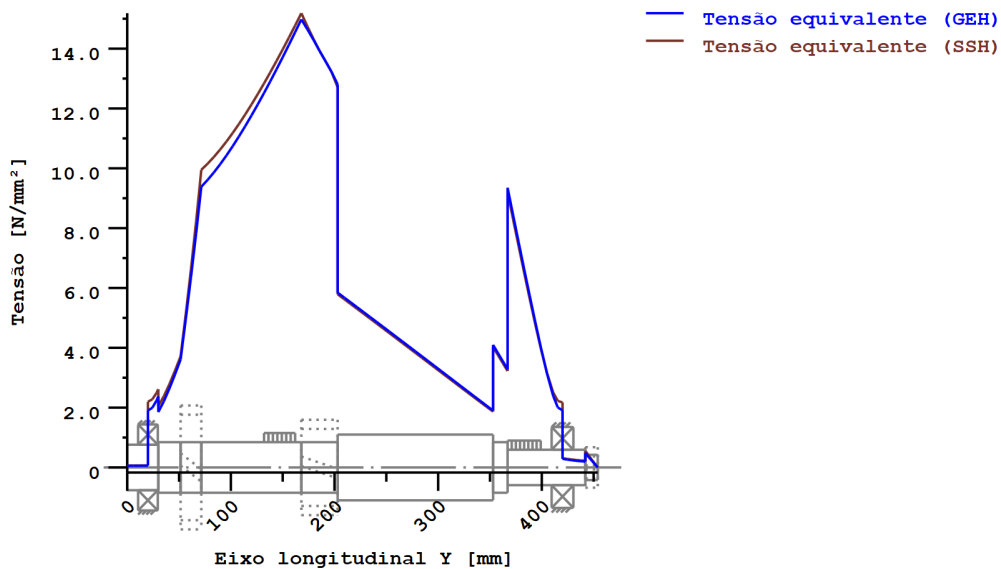


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 225.7057391 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Team-SolidSQUAD

Arquivo

Nome : V-2-2-5

Modificado por: João Filipe

Data: 05.09.2020

Hora: 09:09:44

Cálculo de veios, eixos e suportes**Dados de entrada**

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	967.000
Velocidade (1/min)	465.50
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	24.289
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	29.218
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.032
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.249
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

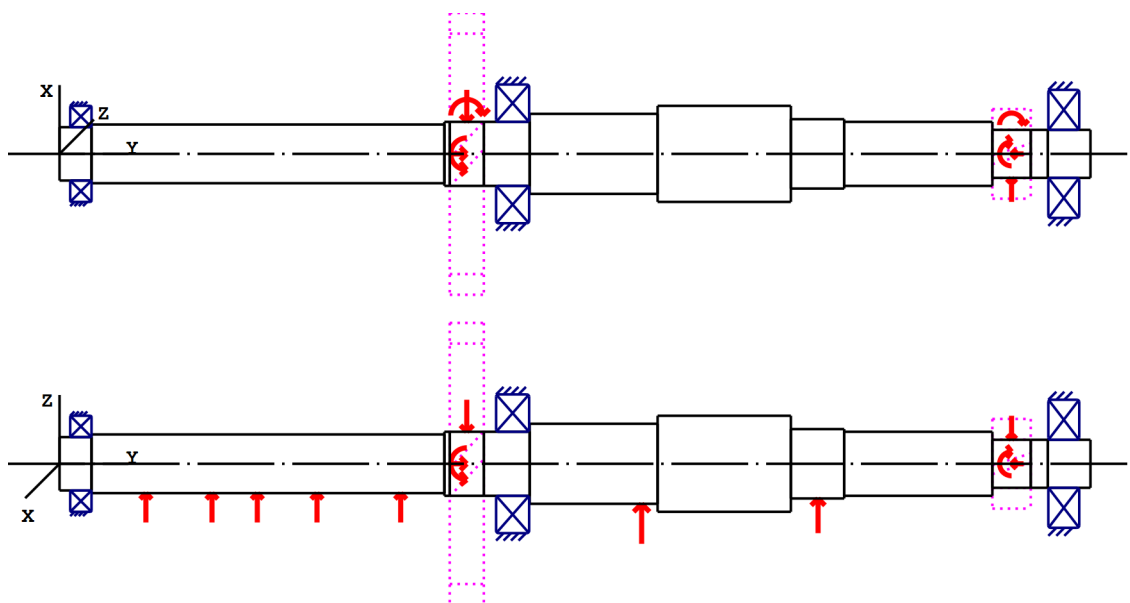


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (Eixo 1)

Contorno externo

Cilindro (Cilindro)			0.000mm ... 30.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	50.0000	
Comprimento (mm)	[l]	30.0000	
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000	

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)

Cilindro (Cilindro)			30.000mm ... 361.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000	
Comprimento (mm)	[l]	331.0000	
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000	

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta)	55.000mm ... 100.000mm
l=45.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)	

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta)	218.000mm ... 263.000mm
l=45.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)	

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta)	305.000mm ... 350.000mm
l=45.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)	

Cilindro (Cilindro) 361.000mm ... 441.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	60.0000
Comprimento (mm)	[l]	80.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 441.000mm ... 561.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	75.0000
Comprimento (mm)	[l]	120.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta)

516.000mm ... 556.000mm

l=40.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 561.000mm ... 686.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	90.0000
Comprimento (mm)	[l]	125.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 686.000mm ... 736.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	65.0000
Comprimento (mm)	[l]	50.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta)

689.000mm ... 734.000mm

l=45.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 736.000mm ... 875.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	60.0000
Comprimento (mm)	[l]	139.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 875.000mm ... 927.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	45.0000
Comprimento (mm)	[l]	52.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta)
l=30.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

880.000mm ... 910.000mm

Cilindro (Cilindro)		927.000mm ... 967.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	45.0000
Comprimento (mm)	[l]	40.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Forças

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

032-3

Posição no eixo (mm)	[y _{local}]	81.0000
Posição no sistema global (mm)	[y _{global}]	81.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		82.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		110.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

EH-3

Posição no eixo (mm)	[y _{local}]	143.0000
Posição no sistema global (mm)	[y _{global}]	143.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		32.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		93.4800
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

031

Posição no eixo (mm)	[y _{local}]	241.5000
Posição no sistema global (mm)	[y _{global}]	241.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)		65.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		86.5000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

032-2

Posição no eixo (mm)	[y _{local}]	319.9999
Posição no sistema global (mm)	[y _{global}]	319.9999

Comprimento da aplicação da força (mm)	82.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	110.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	EH-4
Posição no eixo (mm) [ylocal]	185.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	185.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)	35.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	70.5000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-2
Posição no eixo (mm) [ylocal]	382.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	382.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	264.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.2863 esquerda
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	22.7059
Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	32.0000
Potência (kW)	15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	307.7110
Força axial (N)	637.1316
Força transversal X (N)	-1011.1978
Força transversal Z (N)	-2331.1436
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	84.1014

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-5
Posição no eixo (mm) [ylocal]	893.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	893.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	84.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.1134 esquerda
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	21.1240
Posição do contato (°)	180.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	36.0000
Potência (kW)	15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	-307.7110
Força axial (N)	-1978.6697
Força transversal X (N)	2931.9743
Força transversal Z (N)	-7326.4513
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	83.1041

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-6
Posição no eixo (mm)	[y _{local}]	711.5000
Posição no sistema global (mm)	[y _{global}]	711.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)		50.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		45.9100
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-7
Posição no eixo (mm)	[y _{local}]	545.9999
Posição no sistema global (mm)	[y _{global}]	545.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)		30.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		67.7000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento-1
Tipo de mancal		SKF 6210
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{local}]	20.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	20.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	50.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	20.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	23.200
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	37.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.980
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		Mancal de rolamento-2
Tipo de mancal		SKF 6312
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{local}]	425.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	425.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo

Diâmetro interno (mm)	[d]	60.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	130.000
Largura (mm)	[b]	31.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	52.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	85.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	2.200
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-3
Tipo de mancal	SKF 6409
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)

Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	942.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	942.000
Fixação do anel externo	Mancal livre	
Diâmetro interno (mm)	[d]	45.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	120.000
Largura (mm)	[b]	29.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.000
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	45.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	76.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.900
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-2' (y= 382.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 366.0000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), EI (y= 398.0000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), m (yS= 382.0000 (mm)): 4.4561 (kg)
 Jp: 0.0166 (kg*m²), Jxx: 0.0087 (kg*m²), Jzz: 0.0087 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-5' (y= 893.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 875.0000 (mm)): 41465.5256 (Nm²), EI (y= 911.0000 (mm)): 41465.5256 (Nm²), m (yS= 893.0000 (mm)): 0.4727 (kg)
 Jp: 0.0004 (kg*m²), Jxx: 0.0002 (kg*m²), Jzz: 0.0002 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	42.940
Posição do máximo (mm)	768.462
Centro de massa (mm)	508.057

Soma da carga axial (N) -1341.538
Torção sob torque (°) -0.054

Mancal

Probabilidade de falha [n] 10.00 %
Folga axial [u_A] 10.00 μm
Lubrificante Óleo: Mobilgear 600 XP 150
Lubrificante - Temperatura de funcionamento [T_B] 80.00 °C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-1'

Posição (coordenada Y) [y] 20.00 mm
Carga equivalente [P] 0.23 kN
Carga equivalente [P_0] 0.23 kN
Fator para probabilidade de falha [a_1] 1.000
Vida útil nominal rolamento [L_{nh}] > 1000000 h
Viscosidade operacional [v] 26.65 mm^2/s
Fator de segurança estático [S_0] 102.99
Força de reação do mancal [Fx] 0.077 kN
Força de reação do mancal [Fy] 0.000 kN
Força de reação do mancal [Fz] -0.212 kN
Força de reação do mancal [Fr] 0.225 kN (-70.1°)
Torque de reação do mancal [Mx] 0.00 Nm
Torque de reação do mancal [My] 0.00 Nm
Torque de reação do mancal [Mz] 0.00 Nm
Torque de reação do mancal [Mr] 0.00 Nm (53.42°)
Nível do óleo [H] 0.000 mm
Torque de rolamento [M_{rr}] 0.011 Nm
Torque de fricção [M_{sl}] 0.002 Nm
Torque de atrito das vedações [M_{seal}] 0.000 Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013
Torque de atrito perdas de fluxo [M_{drag}] 0.000 Nm
Torque de fricção [M_{loss}] 0.013 Nm
Potência dissipada [P_{loss}] 0.625 W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal [u_x] -2.557 μm
Deslocamento do mancal [u_y] -9.968 μm
Deslocamento do mancal [u_z] 6.784 μm
Deslocamento do mancal [u_r] 7.250 μm (110.65°)
Inclinação do mancal [r_x] -0.007 mrad (-0.03')
Inclinação do mancal [r_y] -0.000 mrad (0')
Inclinação do mancal [r_z] 0.018 mrad (0.06')
Inclinação do mancal [r_r] 0.020 mrad (0.07')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-2'

Posição (coordenada Y) [y] 425.00 mm
Carga equivalente [P] 4.38 kN
Carga equivalente [P_0] 3.11 kN
Fator para probabilidade de falha [a_1] 1.000
Vida útil nominal rolamento [L_{nh}] 264366.37 h
Viscosidade operacional [v] 26.65 mm^2/s

Fator de segurança estático	[S ₀]	16.70	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.357	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	1.342	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	3.092	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	3.113	kN (83.41°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.145	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.138	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.283	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	13.772	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-1.045	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-8.939	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	µm (-96.67°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.078	mrاد (-0.27')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.083	mrاد (-0.29')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.049	mrاد (-0.17')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.092	mrاد (0.32')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-3'

Posição (coordenada Y)	[y]	942.00	mm
Carga equivalente	[P]	6.89	kN
Carga equivalente	[P ₀]	6.89	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	48154.93	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	6.53	
Força de reação do mancal	[F _x]	-2.355	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	6.480	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	6.894	kN (109.97°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.068	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.157	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.225	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	10.974	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	2.481	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-11.174	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-6.812	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	7.250	µm (-69.99°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.346	mrاد (1.19')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.934	mrاد (-3.21')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.179	mrاد (0.62')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.390	mrاد (1.34')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2	B3
1	2.00	7.57	41.53

Σ 2.00 7.57 41.53

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2	B3
27.14	42.29	74.61

Indicação: Utilização = (Lreq/Lh)^(1/k)

Rolamento de esferas: k = 3, mancal de rolamento: k = 10/3

B1: Mancal de rolamento-1

B2: Mancal de rolamento-2

B3: Mancal de rolamento-3

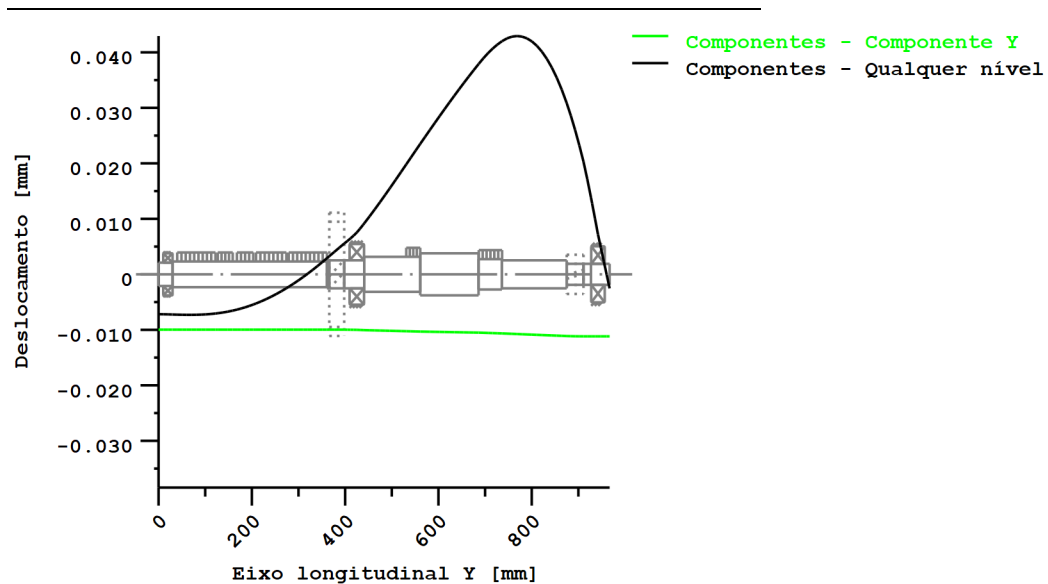
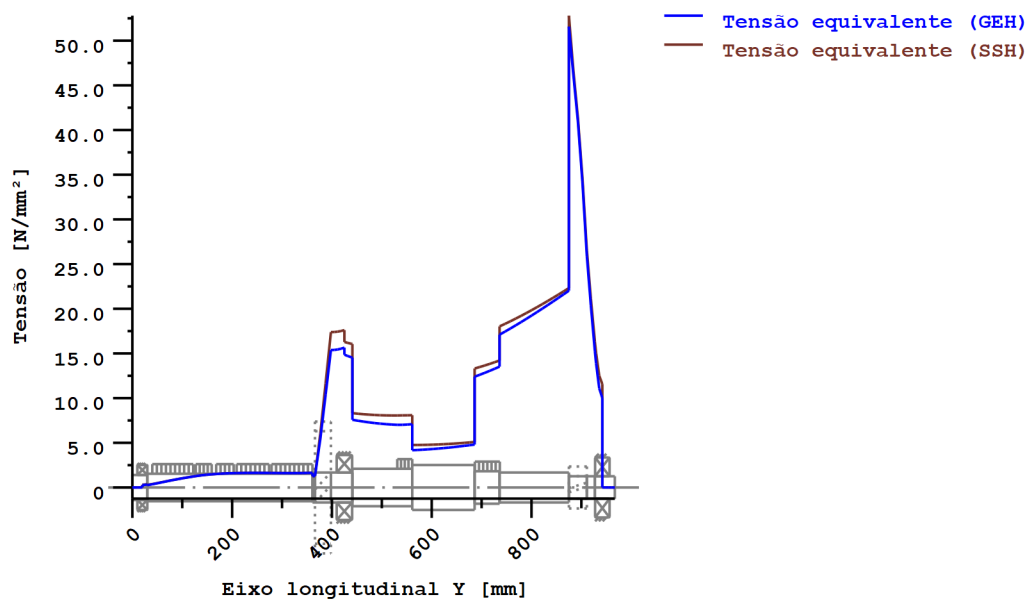


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 296.5111901 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012

Resumo

Eixo 1

Material	C45 (1)
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da resistência à fadiga e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	30.00	Eixo liso
B-B	361.00	Eixo liso
C-C	441.00	Eixo liso
D-D	561.00	Eixo liso
E-E	686.00	Eixo liso
F-F	736.00	Eixo liso
G-G	875.00	Eixo liso
H-H	927.00	Conexão por interferência

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfσ	K2d	SD	SS
A-A	1.00	0.91	0.87	1189.34	1347.15
B-B	1.00	0.91	0.87	136.75	155.94
C-C	1.00	0.91	0.86	17.92	19.33
D-D	1.00	0.91	0.85	41.58	39.61
E-E	1.00	0.91	0.86	19.21	22.91
F-F	1.00	0.91	0.86	13.16	16.47
G-G	1.00	0.91	0.88	4.08	5.26
H-H	2.12	1.00	0.88	10.03	22.07

Seguranças nominais: 1.20 1.20

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfσ: Fator de superfície

K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

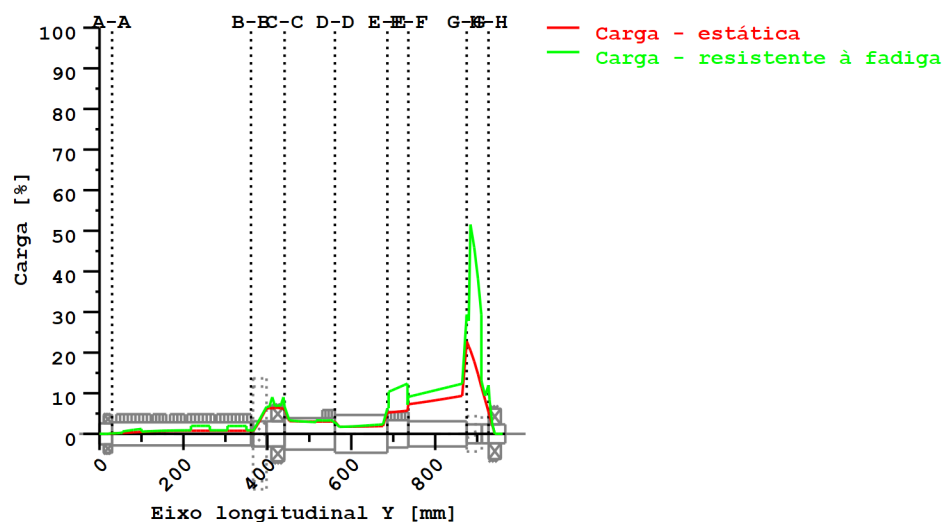
SS: Segurança limite de elasticidade

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	0.089	0.101
B-B	0.770	0.878
C-C	6.207	6.698

D-D	3.029	2.886
E-E	5.239	6.248
F-F	7.288	9.117
G-G	22.820	29.403
H-H	5.437	11.959

Utilização máxima (%) [A] 29.403



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação	Eixo 1		
Desenho			
Comprimento (mm)	[l]	967.00	
Velocidade (1/min)	[n]	465.50	

Material	C45 (1)
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

	Tração/pressão		Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm)	[dB]	16.00
σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm ²)	[σ_B]	700.00
σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm ²)	[σ_S]	490.00
[σ_{zdW}] (bei dB) (N/mm ²)		280.00
[σ_{bW}] (bei dB) (N/mm ²)		350.00
[τ_{tW}] (bei dB) (N/mm ²)		210.00
Espessura matéria-prima (mm)	[dWerkst]	95.00
Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3		
Valores de resistência de material determinados a partir da espessura da matéria-prima		
Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro bruto		
[σ_{Beff}] (N/mm ²)		559.20
[σ_{Seff}] (N/mm ²)		361.12
[σ_{bF}] (N/mm ²)		433.34
[τ_{tF}] (N/mm ²)		250.19
[σ_{BRand}] (N/mm ²)		628.00
[σ_{zdW}] (N/mm ²)		223.68
[σ_{bW}] (N/mm ²)		279.60
[τ_{tW}] (N/mm ²)		167.76

Resistência à fadiga perante esforço de nível único

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	30.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	50.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe	Eixo liso	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	2.3	0.0	229.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-0.0	3.9	0.0	390.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)				
[A, Wb, Wt, A]	1963.5	12271.8	24543.7	1963.5

Tensões: (N/mm ²)				
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_m , τ_{qm}] (N/mm ²)	-0.000	0.000	0.000	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_a , τ_{qa}] (N/mm ²)	0.000	0.189	0.000	0.156
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm ²)	-0.000	0.322	0.000	0.265

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_B)]	0.799
	[K1(σ_S)]	0.737

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe			
[β]	1.000	1.000	1.000

Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.873	0.873
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.911	0.911	0.949
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.097	1.242	1.199

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	203.837	225.054	139.944
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.223	0.252	0.143
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	203.755	225.053	139.923
Segurança contra fadiga	[S]		1189.342	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		99111.9	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	361.118	433.341	250.190
Segurança limite elástico	[S]		1347.153	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		112262.8	

Seção transversal 'B-B' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	361.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Eixo liso
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	26.7	0.0	208.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-0.0	45.4	0.0	354.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	-0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.000	1.635	0.000	0.117
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)	-0.000	2.779	0.000	0.199

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.799
	[K1(σS)]	0.737

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000	1.000
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.911	0.911	0.949
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.097	1.251	1.207

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	203.837	223.542	138.969
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.223	0.250	0.142
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	203.769	223.542	138.952
Segurança contra fadiga	[S]		136.750	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		11395.9	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	361.118	433.341	250.190
Segurança limite elástico	[S]		155.938	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		12994.8	

Seção transversal 'C-C' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	441.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	60.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Eixo liso
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-989.3	0.0	153.9	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	989.3	102.5	153.9	1064.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-3363.7	174.2	523.1	1808.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		2827.4	21205.8	42411.5	2827.4

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	-0.350	0.000	3.628	0.000

[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.350	4.831	3.628	0.502
[σzdmx, σbmx, τmx, τqmx] (N/mm²)	-1.190	8.213	12.334	0.853

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.799
	[K1(σS)]	0.737

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000	1.000
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.861	0.861
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.911	0.911	0.949
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.097	1.259	1.215

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	6.274
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	3.622

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	203.837	222.160	138.079
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.223	0.248	0.141
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	19.077	168.065	121.055
Segurança contra fadiga	[S]		17.916	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1493.0	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	361.118	433.341	250.190
Segurança limite elástico	[S]		19.333	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1611.0	

Seção transversal 'D-D' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	561.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	75.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Eixo liso
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-989.3	0.0	153.9	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	989.3	25.5	153.9	1086.8
Valor máximo [Fzdmx, Mbmx, Tmax, Fqmx]		-3363.7	43.3	523.1	1847.6
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)					

[A, Wb, Wt, A] 4417.9 41417.5 82835.0 4417.9

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²) -0.224 0.000 1.857 0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²) 0.224 0.615 1.857 0.328
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²) -0.761 1.046 6.315 0.558

Efeito tecnológico de tamanhos [K1(σB)] 0.799
[K1(σS)] 0.737

Tração/pressão Flexão Torção

Coefficiente de efeito de entalhe [β] 1.000 1.000 1.000
Efeito geométrico de tamanhos [K2(d)] 1.000 0.846 0.846
Fator de influência rugosidade da superfície [KF] 0.911 0.911 0.949
Fator de endurecimento da superfície [KV] 1.000 1.000 1.000
Fator de influência total [K] 1.097 1.279 1.235

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²) [σmV] 3.209
Tensão média equivalente (N/mm²) [τmV] 1.853

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

[σWK] 203.837 218.609 135.795
Fator de influência sens. média tensão.
[ψσK] 0.223 0.243 0.138
Amplitude tolerável (N/mm²) [σADK] 23.555 69.705 119.342
Segurança contra fadiga [S] 41.584
Segurança nominal contra fadiga [Smin] 1.200
Resultado (%) [S/Smin] 3465.3

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática [K2F] 1.000 1.200 1.200
Fator de aumento [γF] 1.000 1.000 1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)
[σFK] 361.118 433.341 250.190
Segurança limite elástico [S] 39.615
Segurança nominal [Smin] 1.200
Resultado (%) [S/Smin] 3301.2

Seção transversal 'E-E' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm) [y] 686.000
Diâmetro externo (mm) [da] 65.000
Diâmetro interno (mm) [di] 0.000
Efeito de entalhe Eixo liso
Rugosidade média (μm) [Rz] 8.000

Tração/pressão Flexão Torção Cisalhamento

Carga: (N) (Nm)

Valor médio

[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-989.3	0.0	153.9	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	989.3	157.1	153.9	1035.6
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-3363.7	267.1	523.1	1760.5
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	3318.3	26961.2	53922.5	3318.3

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	-0.298	0.000	2.853	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.298	5.828	2.853	0.416
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	-1.014	9.908	9.701	0.707

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.799		
	[K1(σS)]	0.737		

Tração/pressão Flexão Torção

Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000	1.000
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.856	0.856
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.911	0.911	0.949
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.097	1.266	1.222

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	4.933		
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	2.848		

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	203.837	220.887	137.260
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.223	0.246	0.140
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	20.582	182.807	120.441
Segurança contra fadiga	[S]		19.205	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1600.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	361.118	433.341	250.190
Segurança limite elástico	[S]		22.907	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1908.9	

Seção transversal 'F-F' Eixo liso

Comentário				
Posição (coordenada Y) (mm)	[y]		736.000	
Diâmetro externo (mm)	[da]		60.000	
Diâmetro interno (mm)	[di]		0.000	

Efeito de entalhe		Eixo liso			
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		-989.3	0.0	153.9	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		989.3	209.5	153.9	1062.9
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-3363.7	356.2	523.1	1806.9
Seção transversal, torques de resistência: (mm^2)					
[A, Wb, Wt, A]		2827.4	21205.8	42411.5	2827.4
Tensões: (N/mm^2)					
[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_{m} , τ_{qm}] (N/mm^2)		-0.350	0.000	3.628	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_{a} , τ_{qa}] (N/mm^2)		0.350	9.880	3.628	0.501
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm^2)		-1.190	16.797	12.334	0.852
Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σ_{B})]	0.799			
	[K1(σ_{S})]	0.737			
		Tração/pressão	Flexão	Torção	
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000	1.000	
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.861	0.861	
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.911	0.911	0.949	
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000	
Fator de influência total	[K]	1.097	1.259	1.215	
Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:					
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[σ_{mV}]	6.274			
Tensão média equivalente (N/mm^2)	[τ_{mV}]	3.622			
Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm^2)					
	[σ_{WK}]	203.837	222.160	138.079	
Fator de influência sens. média tensão.					
	[$\psi\sigma_{\text{K}}$]	0.223	0.248	0.141	
Amplitude tolerável (N/mm^2)	[σ_{ADK}]	19.077	191.949	121.055	
Segurança contra fadiga	[S]		13.162		
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1096.8		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:					
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200	
Fator de aumento	[γ_{F}]	1.000	1.000	1.000	
Limite de escoamento de componentes (N/mm^2)					
	[σ_{FK}]	361.118	433.341	250.190	
Segurança limite elástico	[S]		16.466		
Segurança nominal	[Smin]		1.200		
Resultado (%)	[S/Smin]		1372.2		

Seção transversal 'G-G' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	875.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	45.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe	Eixo liso	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-989.3	0.0	153.9	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	989.3	355.5	153.9	1038.1
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-3363.7	604.3	523.1	1764.7
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	1590.4	8946.2	17892.4	1590.4

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	-0.622	0.000	8.599	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.622	39.737	8.599	0.870
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	-2.115	67.552	29.236	1.479

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.799
	[K1(σS)]	0.737

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.880
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.911	0.911
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.097	1.233

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	14.881
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	8.591

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	203.837	226.723	141.020
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.223	0.254	0.144
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	14.490	207.012	123.252
Segurança contra fadiga	[S]		4.081	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		340.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm²)				
	[σFK]	361.118	433.341	250.190
Segurança limite elástico	[S]		5.258	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		438.2	

Seção transversal 'H-H' Conexão por interferência

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	927.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	45.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe	Conexão por interferência	
Característica:	Conexão por interferência fixa	
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	0.0	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.0	103.3	0.0	6889.6
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	0.0	175.6	0.0	11712.2
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	1590.4	8946.2	17892.4	1590.4

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	11.549	0.000	5.776
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	0.000	19.633	0.000	9.819

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.799
	[K1(σS)]	0.737

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β(dB)]	2.118	2.118	1.359
[dB] (mm) = 40.0				
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(d)]	0.961	0.961	0.984
Efeito geométrico de tamanhos	[K3(dB)]	0.964	0.964	0.985
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.124	2.124	1.361
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.880	0.880
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	1.000	1.000	1.000
O fator de rugosidade está incluído no coeficiente de efeito de entalhe, em conformidade com				
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.124	2.413	1.546

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	105.309	115.889	108.546
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.104	0.116	0.107
Amplitude tolerável (N/mm²)	[σADK]	105.309	115.889	108.546
Segurança contra fadiga	[S]		10.034	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	

Resultado (%)	[S/Smin]	836.2		
Nível de segurança disponível para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:				
Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	361.118	433.341	250.190
Segurança limite elástico	[S]		22.072	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1839.3	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
- Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.

Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

Fim do Relatório

linhas: 1121

Nome : V-2-2-5-2

Modificado por: João Filipe

Data: 05.09.2020

Hora: 09:11:36

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	967.000
Velocidade (1/min)	465.50
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	24.289
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	29.218
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.032
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.249
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

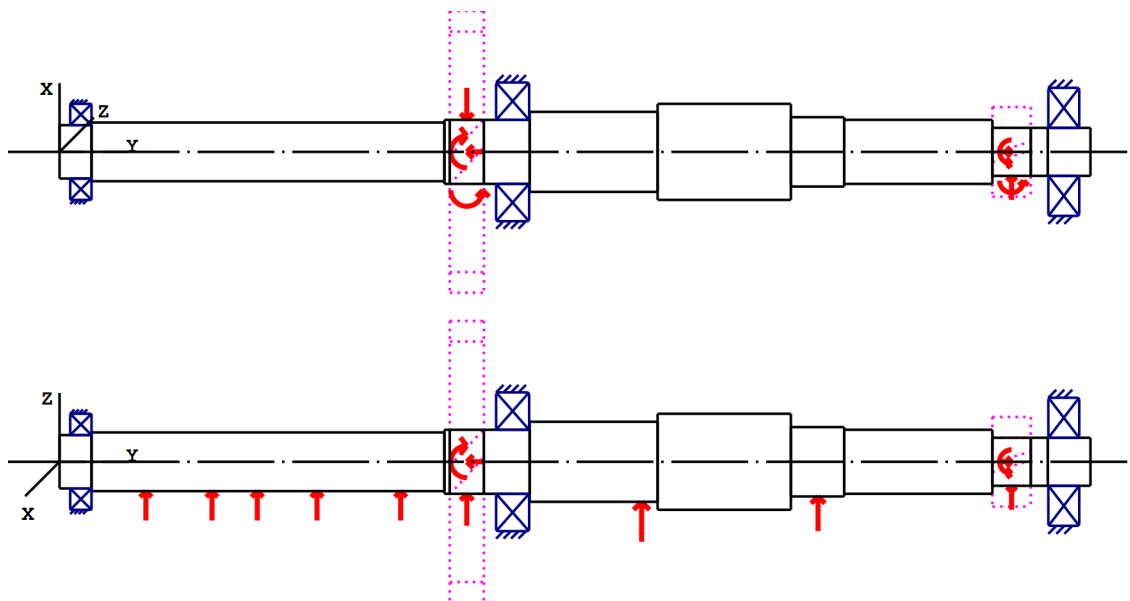


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		032-3
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	81.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	81.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		82.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		110.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-3
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	143.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	143.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		32.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		93.4800
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		031
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	241.5000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	241.5000

Comprimento da aplicação da força (mm)	65.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	86.5000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	032-2
Posição no eixo (mm) [ylocal]	319.9999
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	319.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)	82.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	110.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	EH-4
Posição no eixo (mm) [ylocal]	185.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	185.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)	35.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	70.5000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-2
Posição no eixo (mm) [ylocal]	382.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	382.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	264.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.2863 esquerda
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	22.7059
Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	32.0000
Potência (kW)	15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	-307.7110
Força axial (N)	-637.1316
Força transversal X (N)	-1011.1978
Força transversal Z (N)	2331.1436
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	-84.1014

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-5
Posição no eixo (mm) [ylocal]	893.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	893.0000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	84.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.1134 esquerda
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	21.1240
Posição do contato (°)	180.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	36.0000
Potência (kW)	15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	307.7110
Força axial (N)	1978.6697
Força transversal X (N)	2931.9743
Força transversal Z (N)	7326.4513
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	-83.1041

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-6
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	711.5000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	711.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)		50.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		45.9100
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-7
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	545.9999
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	545.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)		30.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		67.7000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento-1
Tipo de mancal		SKF 6210
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	20.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	20.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	50.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	20.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	23.200
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	37.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.980

Valores para a geometria aproximada:

Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-2	
Tipo de mancal	SKF 6312	
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)	
	SKF Explorer	
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	425.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	425.000
Fixação do anel externo	Mancal fixo	
Diâmetro interno (mm)	[d]	60.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	130.000
Largura (mm)	[b]	31.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	52.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	85.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	2.200
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-3	
Tipo de mancal	SKF 6409	
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)	
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	942.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	942.000
Fixação do anel externo	Mancal livre	
Diâmetro interno (mm)	[d]	45.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	120.000
Largura (mm)	[b]	29.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.000
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	45.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	76.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.900
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-2' (y= 382.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 366.0000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), EI (y= 398.0000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), m (yS= 382.0000 (mm)): 4.4561 (kg)
 Jp: 0.0166 (kg*m²), Jxx: 0.0087 (kg*m²), Jzz: 0.0087 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-5' ($y = 893.0000$ (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI ($y = 875.0000$ (mm)): 41465.5256 (Nm²), EI ($y = 911.0000$ (mm)): 41465.5256 (Nm²), m ($y = 893.0000$ (mm)): 0.4727 (kg)
 Jp: 0.0004 (kg*m²), Jxx: 0.0002 (kg*m²), Jzz: 0.0002 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (μm)	36.686
Posição do máximo (mm)	768.462
Centro de massa (mm)	508.057
Soma da carga axial (N)	1341.538
Torção sob torque (°)	0.054

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	μm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	20.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.22	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.22	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	107.79	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.182	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-0.114	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.215	kN (-32.02°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (-92.94°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.011	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.002	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.013	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	0.625	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-6.115	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	9.968	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	3.895	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	7.250	μm (147.51°)

Inclinação do mancal	[r _x]	0.017	mrad (0.06')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.040	mrad (0.14')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.043	mrad (0.15')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-2'

Posição (coordenada Y)	[y]	425.00	mm
Carga equivalente	[P]	4.66	kN
Carga equivalente	[P ₀]	3.61	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	219368.49	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	14.39	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.815	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	-1.342	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-3.521	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	3.614	kN (-76.96°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.147	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.146	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.293	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	14.261	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-2.035	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	10.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	8.767	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (103.07°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.046	mrad (0.16')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.083	mrad (0.29')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.069	mrad (-0.24')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.083	mrad (0.28')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-3'

Posição (coordenada Y)	[y]	942.00	mm
Carga equivalente	[P]	6.96	kN
Carga equivalente	[P ₀]	6.96	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	46776.20	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	6.46	
Força de reação do mancal	[F _x]	-2.919	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-6.320	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	6.961	kN (-114.79°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.068	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.160	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.228	Nm

Potência dissipada $[P_{\text{loss}}]$ 11.115 W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	3.049	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	11.174	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	6.578	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	7.250	μm (65.13°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	-0.322	mrad (-1.11')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	0.934	mrad (3.21')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	0.098	mrad (0.34')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.336	mrad (1.16')

Dano (%) $[L_{\text{req}}]$ (20000.000)

Condição de carga B1 B2 B3

1 2.00 9.12 42.76

Σ 2.00 9.12 42.76

Utilização (%) $[L_{\text{req}}]$ (20000.000)

B1 B2 B3

27.14 45.01 75.34

Indicação: Utilização = $(L_{\text{req}}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: Mancal de rolamento-1

B2: Mancal de rolamento-2

B3: Mancal de rolamento-3

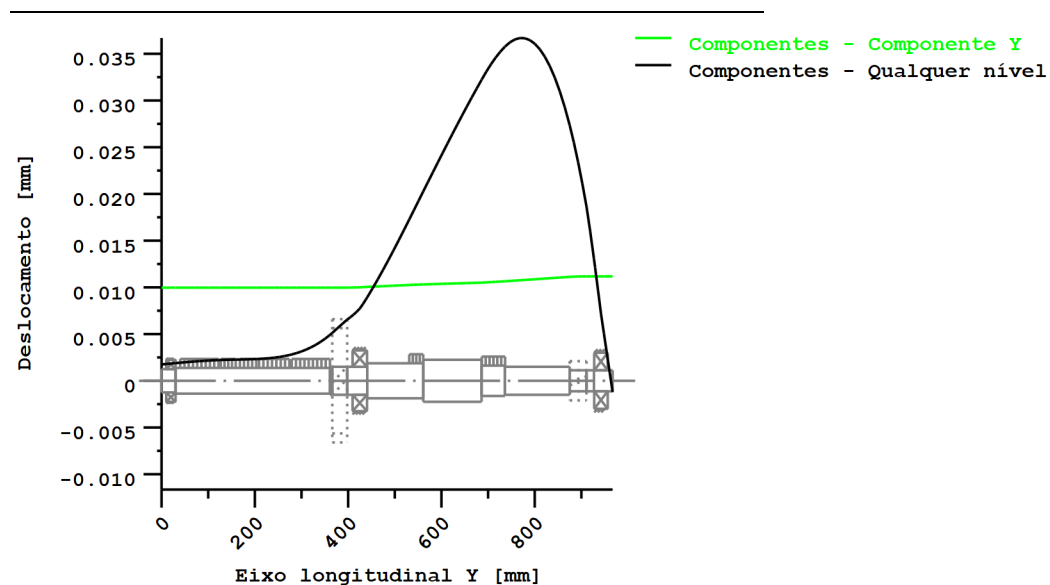
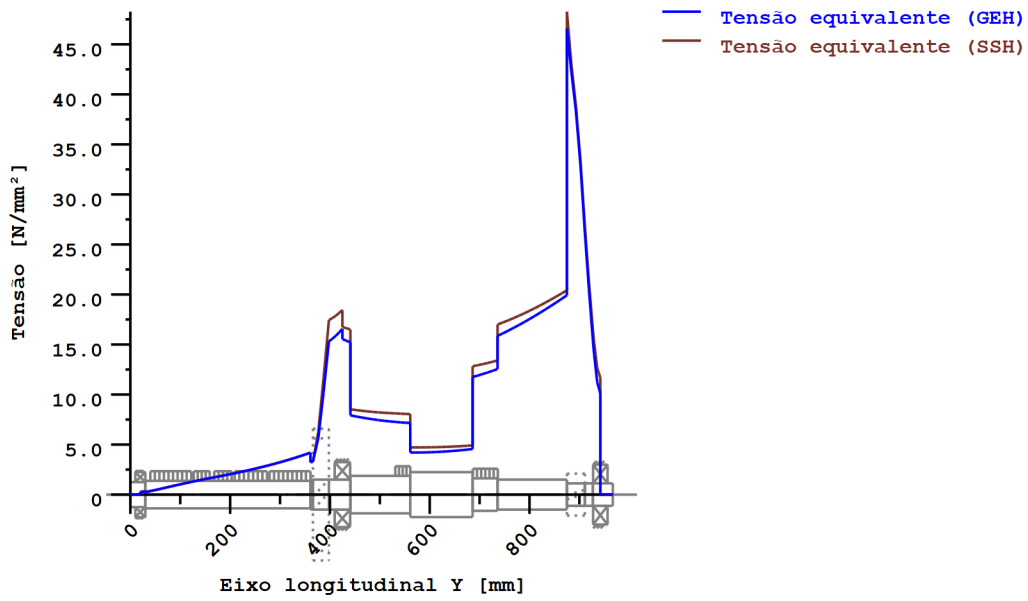


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 72.22288182 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Fim do Relatório

linhas: 499

Team-SolidSQUAD

Arquivo

Nome : V-2-2-7

Modificado por: João Filipe

Data: 05.09.2020

Hora: 09:02:23

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	967.000
Velocidade (1/min)	465.50
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	24.289
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	31.454
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.040
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.580
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

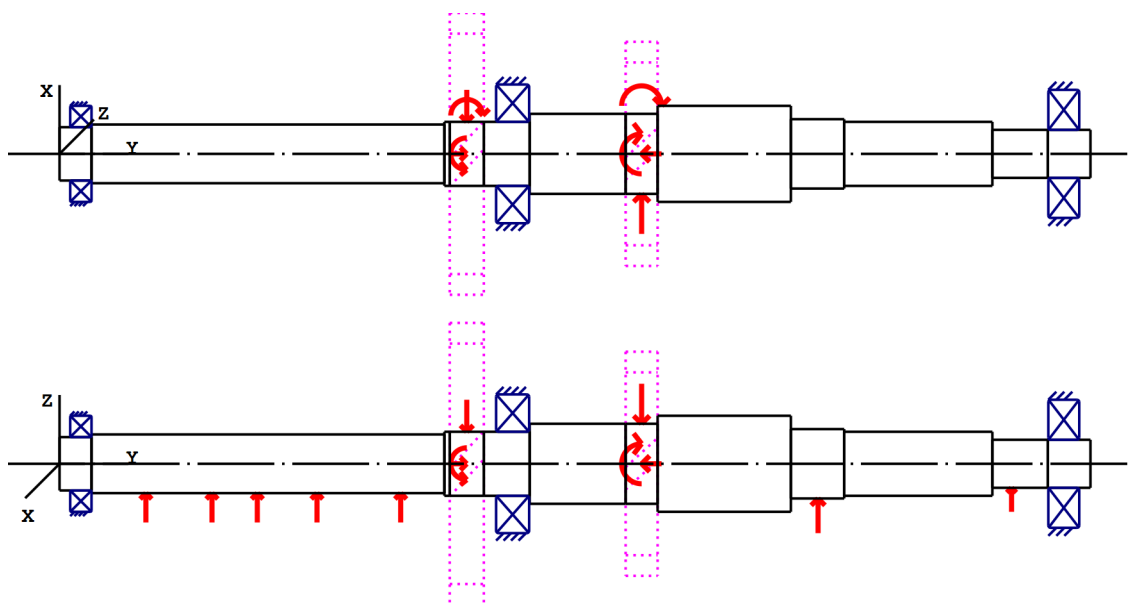


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		032-3
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	81.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	81.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		82.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		110.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-3
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	143.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	143.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		32.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		93.4800
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		031
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	241.5000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	241.5000

Comprimento da aplicação da força (mm)	65.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	86.5000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	032-2
Posição no eixo (mm) [ylocal]	319.9999
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	319.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)	82.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	110.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	EH-4
Posição no eixo (mm) [ylocal]	185.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	185.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)	35.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	70.5000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-2
Posição no eixo (mm) [ylocal]	382.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	382.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	264.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.2863 esquerda
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	22.7059
Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	32.0000
Potência (kW)	15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	307.7110
Força axial (N)	637.1316
Força transversal X (N)	-1011.1978
Força transversal Z (N)	-2331.1436
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	84.1014

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-7
Posição no eixo (mm) [ylocal]	546.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	546.0000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	210.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.1314 esquerda
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)
	21.2950
Posição do contato (°)	180.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	30.0000
Potência (kW)	15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	-307.7110
Força axial (N)	-792.4523
Força transversal X (N)	1183.3159
Força transversal Z (N)	-2930.5805
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	83.2075

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-6
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	711.5000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	711.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)		50.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		45.9100
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-5
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	893.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	893.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		36.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		12.2000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento-1
Tipo de mancal		SKF 6210
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	20.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	20.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	50.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	20.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	23.200
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	37.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.980

Valores para a geometria aproximada:

Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-2	
Tipo de mancal	SKF 6312	
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)	
	SKF Explorer	
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	425.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	425.000
Fixação do anel externo	Mancal fixo	
Diâmetro interno (mm)	[d]	60.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	130.000
Largura (mm)	[b]	31.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	52.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	85.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	2.200
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-3	
Tipo de mancal	SKF 6409	
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)	
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	942.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	942.000
Fixação do anel externo	Mancal livre	
Diâmetro interno (mm)	[d]	45.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	120.000
Largura (mm)	[b]	29.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.000
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	45.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	76.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.900
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-2' (y= 382.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 366.0000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), EI (y= 398.0000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), m (yS= 382.0000 (mm)): 4.4561 (kg)
 Jp: 0.0166 (kg*m²), Jxx: 0.0087 (kg*m²), Jzz: 0.0087 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-7' ($y = 546.0000$ (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI ($y = 531.0000$ (mm)): 319950.0428 (Nm²), EI ($y = 561.0000$ (mm)): 319950.0428 (Nm²), m ($y = 546.0000$ (mm)): 2.7085 (kg)
 Jp: 0.0088 (kg*m²), Jxx: 0.0046 (kg*m²), Jzz: 0.0046 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (μm)	24.072
Posição do máximo (mm)	716.200
Centro de massa (mm)	508.057
Soma da carga axial (N)	-155.321
Torção sob torque (°)	-0.014

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	μm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	20.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.18	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.18	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	125.47	
Força de reação do mancal	[F _x]	-0.005	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-0.185	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.185	kN (-91.48°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (18.37°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.011	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.002	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.013	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	0.625	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	0.269	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-9.968	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	7.245	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	7.250	μm (87.87°)

Inclinação do mancal	[r _x]	-0.016	mrad (-0.05')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.016	mrad (0.05')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-2'

Posição (coordenada Y)	[y]	425.00	mm
Carga equivalente	[P]	4.67	kN
Carga equivalente	[P ₀]	4.67	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	217893.35	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	11.14	
Força de reação do mancal	[F _x]	-0.126	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.155	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	4.665	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	4.667	kN (91.55°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (90°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.094	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.146	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.240	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	11.696	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	0.234	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-8.997	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-88.51°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.068	mrad (-0.23')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.083	mrad (-0.29')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.008	mrad (-0.03')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.068	mrad (0.23')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-3'

Posição (coordenada Y)	[y]	942.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.56	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.56	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	79.95	
Força de reação do mancal	[F _x]	-0.041	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.561	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.563	kN (94.19°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.021	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.004	Nm

Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.025	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	1.204	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	0.452	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.104	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-7.236	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	7.250	µm (-86.43°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.123	mrاد (0.42')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.246	mrاد (-0.85')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.010	mrاد (0.04')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.124	mrاد (0.43')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2	B3
1	2.00	9.18	2.00

Σ 2.00 9.18 2.00

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2	B3
27.14	45.11	27.14

Indicação: Utilização = (Lreq/Lh)^(1/k)

Rolamento de esferas: k = 3, mancal de rolamento: k = 10/3

B1: Mancal de rolamento-1

B2: Mancal de rolamento-2

B3: Mancal de rolamento-3

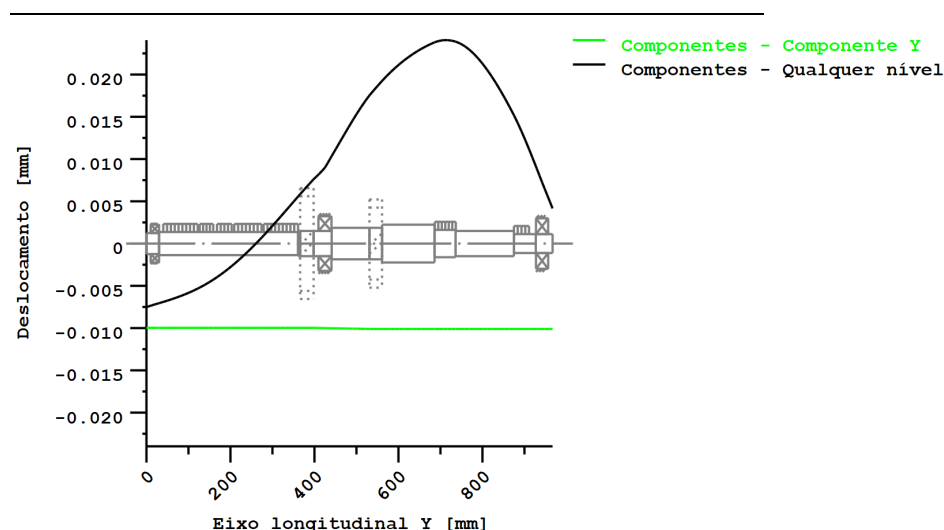
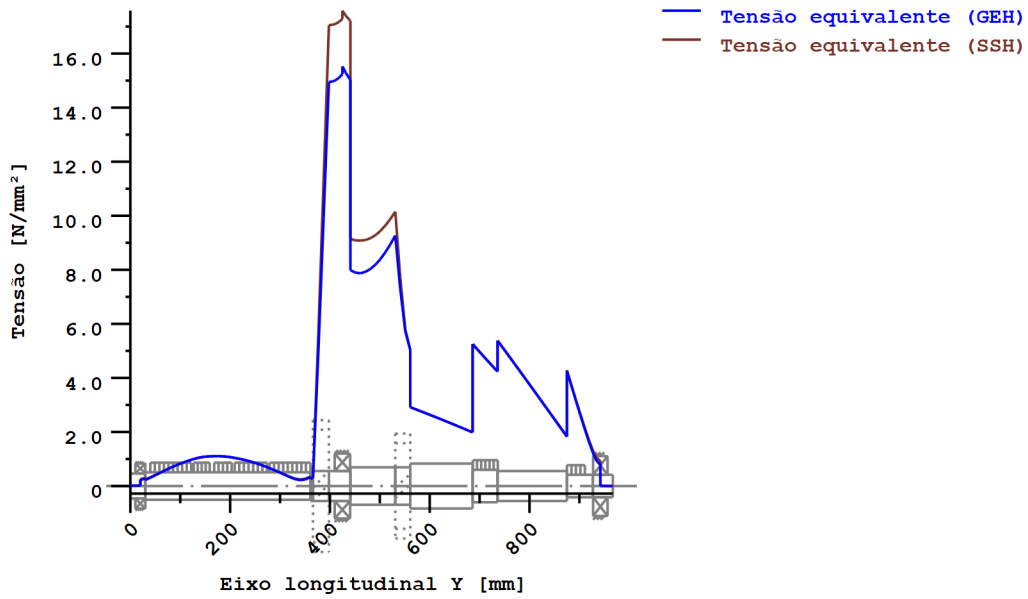


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 274.7236166 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\text{sigV} = ((\text{sigB} + \text{sigZ}, D)^2 + 3 * (\text{tauT} + \text{tauS})^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\text{sigV} = ((\text{sigB} - \text{sigZ}, D)^2 + 4 * (\text{tauT} + \text{tauS})^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Fim do Relatório

linhas: 503

Team-SolidSQUAD

Arquivo

Nome : V-2-3-6

Modificado por: João Filipe

Data: 05.09.2020

Hora: 08:58:40

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	967.000
Velocidade (1/min)	595.10
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	24.289
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	29.879
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.030
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.196
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

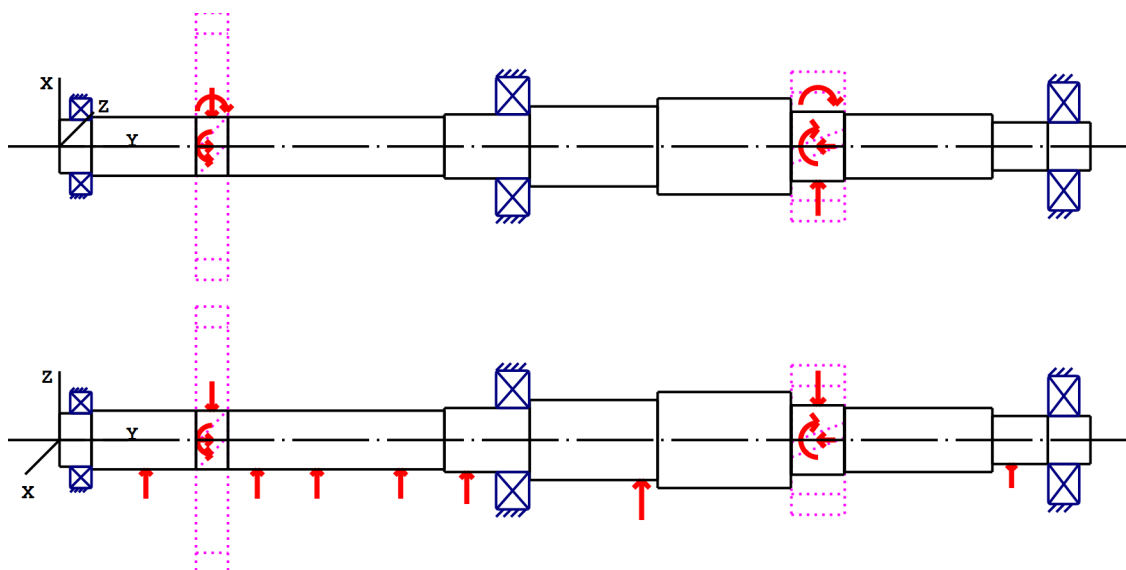


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

032-3

Posição no eixo (mm)	[ylocal]
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]
Comprimento da aplicação da força (mm)	
Potência (kW)	
Torque (Nm)	
Força axial (N)	
Força transversal X (N)	
Força transversal Z (N)	
Momento fletor X (Nm)	
Momento fletor Z (Nm)	

81.0000
81.0000
82.0000
0.0000
-0.0000
0.0000
0.0000
110.0000
0.0000
0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

EH-2

Posição no eixo (mm)	[ylocal]
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]
Comprimento da aplicação da força (mm)	
Potência (kW)	
Torque (Nm)	
Força axial (N)	
Força transversal X (N)	
Força transversal Z (N)	
Momento fletor X (Nm)	
Momento fletor Z (Nm)	

382.0000
382.0000
32.0000
0.0000
-0.0000
0.0000
0.0000
109.5000
0.0000
0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

031

Posição no eixo (mm)	[ylocal]
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]

241.5000
241.5000

Comprimento da aplicação da força (mm)	65.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	86.5000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	032-2
Posição no eixo (mm) [ylocal]	319.9999
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	319.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)	82.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	110.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	EH-4
Posição no eixo (mm) [ylocal]	185.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	185.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)	35.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	70.5000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-3
Posição no eixo (mm) [ylocal]	143.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	143.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	250.0781
Ângulo oblíquo (°)	14.9443 esquerda
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	19.4184
Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	30.0000
Potência (kW)	15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	240.6981
Força axial (N)	513.7918
Força transversal X (N)	-702.3433
Força transversal Z (N)	-1924.9834
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	64.2440

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-6
Posição no eixo (mm) [ylocal]	711.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	711.5000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	140.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.0244 esquerda
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)
	20.2479
Posição do contato (°)	180.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	50.0000
Potência (kW)	15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	-240.6981
Força axial (N)	-922.9223
Força transversal X (N)	1313.2970
Força transversal Z (N)	-3438.5445
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	64.6046

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-5
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	893.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	893.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		36.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		12.2000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-7
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	545.9999
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	545.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)		30.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		67.7000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento-1
Tipo de mancal		SKF 6210
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	20.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	20.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	50.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	20.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	23.200
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	37.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.980

Valores para a geometria aproximada:

Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-2	
Tipo de mancal	SKF 6312	
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)	
	SKF Explorer	
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	425.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	425.000
Fixação do anel externo	Mancal fixo	
Diâmetro interno (mm)	[d]	60.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	130.000
Largura (mm)	[b]	31.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	52.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	85.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	2.200
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-3	
Tipo de mancal	SKF 6409	
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)	
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	942.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	942.000
Fixação do anel externo	Mancal livre	
Diâmetro interno (mm)	[d]	45.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	120.000
Largura (mm)	[b]	29.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.000
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	45.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	76.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.900
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-3' (y= 143.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
EI (y= 128.0000 (mm)): 92531.1324 (Nm²), EI (y= 158.0000 (mm)): 92531.1324 (Nm²), m (yS= 143.0000 (mm)): 3.7347 (kg)
Jp: 0.0123 (kg*m²), Jxx: 0.0064 (kg*m²), Jzz: 0.0064 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-6' (y= 711.2500 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 686.5000 (mm)): 180505.5442 (Nm²), EI (y= 736.0000 (mm)): 180505.5442 (Nm²), m (yS= 710.9035 (mm)): 1.8347 (kg)
 Jp: 0.0033 (kg*m²), Jxx: 0.0020 (kg*m²), Jzz: 0.0020 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-6' (y= 736.2500 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 736.0000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), EI (y= 736.5000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), m (yS= 736.2500 (mm)): 0.0197 (kg)
 Jp: 0.0000 (kg*m²), Jxx: 0.0000 (kg*m²), Jzz: 0.0000 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	42.032
Posição do máximo (mm)	747.154
Centro de massa (mm)	508.057
Soma da carga axial (N)	-409.131
Torção sob torque (°)	-0.061

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	20.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.87	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.87	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	26.55	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.302	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.820	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.874	kN (69.79°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (115.48°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.020	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.006	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.027	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	1.658	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	-2.480	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	-9.728	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	-6.813	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	7.250	μm (-110°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	-0.055	mrاد (-0.19')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	-0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	0.065	mrاد (0.22')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.086	mrاد (0.29')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-2'

Posição (coordenada Y)	$[y]$	425.00	mm
Carga equivalente	$[P]$	2.62	kN
Carga equivalente	$[P_0]$	2.62	kN
Fator para probabilidade de falha	$[a_1]$	1.000	
Vida útil nominal rolamento	$[L_{nh}]$	964969.25	h
Viscosidade operacional	$[v]$	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	$[S_0]$	19.86	
Força de reação do mancal	$[F_x]$	-0.288	kN
Força de reação do mancal	$[F_y]$	0.409	kN
Força de reação do mancal	$[F_z]$	2.602	kN
Força de reação do mancal	$[F_r]$	2.618	kN (96.31°)
Nível do óleo	$[H]$	0.000	mm
Torque de rolamento	$[M_{rr}]$	0.113	Nm
Torque de fricção	$[M_{sl}]$	0.050	Nm
Torque de atrito das vedações	$[M_{seal}]$	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	$[M_{drag}]$	0.000	Nm
Torque de fricção	$[M_{loss}]$	0.163	Nm
Potência dissipada	$[P_{loss}]$	10.154	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	0.920	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	-10.000	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	-8.953	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	9.000	μm (-84.13°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	-0.085	mrاد (-0.29')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	-0.840	mrاد (-2.89')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	-0.075	mrاد (-0.26')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.113	mrاد (0.39')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-3'

Posição (coordenada Y)	$[y]$	942.00	mm
Carga equivalente	$[P]$	1.78	kN
Carga equivalente	$[P_0]$	1.78	kN
Fator para probabilidade de falha	$[a_1]$	1.000	
Vida útil nominal rolamento	$[L_{nh}]$	> 1000000	h
Viscosidade operacional	$[v]$	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	$[S_0]$	25.27	
Força de reação do mancal	$[F_x]$	-0.625	kN
Força de reação do mancal	$[F_y]$	0.000	kN
Força de reação do mancal	$[F_z]$	1.667	kN
Força de reação do mancal	$[F_r]$	1.781	kN (110.55°)
Nível do óleo	$[H]$	0.000	mm

Torque de rolamento	$[M_{rr}]$	0.038	Nm
Torque de fricção	$[M_{sl}]$	0.014	Nm
Torque de atrito das vedações	$[M_{seal}]$	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	$[M_{drag}]$	0.000	Nm
Torque de fricção	$[M_{loss}]$	0.052	Nm
Potência dissipada	$[P_{loss}]$	3.226	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	2.545	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	-10.250	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	-6.789	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	7.250	μm (-69.45°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	0.283	mrاد (0.97')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	-1.063	mrاد (-3.65')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	0.111	mrاد (0.38')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.304	mrاد (1.05')

Dano (%) $[L_{req}]$ (20000.000)

Condição de carga	B1	B2	B3
1	2.00	2.07	2.00

 Σ 2.00 2.07 2.00

Utilização (%) $[L_{req}]$ (20000.000)

B1	B2	B3
27.14	27.47	27.14

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: Mancal de rolamento-1
B2: Mancal de rolamento-2
B3: Mancal de rolamento-3

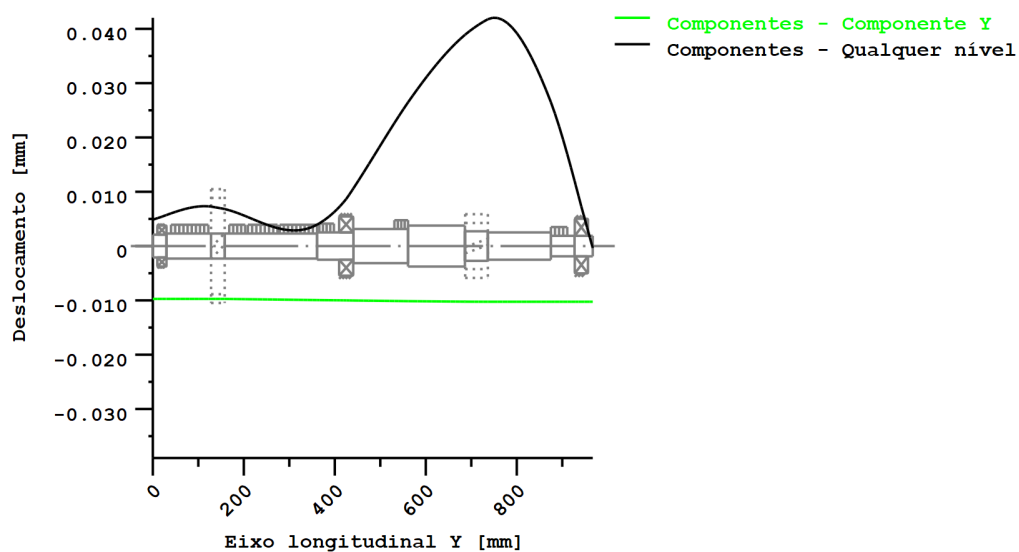
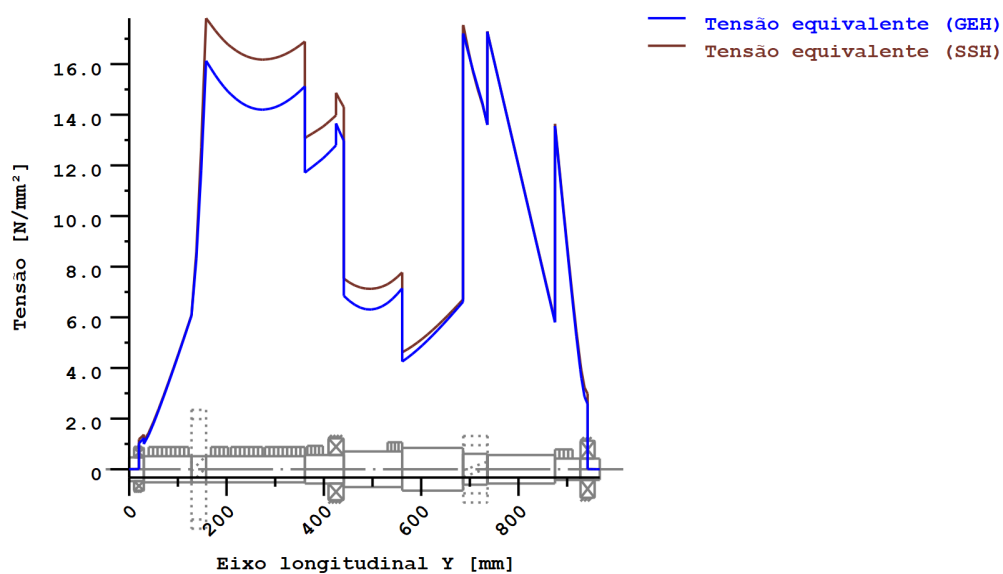


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 291.8010774 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Team-SolidSQUAD

Arquivo

Nome : V-2-4-6

Modificado por: João Filipe

Data: 05.09.2020

Hora: 09:13:17

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	967.000
Velocidade (1/min)	744.80
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	24.289
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	30.040
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.030
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	1.176
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

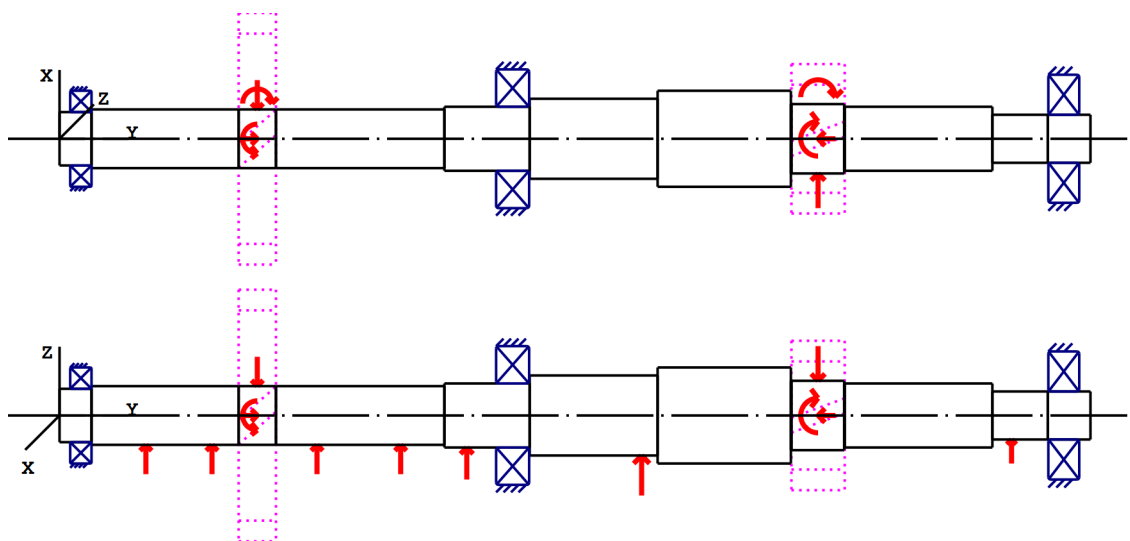


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

032-3

Posição no eixo (mm)	[ylocal]
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]
Comprimento da aplicação da força (mm)	
Potência (kW)	
Torque (Nm)	
Força axial (N)	
Força transversal X (N)	
Força transversal Z (N)	
Momento fletor X (Nm)	
Momento fletor Z (Nm)	

81.0000
81.0000
82.0000
0.0000
-0.0000
0.0000
0.0000
110.0000
0.0000
0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

EH-2

Posição no eixo (mm)	[ylocal]
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]
Comprimento da aplicação da força (mm)	
Potência (kW)	
Torque (Nm)	
Força axial (N)	
Força transversal X (N)	
Força transversal Z (N)	
Momento fletor X (Nm)	
Momento fletor Z (Nm)	

382.0000
382.0000
32.0000
0.0000
-0.0000
0.0000
0.0000
109.5000
0.0000
0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

031

Posição no eixo (mm)	[ylocal]
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]

241.5000
241.5000

Comprimento da aplicação da força (mm)	65.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	86.5000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	032-2
Posição no eixo (mm) [ylocal]	319.9999
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	319.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)	82.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	110.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	EH-3
Posição no eixo (mm) [ylocal]	143.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	143.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	30.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	93.4800
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-4
Posição no eixo (mm) [ylocal]	185.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	185.5000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	235.7143
Ângulo oblíquo (°)	15.0115 esquerda
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.1174
Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	35.0000
Potência (kW)	15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	192.3193
Força axial (N)	437.5904
Força transversal X (N)	-618.8347
Força transversal Z (N)	-1631.8005
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	51.5732

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-6
Posição no eixo (mm) [ylocal]	711.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	711.5000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	140.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.0244 esquerda
Ângulo de pressão	Ângulo de pressão de operação na seção normal (°)
	20.2479
Posição do contato (°)	180.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	50.0000
Potência (kW)	15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	-192.3193
Força axial (N)	-737.4209
Força transversal X (N)	1049.3328
Força transversal Z (N)	-2747.4192
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	51.6195

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-5
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	893.0001
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	893.0001
Comprimento da aplicação da força (mm)		36.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		12.2600
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-7
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	545.9999
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	545.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)		30.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		67.7000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento-1
Tipo de mancal		SKF 6210
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	20.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	20.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	50.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	90.000
Largura (mm)	[b]	20.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	23.200
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	37.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	0.980

Valores para a geometria aproximada:

Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-2	
Tipo de mancal	SKF 6312	
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)	
	SKF Explorer	
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	425.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	425.000
Fixação do anel externo	Mancal fixo	
Diâmetro interno (mm)	[d]	60.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	130.000
Largura (mm)	[b]	31.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	52.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	85.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	2.200
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Mancal de rolamento-3	
Tipo de mancal	SKF 6409	
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)	
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	942.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	942.000
Fixação do anel externo	Mancal livre	
Diâmetro interno (mm)	[d]	45.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	120.000
Largura (mm)	[b]	29.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.000
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	45.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	76.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.900
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-4' (y= 185.5000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
EI (y= 168.0000 (mm)): 92531.1324 (Nm²), EI (y= 203.0000 (mm)): 92531.1324 (Nm²), m (yS= 185.5000 (mm)): 3.8966 (kg)
Jp: 0.0118 (kg*m²), Jxx: 0.0063 (kg*m²), Jzz: 0.0063 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-6' (y= 711.2500 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 686.5000 (mm)): 180505.5442 (Nm²), EI (y= 736.0000 (mm)): 180505.5442 (Nm²), m (yS= 710.9035 (mm)): 1.8347 (kg)
 Jp: 0.0033 (kg*m²), Jxx: 0.0020 (kg*m²), Jzz: 0.0020 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-6' (y= 736.2500 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 736.0000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), EI (y= 736.5000 (mm)): 131051.5375 (Nm²), m (yS= 736.2500 (mm)): 0.0197 (kg)
 Jp: 0.0000 (kg*m²), Jxx: 0.0000 (kg*m²), Jzz: 0.0000 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	34.672
Posição do máximo (mm)	747.154
Centro de massa (mm)	508.057
Soma da carga axial (N)	-299.830
Torção sob torque (°)	-0.042

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Mobilgear 600 XP 150		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-1'

Posição (coordenada Y)	[y]	20.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.50	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.50	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	45.97	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.210	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.459	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.505	kN (65.4°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (1.35°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.017	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.002	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.019	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	1.503	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-2.997	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-9.808	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-6.602	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	7.250	μm (-114.42°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.051	mrاد (-0.18')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.043	mrاد (0.15')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.067	mrاد (0.23')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-2'

Posição (coordenada Y)	[y]	425.00	mm
Carga equivalente	[P]	2.31	kN
Carga equivalente	[P ₀]	2.31	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	22.48	
Força de reação do mancal	[F _x]	-0.136	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.300	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	2.309	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	2.313	kN (93.38°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.115	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.035	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.150	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	11.727	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	0.468	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-8.988	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-87.02°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.060	mrاد (-0.21')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.550	mrاد (-1.89')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.063	mrاد (-0.22')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.087	mrاد (0.3')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento-3'

Posição (coordenada Y)	[y]	942.00	mm
Carga equivalente	[P]	1.41	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.41	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	26.65	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	31.93	
Força de reação do mancal	[F _x]	-0.504	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	1.316	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	1.409	kN (110.96°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm

Torque de rolamento	$[M_{rr}]$	0.038	Nm
Torque de fricção	$[M_{sl}]$	0.008	Nm
Torque de atrito das vedações	$[M_{seal}]$	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	$[M_{drag}]$	0.000	Nm
Torque de fricção	$[M_{loss}]$	0.046	Nm
Potência dissipada	$[P_{loss}]$	3.591	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	2.591	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	-10.199	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	-6.771	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	7.250	μm (-69.06°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	0.223	mrad (0.77')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	-0.728	mrad (-2.5')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	0.088	mrad (0.3')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.240	mrad (0.83')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2	B3
1	2.00	2.00	2.00

Σ 2.00 2.00 2.00

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2	B3
27.14	27.14	27.14

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: Mancal de rolamento-1
B2: Mancal de rolamento-2
B3: Mancal de rolamento-3

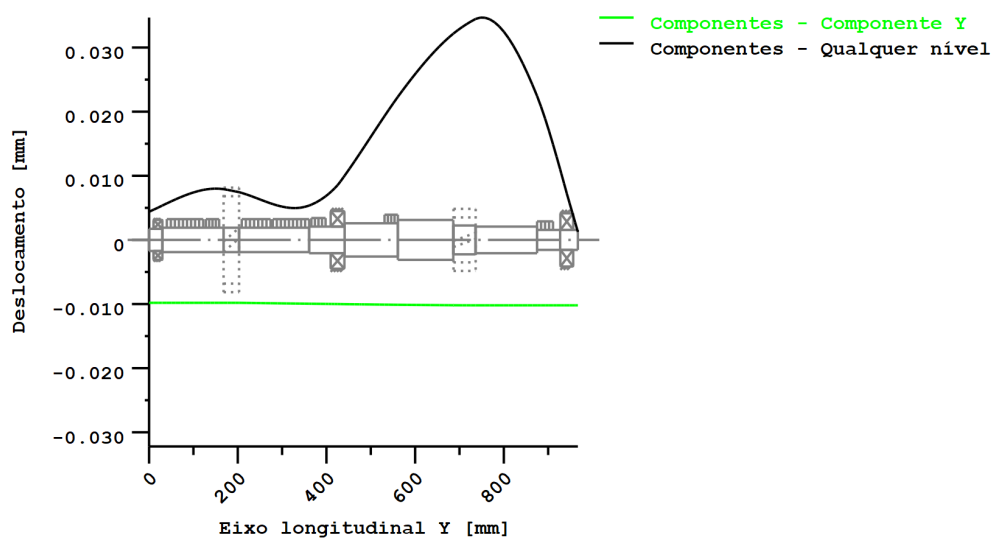
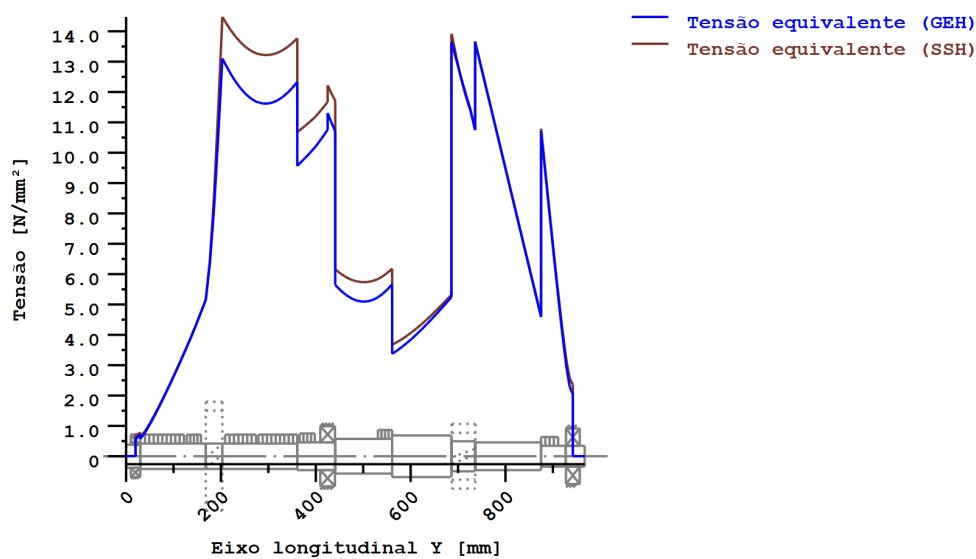


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 291.725626 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Nome : V-3-5

Modificado por: João Filipe

Data: 25.08.2020

Hora: 17:20:06

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	624.000
Velocidade (1/min)	116.00
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	25.230
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	40.268
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.109
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	4.272
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

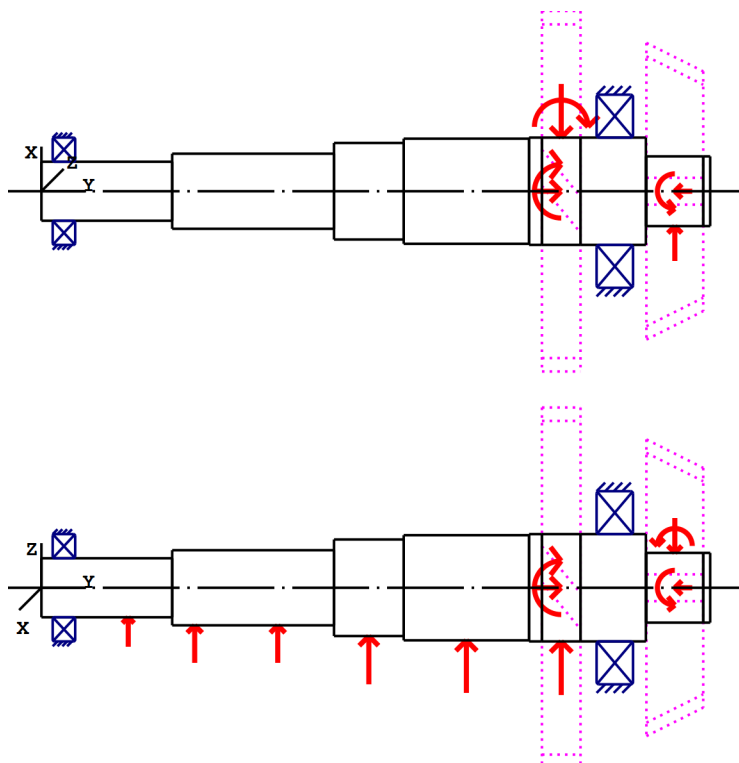


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (Eixo 1)

Contorno externo

<u>Cilindro (Cilindro)</u>			0.000mm ... 122.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000	
Comprimento (mm)	[l]	122.0000	
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000	

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta) 63.000mm ... 108.000mm
l=45.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)

<u>Cilindro (Cilindro)</u>			122.000mm ... 273.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	70.0000	
Comprimento (mm)	[l]	151.0000	
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000	

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta) 208.000mm ... 258.000mm
l=50.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)

Raio direita (Raio direita)
r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2μm/125μin)

<u>Cilindro (Cilindro)</u>			273.000mm ... 338.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	90.0000	
Comprimento (mm)	[l]	65.0000	
Rugosidade (μm)	[Rz]	8.0000	

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 338.000mm ... 455.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	98.0000
Comprimento (mm)	[l]	117.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta) 374.000mm ... 444.000mm

l=70.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio direita (Raio direita)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cilindro) 455.000mm ... 564.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	100.0000
Comprimento (mm)	[l]	109.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Cilindro (Cilindro) 564.000mm ... 624.000mm

Diâmetro (mm)	[d]	65.0000
Comprimento (mm)	[l]	60.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta) 574.000mm ... 619.000mm

l=45.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Raio esquerda (Raio esquerda)

r=0.50 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Forças

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

032

Posição no eixo (mm) [ylocal]

80.9999

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

80.9999

Comprimento da aplicação da força (mm)

82.0000

Potência (kW)

0.0000

Torque (Nm)

0.0000

Força axial (N)

0.0000

Força transversal X (N)

0.0000

Força transversal Z (N)

112.0000

Momento fletor X (Nm)

0.0000

Momento fletor Z (Nm)

0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

EH-7

Posição no eixo (mm) [ylocal]

143.0000

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

143.0000

Comprimento da aplicação da força (mm)

30.0000

Potência (kW)

0.0000

Torque (Nm)

0.0000

Força axial (N)

0.0000

Força transversal X (N)

0.0000

Força transversal Z (N)

57.4000

Momento fletor X (Nm)

0.0000

Momento fletor Z (Nm)

0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		047
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	220.4999
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	220.4999
Comprimento da aplicação da força (mm)		105.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		220.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-6
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	305.5000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	305.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)		45.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		163.2000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		055
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	396.5000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	396.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)		117.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		517.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo		EH-5
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	485.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	485.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		336.0000
Ângulo oblíquo (°)		15.1134 direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)		21.1240
Posição do contato (°)		0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		36.0000
Potência (kW)		15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)		-1234.8228
Força axial (N)		1985.0663
Força transversal X (N)		-2941.4527
Força transversal Z (N)		7350.1359
Momento fletor X (Nm)		-0.0000
Momento fletor Z (Nm)		333.4911

Tipo do elemento de força		Engrenagem cônica
Designação no modelo		EC-8
Posição no eixo (mm)	[y _{local}]	591.0000
Posição no sistema global (mm)	[y _{global}]	591.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)		250.0000
Dente reto		
Ângulo primitivo de referência (°)		45.0000 Ponta para a direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)		
		20.0000
Posição do contato (°)		90.0000
Largura de dente (mm)		75.0000
Potência (kW)		15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)		1234.8228
Força axial (N)		-2542.4095
Força transversal X (N)		9878.5827
Força transversal Z (N)		-2542.4095
Momento fletor X (Nm)		317.8012
Momento fletor Z (Nm)		-0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento
Tipo de mancal		SKF 6211
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{local}]	21.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	21.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	100.000
Largura (mm)	[b]	21.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.500
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	29.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	46.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.300
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		Mancal de rolamento
Tipo de mancal		SKF 6220
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{local}]	535.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	535.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo
Diâmetro interno (mm)	[d]	100.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	180.000
Largura (mm)	[b]	34.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	93.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	127.000
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	3.400
Valores para a geometria aproximada:		

Classificação da carga dinâmica básica (kN)

[C_{theo}] 0.000

Classificação da carga estática (kN)

[C_{0theo}] 0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-5' (y= 485.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.

EI (y= 467.0000 (mm)): 1011200.1354 (Nm²), EI (y= 503.0000 (mm)): 1011200.1354 (Nm²), m (yS= 485.0000 (mm)): 8.3074 (kg)

Jp: 0.0597 (kg*m²), Jxx: 0.0308 (kg*m²), Jzz: 0.0308 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cônica 'EC-8' (y= 591.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.

EI (y= 564.4835 (mm)): 180505.5442 (Nm²), EI (y= 617.5165 (mm)): 180505.5442 (Nm²), m (yS= 589.2115 (mm)): 6.7314 (kg)

Jp: 0.0247 (kg*m²), Jxx: 0.0139 (kg*m²), Jzz: 0.0139 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	23.615
Posição do máximo (mm)	233.625
Centro de massa (mm)	360.978
Soma da carga axial (N)	-557.343
Torção sob torque (°)	0.006

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: ISO-VG 220		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	20.00	°C

Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento'

Posição (coordenada Y)	[y]	21.00	mm
Carga equivalente	[P]	1.05	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.05	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	912.87	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	27.49	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.713	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-0.777	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	1.055	kN (-47.46°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (42.21°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.078	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.006	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm

Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013

Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.084	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	1.022	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-6.307	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-9.956	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	6.420	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	µm (134.49°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.099	mrad (0.34')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.069	mrad (0.24')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.121	mrad (0.42')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento'

Posição (coordenada Y)	[y]	535.00	mm
Carga equivalente	[P]	8.98	kN
Carga equivalente	[P ₀]	8.98	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	406312.50	h
Viscosidade operacional	[v]	912.87	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	10.36	
Força de reação do mancal	[F _x]	-7.650	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.557	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-4.704	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	8.981	kN (-148.42°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (79.93°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	1.050	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.306	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm

Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013

Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	1.357	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	16.479	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	10.287	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	6.179	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	12.000	µm (30.99°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.063	mrad (-0.22')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.052	mrad (0.18')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.126	mrad (-0.43')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.140	mrad (0.48')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga B1 B2

1 2.00 4.92

Σ 2.00 4.92

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1 B2

27.14 36.65

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{1/k}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: Mancal de rolamento

B2: Mancal de rolamento

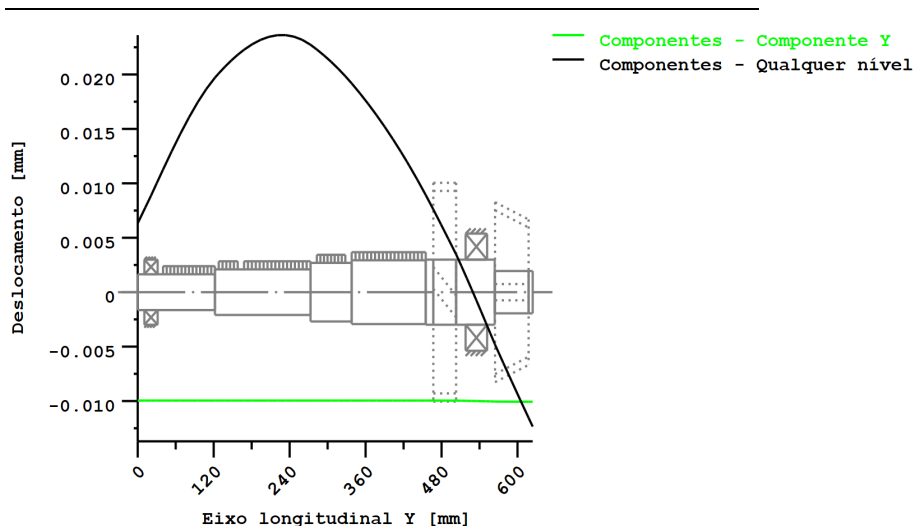
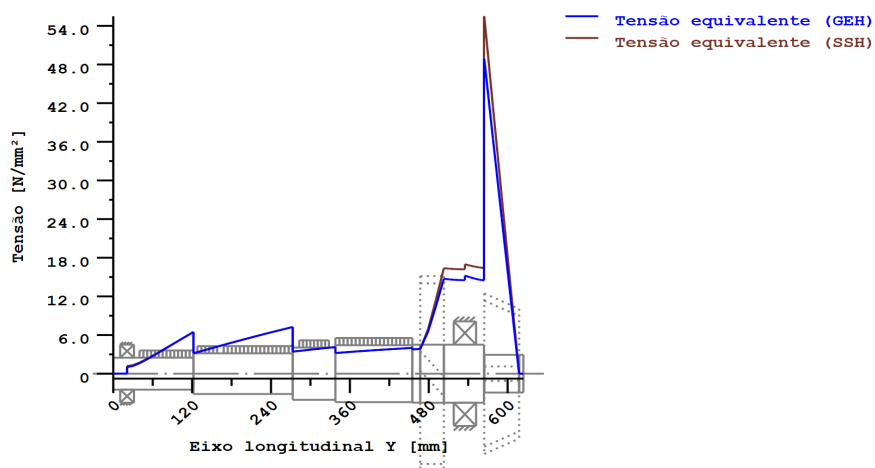


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 124.5395719 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012

Resumo

Eixo 1

Material	C45 (1)
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da resistência à fadiga e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	122.00	Ressalto do eixo
B-B	273.00	Ressalto do eixo
C-C	338.00	Ressalto do eixo
D-D	455.00	Ressalto do eixo
E-E	564.00	Ressalto do eixo

Resultados:

Seção transversal	K _{fb}	K _{fσ}	K _{2d}	SD	SS
A-A	2.68	0.91	0.87	13.42	44.50
B-B	2.95	0.91	0.85	10.62	39.38
C-C	2.73	0.91	0.83	19.76	69.05
D-D	1.93	0.91	0.83	28.28	68.13
E-E	3.04	0.91	0.86	3.22	6.01

Seguranças nominais:	1.20	1.20

Abreviaturas:

K_{fb}: Fator de entalhe flexão

K_{fσ}: Fator de superfície

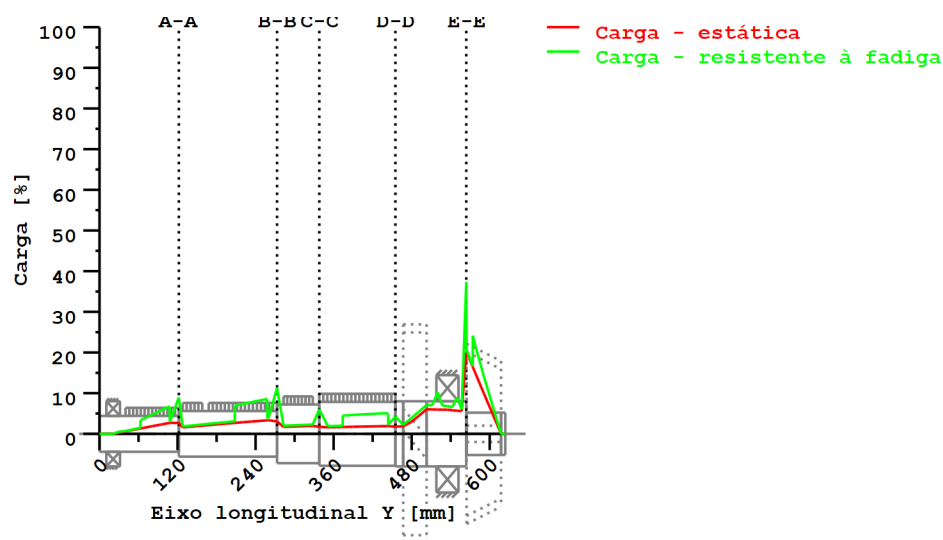
K_{2d}: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Utilização (%) [S_{min}/S]

Seção transversal	Estática	Resistente à fadiga
A-A	2.697	8.945
B-B	3.047	11.298
C-C	1.738	6.072
D-D	1.761	4.243
E-E	19.954	37.306
Utilização máxima (%)	[A]	37.306



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação	Eixo 1		
Desenho			
Comprimento (mm)	[l]	624.00	
Velocidade (1/min)	[n]	116.00	

Material	C45 (1)
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm)	[dB]	16.00
σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm ²)		
	[σ_B]	700.00
σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm ²)		
	[σ_S]	490.00
[σ_{zdW}] (bei dB) (N/mm ²)		280.00
[σ_{bW}] (bei dB) (N/mm ²)		350.00
[τ_{tW}] (bei dB) (N/mm ²)		210.00
Espessura matéria-prima (mm)	[dWerkst]	110.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3

Valores de resistência de material determinados a partir da espessura da matéria-prima

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro bruto

[σBeff] (N/mm²)	547.62
[σSeff] (N/mm²)	350.51
[σbF] (N/mm²)	420.61
[τtF] (N/mm²)	242.84
[σBRand] (N/mm²)	628.00
[σzdW] (N/mm²)	219.05
[σbW] (N/mm²)	273.81
[τtW] (N/mm²)	164.28

Resistência à fadiga perante esforço de nível único

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	122.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	70.000 0.500 7.500	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-0.4	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.4	104.4	0.0	991.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-1.3	177.6	0.0	1685.4
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	2375.8	16333.8	32667.7	2375.8

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	-0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.000	6.394	0.000	0.556
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	-0.001	10.870	0.000	0.946

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	0.782
[K1(σS)]	0.715

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	4.053	3.576
Quebra de tensão relacionada	[G']	4.863	4.863
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.332	1.332
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	3.043	2.685
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.913	0.913
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	3.138	3.192

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	69.810	85.788	74.140
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.068	0.085	0.073
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	69.058	85.788	73.645
Segurança contra fadiga	[S]		13.416	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1118.0	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.150	1.150	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	403.087	483.704	242.841
Segurança limite elástico	[S]		44.501	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		3708.4	

Seção transversal 'B-B' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	273.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	70.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	90.000 0.500 10.000	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

Tração/pressão Flexão Torção Cisalhamento

Carga: (N) (Nm)

Valor médio

[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-0.4	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	0.4	243.3	0.0	846.5
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-1.3	413.6	0.0	1439.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)				
[A, Wb, Wt, A]	3848.5	33673.9	67347.9	3848.5

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	-0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.000	7.225	0.000	0.293
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)	-0.000	12.283	0.000	0.499

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)]	0.782
[K1(σS)]	0.715

Tração/pressão Flexão Torção

Coefficiente de forma	[a]	4.483	3.933	2.489
Quebra de tensão relacionada	[G']	4.831	4.831	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.331	1.331	1.228
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	3.368	2.955	2.026
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.851	0.851
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.913	0.913	0.950
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000

Fator de influência total [K] 3.463 3.568 2.434

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²) [σmV] 0.000
Tensão média equivalente (N/mm²) [τmV] 0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

[σWK] 63.246 76.741 67.501

Fator de influência sens. média tensão.

[ψσK] 0.061 0.075 0.066
Amplitude tolerável (N/mm²) [σADK] 62.866 76.741 67.249
Segurança contra fadiga [S] 10.621
Segurança nominal contra fadiga [Smin] 1.200
Resultado (%) [S/Smin] 885.1

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática [K2F] 1.000 1.200 1.200
Fator de aumento [γF] 1.150 1.150 1.000

Limite de escoamento de componentes (N/mm²)

[σFK] 403.087 483.704 242.841
Segurança limite elástico [S] 39.382
Segurança nominal [Smin] 1.200
Resultado (%) [S/Smin] 3281.8

Seção transversal 'C-C' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm) [y] 338.000

Diâmetro externo (mm) [da] 90.000

Diâmetro interno (mm) [di] 0.000

Efeito de entalhe Ressalto do eixo

[D, r, t] (mm) 98.000 0.500 4.000

Rugosidade média (μm) [Rz] 8.000

Tração/pressão Flexão Torção Cisalhamento

Carga: (N) (Nm)

Valor médio

[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm] -0.4 0.0 0.0 0.0

Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa] 0.4 294.9 0.0 783.6

Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax] -1.3 501.4 0.0 1332.1

Seção transversal, torques de resistência: (mm²)

[A, Wb, Wt, A] 6361.7 71569.4 143138.8 6361.7

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²) -0.000 0.000 0.000 0.000

[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²) 0.000 4.121 0.000 0.164

[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²) -0.000 7.005 0.000 0.279

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σB)] 0.782

[K1(σS)] 0.715

Tração/pressão Flexão Torção

Coefficiente de forma [a] 3.920 3.638 2.235

Quebra de tensão relacionada [G'] 4.946 4.946 2.300

Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.335	1.335	1.228
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	2.937	2.725	1.820
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.834	0.834
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.913	0.913	0.950
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	3.032	3.362	2.234

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	72.242	81.434	73.523
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.071	0.080	0.072
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	71.938	81.434	73.341
Segurança contra fadiga	[S]		19.762	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1646.8	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.150	1.150	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	403.087	483.704	242.841
Segurança limite elástico	[S]		69.052	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		5754.3	

Seção transversal 'D-D' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	455.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	98.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	100.000	0.500 1.000
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]		-0.4	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]		0.4	369.1	0.0	724.2
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-1.3	627.5	0.0	1231.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		7543.0	92401.3	184802.6	7543.0

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	-0.000	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.000	3.995	0.000	0.128
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)	-0.000	6.791	0.000	0.218

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.782
	[K1(σS)]	0.715

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de forma	[a]	2.699	2.591	1.683
Quebra de tensão relacionada	[G']	5.201	5.201	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.343	1.343	1.228
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	2.009	1.929	1.370
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.828	0.828
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.913	0.913	0.950
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	2.104	2.424	1.707

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	0.000
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	104.095	112.971	96.261
Fator de influência sens. média tensão.				
	[ψσK]	0.105	0.115	0.096
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	103.546	112.971	95.992
Segurança contra fadiga	[S]		28.279	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2356.5	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γF]	1.100	1.100	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	385.561	462.674	242.841
Segurança limite elástico	[S]		68.130	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		5677.5	

Seção transversal 'E-E' Ressalto do eixo

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	564.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	65.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	0.000
Efeito de entalhe		Ressalto do eixo
[D, r, t] (mm)	100.000	0.500 17.500
Rugosidade média (µm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-1271.2	0.0	617.4	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	1271.2	363.5	617.4	10221.2
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		-4322.1	618.0	2099.2	17376.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		3318.3	26961.2	53922.5	3318.3

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	-0.383	0.000	11.450	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.383	13.484	11.450	4.107

[$\sigma_{z\max}$, $\sigma_{b\max}$, $\tau_{\max}$, $\tau_{q\max}$] (N/mm²) -1.303 22.922 38.930 6.982

Efeito tecnológico de tamanhos [K1(σ_B)] 0.782
[K1(σ_S)] 0.715

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de forma	[a]	4.695	4.019	2.583
Quebra de tensão relacionada	[G']	4.600	4.600	2.300
Sensibilidade ao entalhe	[n]	1.323	1.323	1.228
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	3.549	3.038	2.103
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.856	0.856
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.913	0.913	0.950
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	3.644	3.645	2.510

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²) [$\sigma_m V$] 19.828
Tensão média equivalente (N/mm²) [$\tau_m V$] 11.448

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σ_{WK}]	60.105	75.119	65.460
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi \sigma_K$]	0.058	0.074	0.064
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σ_{ADK}]	7.640	67.780	61.548
Segurança contra fadiga	[S]		3.217	
Segurança nominal contra fadiga	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		268.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.200	1.200
Fator de aumento	[γ_F]	1.150	1.150	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σ_{FK}]	403.087	483.704	242.841
Segurança limite elástico	[S]		6.014	
Segurança nominal	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		501.2	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
- Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.

Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

Fim do Relatório

linhas: 835

Nome : V-3-5-2

Modificado por: João Filipe

Data: 25.08.2020

Hora: 17:25:41

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	624.000
Velocidade (1/min)	116.00
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	25.230
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	40.268
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.109
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	4.272
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

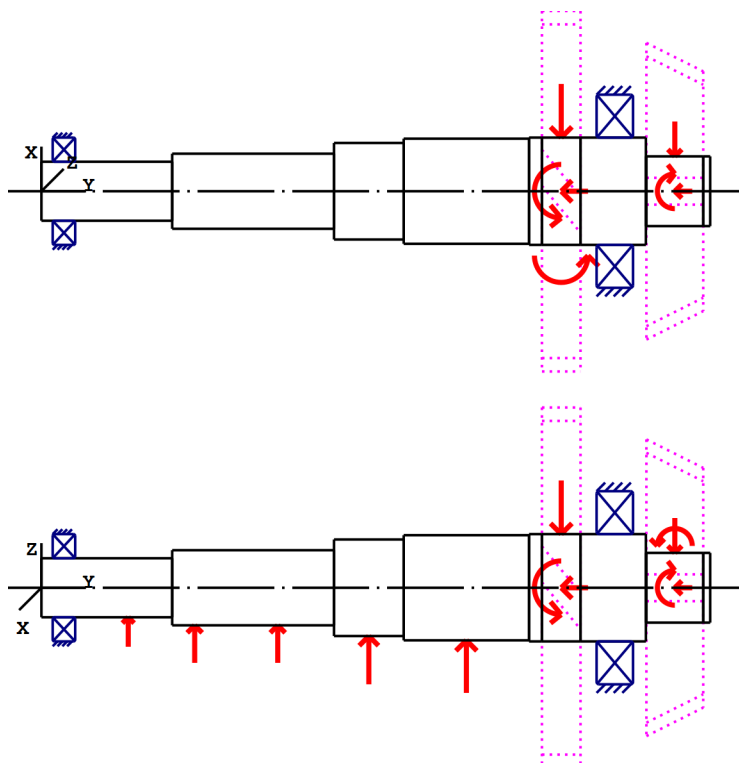


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		032
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	80.9999
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	80.9999
Comprimento da aplicação da força (mm)		82.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		112.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		EH-7
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	143.0000
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	143.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		30.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		57.4000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		047
Posição no eixo (mm)	[Ylocal]	220.4999
Posição no sistema global (mm)	[Yglobal]	220.4999

Comprimento da aplicação da força (mm)	105.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	220.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	EH-6
Posição no eixo (mm) [ylocal]	305.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	305.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)	45.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	163.2000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	055
Posição no eixo (mm) [ylocal]	396.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	396.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)	117.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	-0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	517.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-5
Posição no eixo (mm) [ylocal]	485.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	485.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	336.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.1134 direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	21.1240
Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	36.0000
Potência (kW)	15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	1234.8228
Força axial (N)	-1985.0663
Força transversal X (N)	-2941.4527
Força transversal Z (N)	-7350.1359
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	-333.4911

Tipo do elemento de força	Engrenagem cônica
Designação no modelo	EC-8
Posição no eixo (mm) [ylocal]	591.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	591.0000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	250.0000
Dente reto	
Ângulo primitivo de referência (°)	45.0000 Ponta para a direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	
	20.0000
Posição do contato (°)	90.0000
Largura de dente (mm)	75.0000
Potência (kW)	15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	-1234.8228
Força axial (N)	-2542.4095
Força transversal X (N)	-9878.5827
Força transversal Z (N)	-2542.4095
Momento fletor X (Nm)	317.8012
Momento fletor Z (Nm)	-0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento
Tipo de mancal		SKF 6211
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	21.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	21.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	100.000
Largura (mm)	[b]	21.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.500
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	29.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	46.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.300
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		Mancal de rolamento
Tipo de mancal		SKF 6220
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	535.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	535.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo
Diâmetro interno (mm)	[d]	100.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	180.000
Largura (mm)	[b]	34.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	93.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	127.000
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	3.400
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-5' (y= 485.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
EI (y= 467.0000 (mm)): 1011200.1354 (Nm²), EI (y= 503.0000 (mm)): 1011200.1354 (Nm²), m (yS= 485.0000 (mm)): 8.3074 (kg)
Jp: 0.0597 (kg*m²), Jxx: 0.0308 (kg*m²), Jzz: 0.0308 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cônica 'EC-8' (y= 591.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
EI (y= 564.4835 (mm)): 180505.5442 (Nm²), EI (y= 617.5165 (mm)): 180505.5442 (Nm²), m (yS= 589.2115 (mm)): 6.7314 (kg)
Jp: 0.0247 (kg*m²), Jxx: 0.0139 (kg*m²), Jzz: 0.0139 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	22.802
Posição do máximo (mm)	259.875
Centro de massa (mm)	360.978
Soma da carga axial (N)	-4527.476
Torção sob torque (°)	-0.006

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: ISO-VG 220		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	20.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento'

Posição (coordenada Y)	[y]	21.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.67	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.67	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	912.87	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	43.51	
Força de reação do mancal	[F _x]	-0.141	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.651	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.666	kN (102.24°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (0.06°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.061	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.003	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.064	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	0.776	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante µbl=0,15.

Deslocamento do mancal	[u _x]	2.218	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.044	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-8.722	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (-75.73°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.099	mrاد (-0.34')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.004	mrاد (0.01')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.099	mrاد (0.34')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento'

Posição (coordenada Y)	[y]	535.00	mm
Carga equivalente	[P]	15.54	kN
Carga equivalente	[P ₀]	15.54	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	78475.43	h
Viscosidade operacional	[v]	912.87	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	5.99	
Força de reação do mancal	[F _x]	12.961	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	4.527	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	8.567	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	15.537	kN (33.46°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (-78.53°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	1.967	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.796	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	2.764	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	33.570	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante μ_{bl}=0,15.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-10.035	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-6.581	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	12.000	μm (-146.74°)
Inclinação do mancal	[r _x]	0.097	mrاد (0.33')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.052	mrاد (-0.18')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.055	mrاد (0.19')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.112	mrاد (0.38')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	2.00	25.49

Σ 2.00 25.49

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2

27.14 63.40

Indicação: Utilização = (Lreq/Lh)^(1/k)

Rolamento de esferas: k = 3, mancal de rolamento: k = 10/3

B1: Mancal de rolamento

B2: Mancal de rolamento

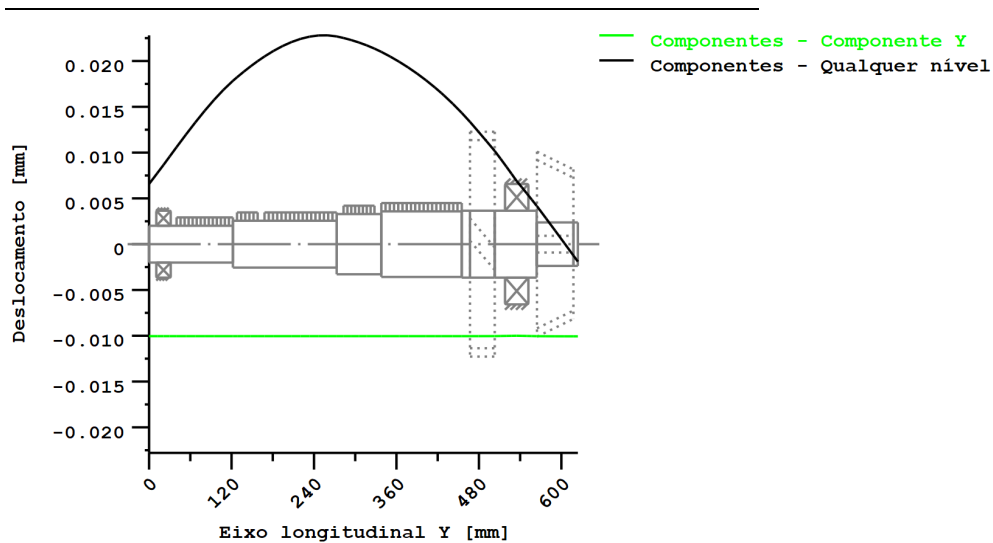
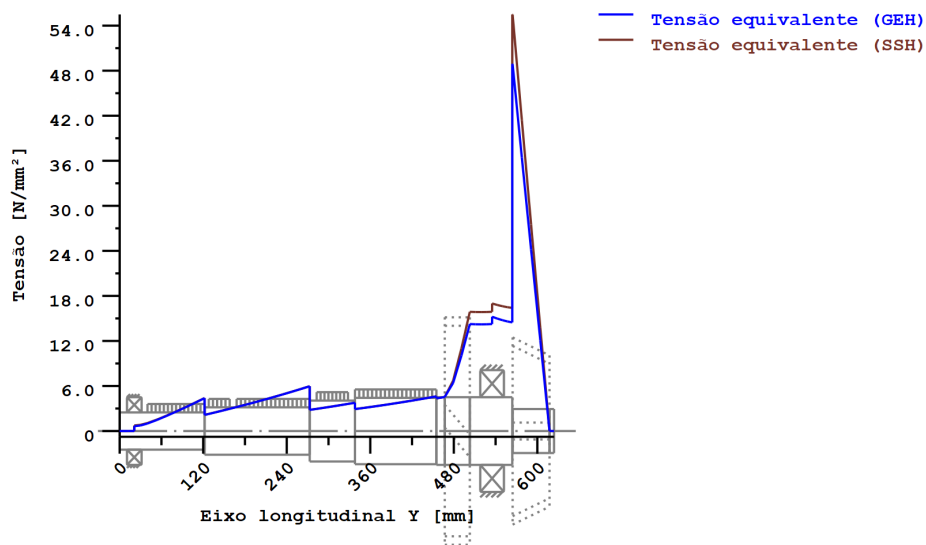


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 268.2320591 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 * (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 * (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Nome : V-3-6

Modificado por: João Filipe

Data: 25.08.2020

Hora: 17:30:58

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	624.000
Velocidade (1/min)	232.80
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	25.230
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	39.994
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.092
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	3.596
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

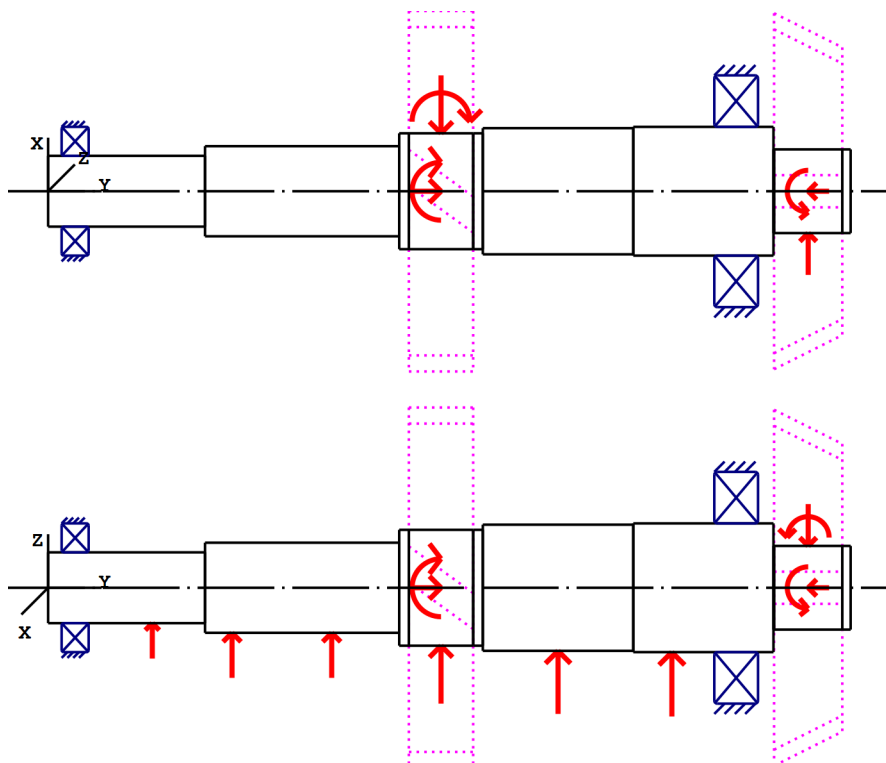


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

032

Posição no eixo (mm) [ylocal]

80.9999

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

80.9999

Comprimento da aplicação da força (mm)

82.0000

Potência (kW)

0.0000

Torque (Nm)

0.0000

Força axial (N)

0.0000

Força transversal X (N)

0.0000

Força transversal Z (N)

112.0000

Momento fletor X (Nm)

0.0000

Momento fletor Z (Nm)

0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

EH-7

Posição no eixo (mm) [ylocal]

143.0000

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

143.0000

Comprimento da aplicação da força (mm)

30.0000

Potência (kW)

0.0000

Torque (Nm)

0.0000

Força axial (N)

0.0000

Força transversal X (N)

0.0000

Força transversal Z (N)

57.4000

Momento fletor X (Nm)

0.0000

Momento fletor Z (Nm)

0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

047

Posição no eixo (mm) [ylocal]

220.4999

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

220.4999

Comprimento da aplicação da força (mm)	105.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	220.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	EH-5
Posição no eixo (mm) [ylocal]	485.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	485.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	36.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	174.7000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	055
Posição no eixo (mm) [ylocal]	396.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	396.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)	117.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	517.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-6
Posição no eixo (mm) [ylocal]	305.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	305.5000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	280.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.0244 direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	20.2479
Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	50.0000
Potência (kW)	15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	-615.2897
Força axial (N)	1179.6200
Força transversal X (N)	-1678.5719
Força transversal Z (N)	4394.9266
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	165.1468

Tipo do elemento de força	Engrenagem cônica
Designação no modelo	EC-8
Posição no eixo (mm) [ylocal]	591.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	591.0000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	250.0000
Dente reto	
Ângulo primitivo de referência (°)	45.0000 Ponta para a direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	
	20.0000
Posição do contato (°)	90.0000
Largura de dente (mm)	75.0000
Potência (kW)	15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	615.2897
Força axial (N)	-1266.8364
Força transversal X (N)	4922.3178
Força transversal Z (N)	-1266.8364
Momento fletor X (Nm)	158.3545
Momento fletor Z (Nm)	-0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento
Tipo de mancal		SKF 6211
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	21.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	21.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	100.000
Largura (mm)	[b]	21.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.500
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	29.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	46.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.300
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		Mancal de rolamento
Tipo de mancal		SKF 6220
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	535.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	535.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo
Diâmetro interno (mm)	[d]	100.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	180.000
Largura (mm)	[b]	34.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	93.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	127.000
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	3.400
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-6' (y= 305.5000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 280.5000 (mm)): 663448.4088 (Nm²), EI (y= 330.5000 (mm)): 663448.4088 (Nm²), m (yS= 305.5000 (mm)): 8.0330 (kg)
 Jp: 0.0425 (kg*m²), Jxx: 0.0229 (kg*m²), Jzz: 0.0229 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cônica 'EC-8' (y= 591.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 564.4835 (mm)): 180505.5442 (Nm²), EI (y= 617.5165 (mm)): 180505.5442 (Nm²), m (yS= 589.2115 (mm)): 6.7314 (kg)
 Jp: 0.0247 (kg*m²), Jxx: 0.0139 (kg*m²), Jzz: 0.0139 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	42.038
Posição do máximo (mm)	233.625
Centro de massa (mm)	360.978
Soma da carga axial (N)	-87.216
Torção sob torque (°)	0.012

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: ISO-VG 220		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	20.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento'

Posição (coordenada Y)	[y]	21.00	mm
Carga equivalente	[P]	2.32	kN
Carga equivalente	[P ₀]	2.32	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	564033.45	h
Viscosidade operacional	[v]	912.87	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	12.49	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.964	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-2.112	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	2.322	kN (-65.48°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (0°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.163	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.021	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.184	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	4.482	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	-3.713	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	-9.840	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	8.198	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	9.000	μm (114.37°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	0.250	mrاد (0.86')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	0.101	mrاد (0.35')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.269	mrاد (0.93')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento'

Posição (coordenada Y)	$[y]$	535.00	mm
Carga equivalente	$[P]$	4.54	kN
Carga equivalente	$[P_0]$	4.54	kN
Fator para probabilidade de falha	$[a_1]$	1.000	
Vida útil nominal rolamento	$[L_{nh}]$	> 1000000	h
Viscosidade operacional	$[v]$	912.87	mm ² /s
Fator de segurança estático	$[S_0]$	20.49	
Força de reação do mancal	$[F_x]$	-4.208	kN
Força de reação do mancal	$[F_y]$	0.086	kN
Força de reação do mancal	$[F_z]$	-1.701	kN
Força de reação do mancal	$[F_r]$	4.539	kN (-157.99°)
Nível do óleo	$[H]$	0.000	mm
Torque de rolamento	$[M_{rr}]$	0.802	Nm
Torque de fricção	$[M_{sl}]$	0.098	Nm
Torque de atrito das vedações	$[M_{seal}]$	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	$[M_{drag}]$	0.000	Nm
Torque de fricção	$[M_{loss}]$	0.900	Nm
Potência dissipada	$[P_{loss}]$	21.936	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	11.262	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	-10.000	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	4.143	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	12.000	μm (20.19°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	-0.145	mrاد (-0.5')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	0.174	mrاد (0.6')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	-0.138	mrاد (-0.47')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.200	mrاد (0.69')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	3.55	2.00

Σ 3.55 2.00

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1 B2

32.85 27.14

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: Mancal de rolamento

B2: Mancal de rolamento

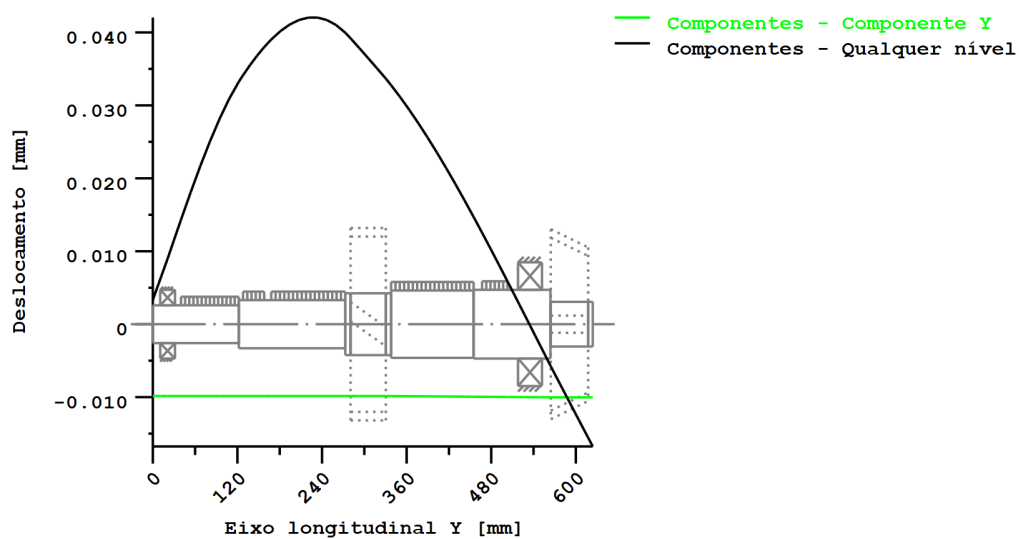
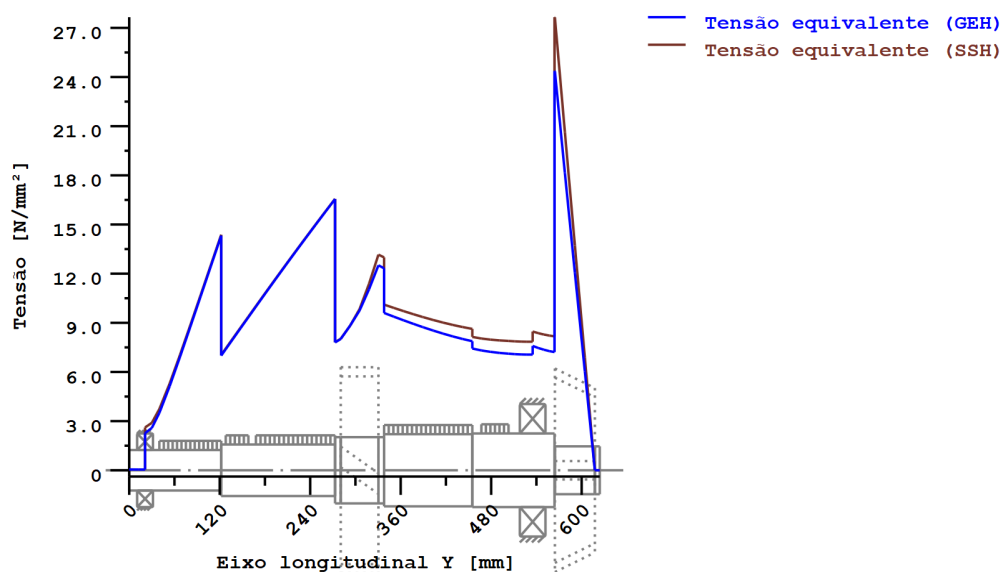


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 111.0146906 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Team-SolidSQUAD

Arquivo

Nome : V-3-7

Modificado por: João Filipe

Data: 25.08.2020

Hora: 17:34:23

Cálculo de veios, eixos e suportes**Dados de entrada**

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Eixo 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	624.000
Velocidade (1/min)	465.50
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	25.230
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	34.673
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.057
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.254
Posição na câmara (°)	0.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

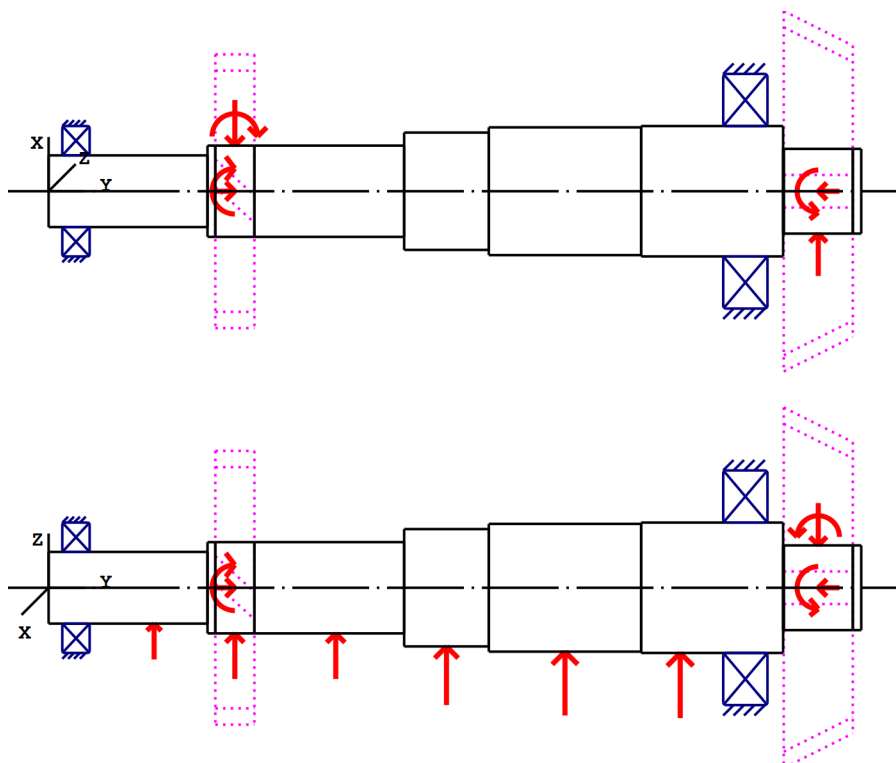


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

032

Posição no eixo (mm) [ylocal]

80.9999

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

80.9999

Comprimento da aplicação da força (mm)

82.0000

Potência (kW)

0.0000

Torque (Nm)

0.0000

Força axial (N)

0.0000

Força transversal X (N)

0.0000

Força transversal Z (N)

112.0000

Momento fletor X (Nm)

0.0000

Momento fletor Z (Nm)

0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

EH-6

Posição no eixo (mm) [ylocal]

305.5000

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

305.5000

Comprimento da aplicação da força (mm)

50.0000

Potência (kW)

0.0000

Torque (Nm)

0.0000

Força axial (N)

0.0000

Força transversal X (N)

0.0000

Força transversal Z (N)

182.1700

Momento fletor X (Nm)

0.0000

Momento fletor Z (Nm)

0.0000

Tipo do elemento de força

Carga cêntrica

Designação no modelo

047

Posição no eixo (mm) [ylocal]

220.4999

Posição no sistema global (mm) [yglobal]

220.4999

Comprimento da aplicação da força (mm)	105.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	220.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	EH-5
Posição no eixo (mm) [ylocal]	485.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	485.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	36.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	174.7000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Carga cêntrica
Designação no modelo	055
Posição no eixo (mm) [ylocal]	396.5000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	396.5000
Comprimento da aplicação da força (mm)	117.0000
Potência (kW)	0.0000
Torque (Nm)	0.0000
Força axial (N)	0.0000
Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	517.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000

Tipo do elemento de força	Engrenagem cilíndrica
Designação no modelo	EH-7
Posição no eixo (mm) [ylocal]	143.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	143.0000
Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	210.0000
Ângulo oblíquo (°)	15.1314 direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	21.2950
Posição do contato (°)	0.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)	30.0000
Potência (kW)	15.0000 acionado (entrada)
Torque (Nm)	-307.7110
Força axial (N)	792.4523
Força transversal X (N)	-1183.3159
Força transversal Z (N)	2930.5805
Momento fletor X (Nm)	-0.0000
Momento fletor Z (Nm)	83.2075

Tipo do elemento de força	Engrenagem cônica
Designação no modelo	EC-8
Posição no eixo (mm) [ylocal]	591.0000
Posição no sistema global (mm) [yglobal]	591.0000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)	250.0000
Dente reto	
Ângulo primitivo de referência (°)	45.0000 Ponta para a direita
Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)	
	20.0000
Posição do contato (°)	90.0000
Largura de dente (mm)	75.0000
Potência (kW)	15.0000 acionante (saída)
Torque (Nm)	307.7110
Força axial (N)	-633.5543
Força transversal X (N)	2461.6876
Força transversal Z (N)	-633.5543
Momento fletor X (Nm)	79.1943
Momento fletor Z (Nm)	-0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento
Tipo de mancal		SKF 6211
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	21.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	21.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	100.000
Largura (mm)	[b]	21.000
Raio de canto (mm)	[r]	1.500
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	29.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	46.200
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.300
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		Mancal de rolamento
Tipo de mancal		SKF 6220
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	535.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	535.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo
Diâmetro interno (mm)	[d]	100.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	180.000
Largura (mm)	[b]	34.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.100
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	93.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	127.000
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	3.400
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cilíndrica 'EH-7' (y= 143.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 128.0000 (mm)): 242789.1525 (Nm²), EI (y= 158.0000 (mm)): 242789.1525 (Nm²), m (yS= 143.0000 (mm)): 2.7120 (kg)
 Jp: 0.0083 (kg*m²), Jxx: 0.0044 (kg*m²), Jzz: 0.0044 (kg*m²)

Eixo 'Eixo 1': Engrenagem cônica 'EC-8' (y= 591.0000 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 564.4835 (mm)): 180505.5442 (Nm²), EI (y= 617.5165 (mm)): 180505.5442 (Nm²), m (yS= 589.2115 (mm)): 6.7314 (kg)
 Jp: 0.0247 (kg*m²), Jxx: 0.0139 (kg*m²), Jzz: 0.0139 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	32.897
Posição do máximo (mm)	207.375
Centro de massa (mm)	360.978
Soma da carga axial (N)	158.898
Torção sob torque (°)	0.019

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: ISO-VG 220		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	20.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento'

Posição (coordenada Y)	[y]	21.00	mm
Carga equivalente	[P]	2.72	kN
Carga equivalente	[P ₀]	2.72	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	175905.93	h
Viscosidade operacional	[v]	912.87	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	10.67	
Força de reação do mancal	[F _x]	1.008	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-2.524	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	2.718	kN (-68.22°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (180°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.212	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.028	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.239	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	11.660	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	-3.195	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	10.257	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	8.414	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	9.000	μm (110.79°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	0.209	mrad (0.72')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	0.000	mrad (0')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	0.093	mrad (0.32')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.229	mrad (0.79')

Eixo 'Eixo 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento'

Posição (coordenada Y)	$[y]$	535.00	mm
Carga equivalente	$[P]$	2.37	kN
Carga equivalente	$[P_0]$	2.37	kN
Fator para probabilidade de falha	$[a_1]$	1.000	
Vida útil nominal rolamento	$[L_{nh}]$	> 1000000	h
Viscosidade operacional	$[v]$	912.87	mm ² /s
Fator de segurança estático	$[S_0]$	39.17	
Força de reação do mancal	$[F_x]$	-2.287	kN
Força de reação do mancal	$[F_y]$	-0.159	kN
Força de reação do mancal	$[F_z]$	-0.638	kN
Força de reação do mancal	$[F_r]$	2.374	kN (-164.4°)
Nível do óleo	$[H]$	0.000	mm
Torque de rolamento	$[M_{rr}]$	0.769	Nm
Torque de fricção	$[M_{sl}]$	0.033	Nm
Torque de atrito das vedações	$[M_{seal}]$	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	$[M_{drag}]$	0.000	Nm
Torque de fricção	$[M_{loss}]$	0.803	Nm
Potência dissipada	$[P_{loss}]$	39.135	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	$[u_x]$	11.570	μm
Deslocamento do mancal	$[u_y]$	10.000	μm
Deslocamento do mancal	$[u_z]$	3.184	μm
Deslocamento do mancal	$[u_r]$	12.000	μm (15.39°)
Inclinação do mancal	$[r_x]$	-0.103	mrad (-0.35')
Inclinação do mancal	$[r_y]$	0.312	mrad (1.07')
Inclinação do mancal	$[r_z]$	-0.107	mrad (-0.37')
Inclinação do mancal	$[r_r]$	0.149	mrad (0.51')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2
1	11.37	2.00

Σ 11.37 2.00

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1 B2

48.45 27.14

Indicação: Utilização = $(L_{req}/L_h)^{(1/k)}$

Rolamento de esferas: $k = 3$, mancal de rolamento: $k = 10/3$

B1: Mancal de rolamento

B2: Mancal de rolamento

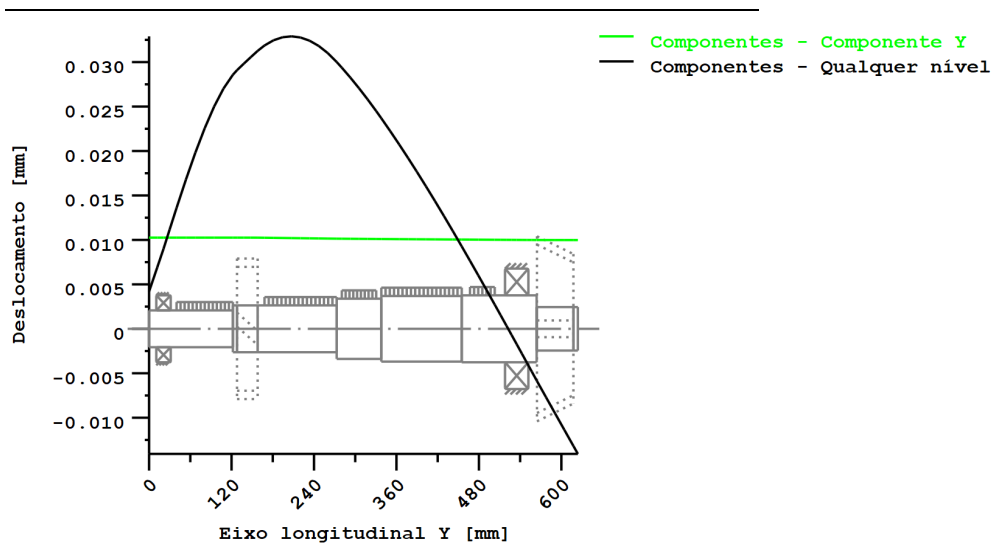
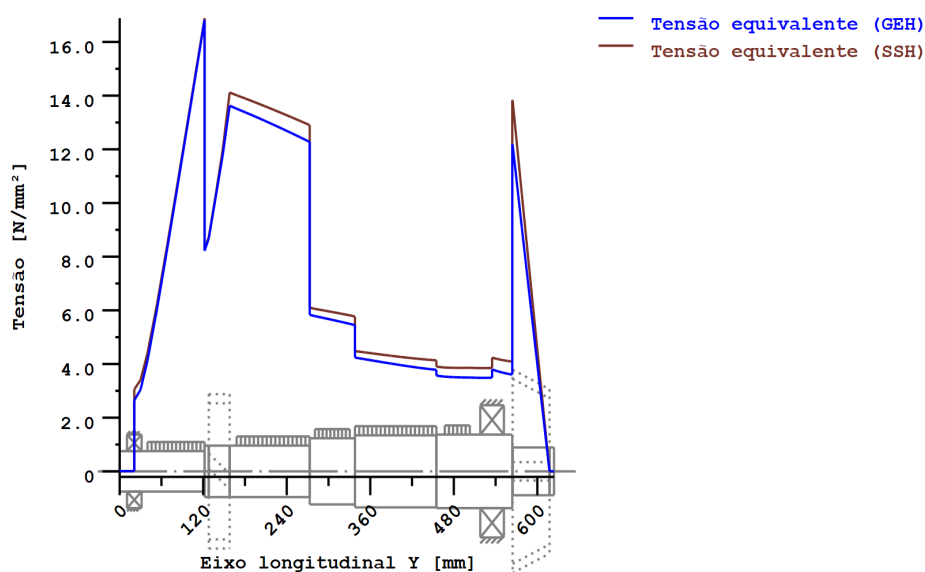


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 113.699796 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão
 GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$
 SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Nome : V-4-v1

Modificado por: João Filipe

Data: 25.08.2020

Hora: 23:43:04

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Shaft 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	621.000
Velocidade (1/min)	116.40
Sentido de rotação: dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	24.027
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	31.216
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.056
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.201
Posição na câmara (°)	270.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

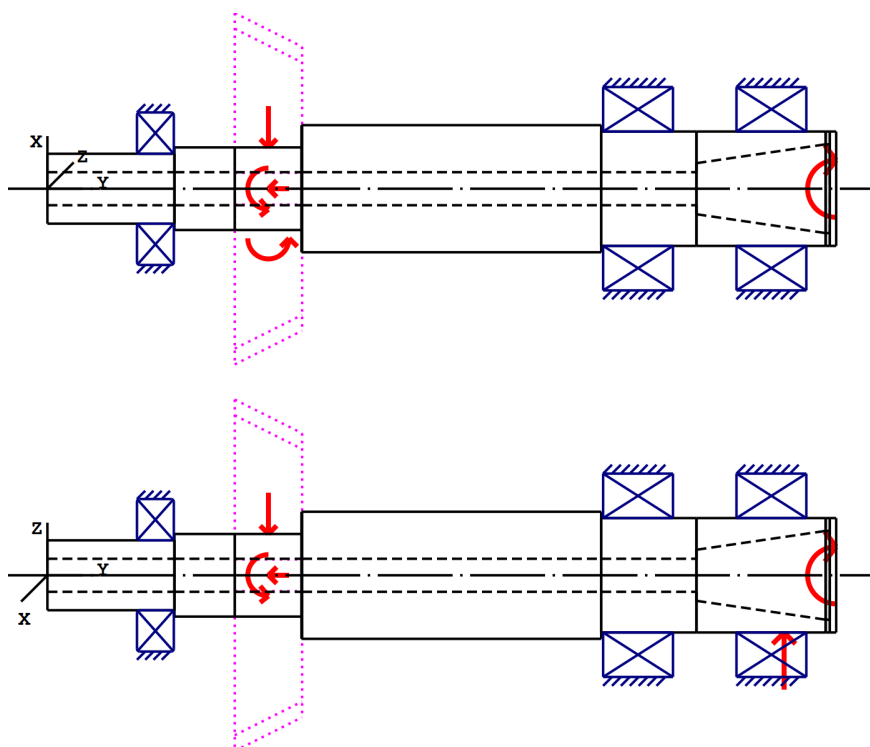


Figura: Aplicações da carga

Definição do eixo (Shaft 1)

Contorno externo

Cilindro (Cylinder)			0.000mm ... 100.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	55.0000	
Comprimento (mm)	[l]	100.0000	
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000	

Raio direita (Radius right)

r=1.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cylinder)			100.000mm ... 200.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	65.0000	
Comprimento (mm)	[l]	100.0000	
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000	

Raio direita (Radius right)

r=1.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Ranhura da chaveta (Ranhura da chaveta)

150.000mm ... 195.000mm

l=45.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Cilindro (Cylinder)			200.000mm ... 436.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	100.0000	
Comprimento (mm)	[l]	236.0000	
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000	

Cilindro (Cylinder)			436.000mm ... 621.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	90.0000	
Comprimento (mm)	[l]	185.0000	
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000	

Raio esquerda (Radius left)

r=1.00 (mm), Rz=8.0, Rodado (Ra=3.2µm/125µin)

Contorno interno

Furo cilíndrico (Cylinder inside)		0.000mm ... 511.000mm
Diâmetro (mm)	[d]	26.0000
Comprimento (mm)	[l]	511.0000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Furo cônico (Conical bore)		511.000mm ... 612.750mm
Diâmetro lado esquerdo (mm)	[d _l]	40.1800
Diâmetro lado direito (mm)	[d _r]	69.8600
Comprimento (mm)	[l]	101.7500
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Furo cilíndrico (Cylinder inside)		612.750mm ... 615.950mm
Diâmetro (mm)	[d]	69.8600
Comprimento (mm)	[l]	3.2000
Rugosidade (µm)	[Rz]	8.0000

Forças

Tipo do elemento de força

Engrenagem cônica

Designação no modelo

Engrenagem cônica / engrenagem hipóide

Posição no eixo (mm) [y_{local}]

174.0000

Posição no sistema global (mm) [y_{global}]

174.0000

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

250.0000

Dente reto

Ângulo primitivo de referência (°)

45.0000 Ponta para a direita

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

20.0000

Posição do contato (°)

0.0000

Largura de dente (mm)

75.0000

Potência (kW)

15.0000 acionado (entrada)

Torque (Nm)

1230.5795

Força axial (N)

-2533.6727

Força transversal X (N)

-2533.6727

Força transversal Z (N)

-9844.6357

Momento fletor X (Nm)

0.0000

Momento fletor Z (Nm)

-316.7091

Tipo do elemento de força

Acoplamento/motor

Designação no modelo

Acoplamento/motor

Posição no eixo (mm) [y_{local}]

621.0000

Posição no sistema global (mm) [y_{global}]

621.0000

Diâmetro efetivo (mm)

0.0000

Fator força radial (-)

0.0000

Direção da força radial (°)

0.0000

Fator força axial (-)

0.0000

Comprimento da aplicação da força (mm)

0.0000

Potência (kW)

15.0000 acionante (saída)

Torque (Nm)

-1230.5795

Força axial (N)

0.0000

Força transversal X (N)

0.0000

Força transversal Z (N)

0.0000

Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000
Massas (kg)	0.0000
Momento de inércia de massa Jp (kg*m²)	0.0000
Momento de inércia de massa Jxx (kg*m²)	0.0000
Momento de inércia de massa Jzz (kg*m²)	0.0000
Excentricidade (mm)	0.0000

Tipo do elemento de força		Carga cêntrica
Designação no modelo		Carga cêntrica
Posição no eixo (mm)	[ylocal]	580.0000
Posição no sistema global (mm)	[yglobal]	580.0000
Comprimento da aplicação da força (mm)		0.0000
Potência (kW)		0.0000
Torque (Nm)		-0.0000
Força axial (N)		0.0000
Força transversal X (N)		0.0000
Força transversal Z (N)		91700.0000
Momento fletor X (Nm)		0.0000
Momento fletor Z (Nm)		0.0000

Mancal

Designação no modelo		Mancal de rolamento 1
Tipo de mancal		SKF 6311
Design do mancal		Rolamento de esferas (fila única)
		SKF Explorer
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	85.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	85.000
Fixação do anel externo		Mancal livre
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	120.000
Largura (mm)	[b]	29.000
Raio de canto (mm)	[r]	2.000
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	45.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C]	74.100
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.900
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)		
	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo		Rolamento 2
Tipo de mancal		FAG 33218
Design do mancal		Mancal de rolo de contato cônico (fila única)
Posição do mancal (mm)	[ylocal]	465.000
Posição do mancal (mm)	[yglobal]	465.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo colocado do lado esquerdo
Diâmetro interno (mm)	[d]	90.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	160.000
Largura (mm)	[b]	55.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.000
O ângulo de pressão do mancal é tido em conta no cálculo		
Posição (ponto médio de pressão)		(mm) 437.5000

Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	5300.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	3450.000
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	640.000
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Designação no modelo	Rolamento 3
Tipo de mancal	FAG 33218
Design do mancal	Mancal de rolo de contato cônico (fila única)

Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	570.000
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	570.000
Fixação do anel externo		Mancal fixo colocado do lado direito
Diâmetro interno (mm)	[d]	90.000
Diâmetro externo (mm)	[D]	160.000
Largura (mm)	[b]	55.000
Raio de canto (mm)	[r]	0.000

O ângulo de pressão do mancal é tido em conta no cálculo

Posição (ponto médio de pressão) (mm) 597.5000

Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	5300.000
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	3450.000
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	640.000
Valores para a geometria aproximada:		
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000

Eixo 'Shaft 1': Engrenagem cônica 'Engrenagem cônica / engrenagem hipóide' (y= 173.7417 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.

El (y= 147.4835 (mm)): 175884.6022 (Nm²), El (y= 200.0000 (mm)): 175884.6022 (Nm²), m (yS= 172.6510 (mm)): 7.1464 (kg)
Jp: 0.0274 (kg*m²), Jxx: 0.0153 (kg*m²), Jzz: 0.0153 (kg*m²)

Eixo 'Shaft 1': Engrenagem cônica 'Engrenagem cônica / engrenagem hipóide' (y= 200.2583 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.

El (y= 200.0000 (mm)): 1006579.1934 (Nm²), El (y= 200.5165 (mm)): 1006579.1934 (Nm²), m (yS= 200.2583 (mm)): 0.0433 (kg)
Jp: 0.0002 (kg*m²), Jxx: 0.0001 (kg*m²), Jzz: 0.0001 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (μm)	14.089
Posição do máximo (mm)	147.483
Centro de massa (mm)	343.746
Soma da carga axial (N)	-2533.673
Torção sob torque (°)	-0.051

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Klübersynth EG 4-220		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Shaft 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento 1'

Posição (coordenada Y)	[y]	85.00	mm
Carga equivalente	[P]	7.28	kN
Carga equivalente	[P ₀]	7.28	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	151029.74	h
Viscosidade operacional	[v]	45.79	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	6.18	
Força de reação do mancal	[F _x]	2.636	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	6.786	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	7.279	kN (68.77°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (180°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.049	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.281	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.330	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	4.021	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante µ_{bl}=0,15.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-3.566	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.437	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-8.263	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	µm (-113.34°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.073	mrاد (-0.25')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.009	mrاد (0.03')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.074	mrاد (0.25')

Eixo 'Shaft 1' Mancal de rolamento 'Rolamento 2'

Posição (coordenada Y)	[y]	465.00	mm
Carga equivalente	[P]	46.93	kN
Carga equivalente	[P ₀]	27.21	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	45.79	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	194.78	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.241	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	31.214	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-5.721	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	5.726	kN (-87.59°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	157.32	Nm

Torque de reação do mancal	[My]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[Mz]	6.63	Nm
Torque de reação do mancal	[Mr]	157.46	Nm (2.41°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	2.723	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	13.226	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	15.949	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	194.406	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-0.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-10.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-0.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	0.000	µm
Inclinação do mancal	[r _x]	0.038	mrاد (0.13')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.451	mrاد (-1.55')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.004	mrاد (-0.01')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.038	mrاد (0.13')

Eixo 'Shaft 1' Mancal de rolamento 'Rolamento 3'

Posição (coordenada Y)	[y]	570.00	mm
Carga equivalente	[P]	82.93	kN
Carga equivalente	[P ₀]	82.93	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	45.79	mm²/s
Fator de segurança estático	[S ₀]	63.91	
Força de reação do mancal	[F _x]	-0.344	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	-28.993	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-82.927	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	82.928	kN (-90.24°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	-2280.49	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	9.46	Nm
Torque de reação do mancal	[Mr]	2280.51	Nm (179.76°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	2.691	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	13.859	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	16.550	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	201.736	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-0.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _y]	-13.035	µm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-0.000	µm
Deslocamento do mancal	[u _r]	0.000	µm
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.122	mrاد (-0.42')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.728	mrاد (-2.5')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.001	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.122	mrاد (0.42')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2	B3
1	13.24	2.00	2.00

Σ 13.24 2.00 2.00

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2	B3
50.97	30.92	30.92

Indicação: Utilização = (Lreq/Lh)^(1/k)

Rolamento de esferas: k = 3, mancal de rolamento: k = 10/3

B1: Mancal de rolamento 1

B2: Rolamento 2

B3: Rolamento 3

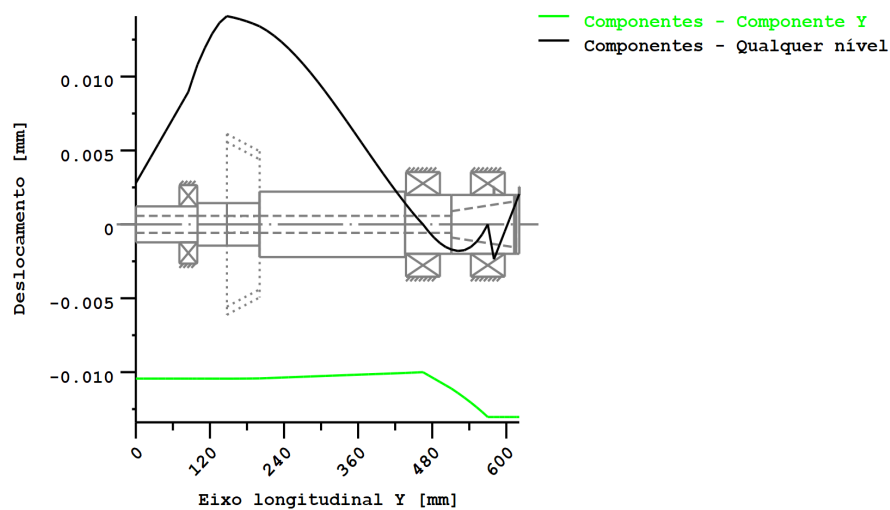
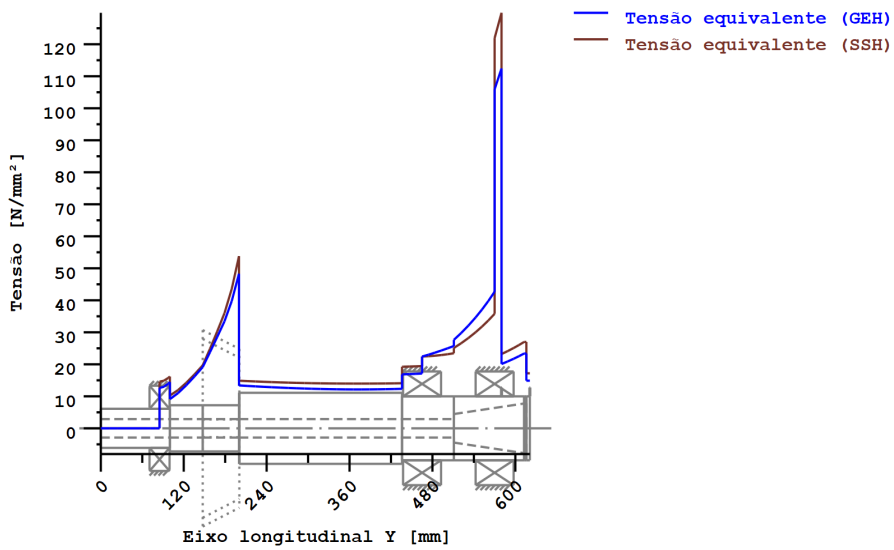


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 251.9298496 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

Cálculo da resistência em conformidade com DIN 743:2012

Resumo

Shaft 1

Material	C45 (1)
Tipo de material	Aço beneficiado
Tratamento do material	sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies	Nenhum

Cálculo da resistência à fadiga e da resistência estática

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal	Posição (coord Y) (mm)	
A-A	100.00	Eixo liso
B-B	200.00	Eixo liso
C-C	436.00	Eixo liso
D-D	511.00	Eixo liso

Resultados:

Seção transversal	Kfb	Kfσ	K2d	SD	SS
A-A	1.00	0.91	0.87	31.16	32.28
B-B	1.00	0.91	0.86	4.79	4.63
C-C	1.00	0.91	0.83	15.40	13.48
D-D	1.00	0.91	0.83	9.94	12.81

Seguranças nominais:	1.20	1.20

Abreviaturas:

Kfb: Fator de entalhe flexão

Kfσ: Fator de superfície

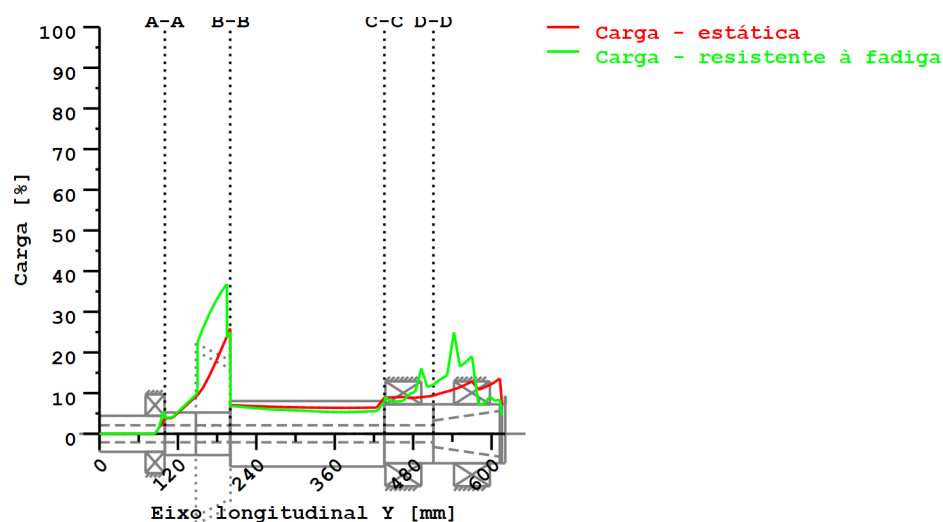
K2d: fator dimensional flexão

SD: Segurança resistência à fadiga

SS: Segurança limite de elasticidade

Utilização (%) [Smin/S]

Seção transversal	Estática		Resistente à fadiga
A-A	3.717	3.851	
B-B	25.912	25.053	
C-C	8.901	7.793	
D-D	9.370	12.067	
Utilização máxima (%)	[A]	25.912	



Utilização = S_{min}/S (%)

Figura: Resistência

Detalhes de cálculo

Indicações gerais

Designação Shaft 1
Desenho
Comprimento (mm) [l] 621.00
Velocidade (1/min) [n] 116.40

Material C45 (1)
Tipo de material Aço beneficiado
Tratamento do material sem liga, beneficiado
Tratamento de superfícies Nenhum

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Fator de carga cálculo estático	1.700	1.700	1.700	1.700
Fator de carga resistência à fadiga	1.000	1.000	1.000	1.000

Diâmetro de referência de material (mm) [dB] 16.00
 σ_B em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σB] 700.00
 σ_S em conformidade com a norma DIN 743 (em dB) (N/mm²) [σS] 490.00
 $[\sigma_{zdW}]$ (bei dB) (N/mm²) 280.00
 $[\sigma_{bW}]$ (bei dB) (N/mm²) 350.00
 $[\tau_{tW}]$ (bei dB) (N/mm²) 210.00
 Espessura matéria-prima (mm) [dWerkst] 110.00

Dados do material calculados com K1(d), em conformidade com a norma DIN 743/3
 Valores de resistência de material determinados a partir da espessura da matéria-prima

Fator geométrico de dimensões K1d calculado com diâmetro bruto

[σBeff] (N/mm²)	547.62
[σSeff] (N/mm²)	350.51
[σbF] (N/mm²)	420.61
[τtF] (N/mm²)	242.84
[σBRand] (N/mm²)	628.00

[σzdW] (N/mm²)	219.05
[σbW] (N/mm²)	273.81
[τtW] (N/mm²)	164.28

Resistência à fadiga perante esforço de nível único

Cálculo para caso de esforço 2 ($\sigma_{av}/\sigma_{mv} = \text{const}$)

Seção transversal 'A-A' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	100.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	55.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	26.000
Efeito de entalhe	Eixo liso	
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

	Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)				
Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-7.1	0.0	0.0	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	7.1	109.2	0.0	7279.4
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-24.1	185.6	0.0	12375.0
Seção transversal, torques de resistência: (mm²)				
[A, Wb, Wt, A]	1844.9	15518.1	31036.3	1844.9

Tensões: (N/mm²)				
[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm²)	-0.004	0.000	0.000	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm²)	0.004	7.034	0.000	7.294
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm²)	-0.013	11.958	0.000	12.399

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.782
	[K1(σS)]	0.715

	Tração/pressão	Flexão	Torção
Coefficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.867
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.913	0.913
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.095	1.249

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm²)	[σmV]	-0.004
Tensão média equivalente (N/mm²)	[τmV]	0.000

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	200.009	219.290	136.220
Fator de influência sens. média tensão.	[ψσK]	0.223	0.250	0.142

Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σADK]	257.550	219.320	136.220
Segurança contra fadiga	[S]		31.164	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2597.0	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.100	1.000
Fator de aumento	[γF]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σFK]	350.510	385.561	202.367
Segurança limite elástico	[S]		32.281	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		2690.1	

Seção transversal 'B-B' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	200.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	65.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	26.000
Efeito de entalhe		Eixo liso
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	1201.6	0.0	609.3	0.0
Deflexão (amplitude)	[Fzda, Mba, Ta, Fqa]	1201.6	529.9	609.3	2966.0
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]		4085.4	900.8	2071.6	5042.1
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, Wb, Wt, A]		2787.4	26271.0	52542.1	2787.4

Tensões: (N/mm²)

[σzdm, σbm, τm, τqm] (N/mm ²)	0.431	0.000	11.596	0.000
[σzda, σba, τa, τqa] (N/mm ²)	0.431	20.169	11.596	1.908
[σzdmax, σbmax, τmax, τqmax] (N/mm ²)	1.466	34.287	39.428	3.244

Efeito tecnológico de tamanhos	[K1(σB)]	0.782
	[K1(σS)]	0.715

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000	1.000
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.856	0.856
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.913	0.913	0.950
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.095	1.264	1.221

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σmV]	20.090
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τmV]	11.599

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σWK]	200.009	216.682	134.543

Fator de influência sens. média tensão.

	[$\psi\sigma_K$]	0.223	0.247	0.140
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σ_{ADK}]	7.363	173.947	101.172
Segurança contra fadiga	[S]		4.790	
Segurança nominal contra fadiga	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		399.2	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K _{2F}]	1.000	1.100	1.000
Fator de aumento	[γ_F]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σ_{FK}]	350.510	385.561	202.367
Segurança limite elástico	[S]		4.631	
Segurança nominal	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		385.9	

Seção transversal 'C-C' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	436.000
Diâmetro externo (mm)	[d _a]	90.000
Diâmetro interno (mm)	[d _i]	26.000
Efeito de entalhe		Eixo liso
Rugosidade média (μm)	[R _z]	8.000

		Tração/pressão	Flexão	Torção	Cisalhamento
Carga: (N) (Nm)					
Valor médio					
	[F _{zdm} , M _{bm} , T _m , F _{qm}]	1143.5	0.0	615.3	0.0
Deflexão (amplitude)	[F _{zda} , M _{ba} , T _a , F _{qa}]	1143.5	204.1	615.3	3054.0
Valor máximo [F _{zdmax} , M _{bmax} , T _{max} , F _{qmax}]		3887.9	346.9	2092.0	5191.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)					
[A, W _b , W _t , A]		5830.8	71070.9	142141.8	5830.8

Tensões: (N/mm²)

[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_m , τ_{qm}] (N/mm ²)	0.196	0.000	4.329	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_a , τ_{qa}] (N/mm ²)	0.196	2.872	4.329	0.885
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm ²)	0.667	4.882	14.718	1.504

Efeito tecnológico de tamanhos

[K ₁ (σ_B)]	0.782
[K ₁ (σ_S)]	0.715

		Tração/pressão	Flexão	Torção
Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000	1.000
Efeito geométrico de tamanhos	[K ₂ (d)]	1.000	0.834	0.834
Fator de influência rugosidade da superfície	[K _F]	0.913	0.913	0.950
Fator de endurecimento da superfície	[K _V]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.095	1.294	1.251

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σ_mV]	7.500
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τ_mV]	4.330

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

[σ_{WK}]	200.009	211.586	131.271

Fator de influência sens. média tensão.

	[$\psi\sigma_K$]	0.223	0.239	0.136
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σ_{ADK}]	8.932	106.748	101.166
Segurança contra fadiga	[S]		15.398	
Segurança nominal contra fadiga	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1283.1	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K2F]	1.000	1.100	1.000
Fator de aumento	[γ_F]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σ_{FK}]	350.510	385.561	202.367
Segurança limite elástico	[S]		13.482	
Segurança nominal	[Smin]		1.200	
Resultado (%)	[S/Smin]		1123.5	

Seção transversal 'D-D' Eixo liso

Comentário

Posição (coordenada Y) (mm)	[y]	511.000
Diâmetro externo (mm)	[da]	90.000
Diâmetro interno (mm)	[di]	26.000
Efeito de entalhe		Eixo liso
Rugosidade média (μm)	[Rz]	8.000

Tração/pressão Flexão Torção Cisalhamento

Carga: (N) (Nm)

Valor médio				
[Fzdm, Mbm, Tm, Fqm]	-14480.2	0.0	615.3	0.0
Deflexão (amplitude) [Fzda, Mba, Ta, Fqa]	14480.2	846.4	615.3	8779.9
Valor máximo [Fzdmax, Mbmax, Tmax, Fqmax]	-49232.6	1438.9	2092.0	14925.8
Seção transversal, torques de resistência: (mm ²)				
[A, Wb, Wt, A]	5830.8	71070.9	142141.8	5830.8

Tensões: (N/mm²)

[σ_{zdm} , σ_{bm} , τ_m , τ_{qm}] (N/mm ²)	-2.483	0.000	4.329	0.000
[σ_{zda} , σ_{ba} , τ_a , τ_{qa}] (N/mm ²)	2.483	11.909	4.329	2.543
[σ_{zdmax} , σ_{bmax} , τ_{max} , τ_{qmax}] (N/mm ²)	-8.444	20.246	14.718	4.323

Efeito tecnológico de tamanhos

[K1(σ_B)]	0.782
[K1(σ_S)]	0.715

Tração/pressão Flexão Torção

Coeficiente de efeito de entalhe	[β]	1.000	1.000	1.000
Efeito geométrico de tamanhos	[K2(d)]	1.000	0.834	0.834
Fator de influência rugosidade da superfície	[KF]	0.913	0.913	0.950
Fator de endurecimento da superfície	[KV]	1.000	1.000	1.000
Fator de influência total	[K]	1.095	1.294	1.251

Nível de segurança disponível para a verificação de resistência permanente:

Tensão média equivalente (N/mm ²)	[σ_mV]	7.074
Tensão média equivalente (N/mm ²)	[τ_mV]	4.084

Resistência dos componentes a esforços alternados (N/mm²)

	[σ_{WK}]	200.009	211.586	131.271
Fator de influência sens. média tensão.				
	[$\psi\sigma_K$]	0.223	0.239	0.136
Amplitude tolerável (N/mm ²)	[σ_{ADK}]	91.074	185.238	104.122
Segurança contra fadiga	[S]		9.945	
Segurança nominal contra fadiga	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		828.7	

Nível de segurança disponível

para a verificação contra ultrapassagem do limite elástico:

Sensibilidade ao entalhe estática	[K _{2F}]	1.000	1.100	1.000
Fator de aumento	[γ_F]	1.000	1.000	1.000
Limite de escoamento de componentes (N/mm ²)				
	[σ_{FK}]	350.510	385.561	202.367
Segurança limite elástico	[S]		12.807	
Segurança nominal	[S _{min}]		1.200	
Resultado (%)	[S/S _{min}]		1067.2	

Indicações:

- A força transversal não é tida em conta no cálculo em conformidade com a norma DIN 743.
- Seção transversal com conexão por interferência: Os fatores de chanfro para o caso "conexão por interferência leve" já não estão definidas na norma DIN 743.

Os fatores são adotados da diretiva FKM; exceto se os fatores para "conexão por interferência fixa" em conformidade com a norma DIN forem menores, esses serão usados.

Fim do Relatório

linhas: 752

Nome : V-4-v2

Modificado por: João Filipe

Data: 25.08.2020

Hora: 23:39:48

Cálculo de veios, eixos e suportes

Dados de entrada

Sistema de coordenadas de eixo: ver Fig. W-002

Designação	Shaft 1
Desenho	
Posição de partida (mm)	0.000
Comprimento (mm)	621.000
Velocidade (1/min)	744.80
Sentido de rotação: contrário ao dos ponteiros do relógio	
Material	C45 (1)
Módulo de elasticidade (N/mm ²)	206000.000
Número de Poisson nu	0.300
Densidade (kg/m ³)	7830.000
Coeficiente de dilatação térmica (10 ⁻⁶ /K)	11.500
Temperatura (°C)	20.000
Peso do eixo (kg)	24.027
(Observação: Peso válido para o eixo sem ter em conta as engrenagens)	
Peso do eixo, incluindo massas adicionais (kg)	31.216
Momento de inércia de massa (kg*m ²)	0.056
Momento de inércia GD2 (Nm ²)	2.201
Posição na câmara (°)	270.000
Engrenagens com rigidez em conformidade com a norma ISO	
Deformações por cisalhamento são tidas em conta	
Fator de correção de cisalhamento	1.100
O ângulo de pressão de mancais de rolamento é tido em conta	
Zona de tolerância: Valor médio	
Temperatura de referência (°C)	20.000

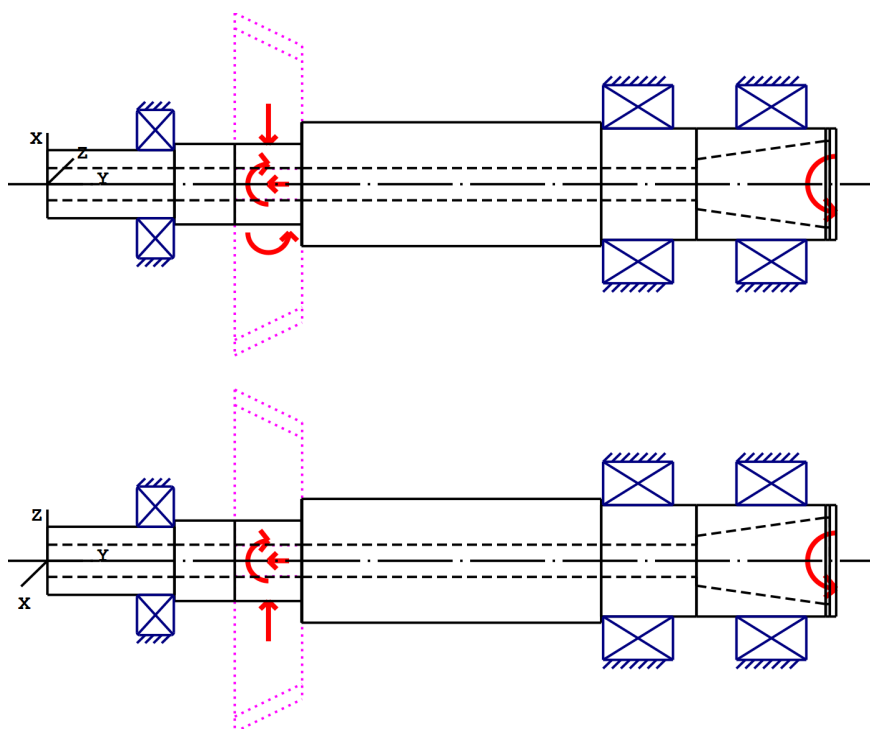


Figura: Aplicações da carga

Forças

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [y_{local}]

Posição no sistema global (mm) [y_{global}]

Diâmetro primitivo de funcionamento (mm)

Dente reto

Ângulo primitivo de referência (°)

Ângulo de pressãoÂngulo de pressão de operação na seção normal (°)

Posição do contato (°)

Largura de dente (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Força transversal X (N)

Força transversal Z (N)

Momento fletor X (Nm)

Momento fletor Z (Nm)

Engrenagem cônica

Engrenagem cônica / engrenagem hipóide

174.0000

174.0000

250.0000

45.0000 Ponta para a direita

20.0000

0.0000

75.0000

15.0000 acionado (entrada)

-192.3193

-395.9714

-395.9714

1538.5548

0.0000

-49.4964

Tipo do elemento de força

Designação no modelo

Posição no eixo (mm) [y_{local}]

Posição no sistema global (mm) [y_{global}]

Diâmetro efetivo (mm)

Fator força radial (-)

Direção da força radial (°)

Fator força axial (-)

Comprimento da aplicação da força (mm)

Potência (kW)

Torque (Nm)

Força axial (N)

Acoplamento/motor

Acoplamento/motor

621.0000

621.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

0.0000

15.0000 acionante (saída)

192.3193

0.0000

Força transversal X (N)	0.0000
Força transversal Z (N)	0.0000
Momento fletor X (Nm)	0.0000
Momento fletor Z (Nm)	0.0000
Massas (kg)	0.0000
Momento de inércia de massa Jp (kg*m²)	0.0000
Momento de inércia de massa Jxx (kg*m²)	0.0000
Momento de inércia de massa Jzz (kg*m²)	0.0000
Excentricidade (mm)	0.0000

Mancal

Designação no modelo	Mancal de rolamento 1		
Tipo de mancal	SKF 6311		
Design do mancal	Rolamento de esferas (fila única)		
	SKF Explorer		
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	85.000	
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	85.000	
Fixação do anel externo	Mancal livre		
Diâmetro interno (mm)	[d]	55.000	
Diâmetro externo (mm)	[D]	120.000	
Largura (mm)	[b]	29.000	
Raio de canto (mm)	[r]	2.000	
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	45.000	
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	74.100	
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	1.900	
Valores para a geometria aproximada:			
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000	
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000	
Designação no modelo	Rolamento 2		
Tipo de mancal	FAG 33218		
Design do mancal	Mancal de rolo de contato cônico (fila única)		
Posição do mancal (mm)	[y _{lokal}]	465.000	
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	465.000	
Fixação do anel externo	Mancal fixo colocado do lado esquerdo		
Diâmetro interno (mm)	[d]	90.000	
Diâmetro externo (mm)	[D]	160.000	
Largura (mm)	[b]	55.000	
Raio de canto (mm)	[r]	0.000	
O ângulo de pressão do mancal é tido em conta no cálculo			
Posição (ponto médio de pressão)		(mm)	437.5000
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	5300.000	
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	3450.000	
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	640.000	
Valores para a geometria aproximada:			
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000	
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000	
Designação no modelo	Rolamento 3		
Tipo de mancal	FAG 33218		
Design do mancal	Mancal de rolo de contato cônico (fila única)		

Posição do mancal (mm)	[y _{lok}]	570.000	
Posição do mancal (mm)	[y _{global}]	570.000	
Fixação do anel externo			Mancal fixo colocado do lado direito
Diâmetro interno (mm)	[d]	90.000	
Diâmetro externo (mm)	[D]	160.000	
Largura (mm)	[b]	55.000	
Raio de canto (mm)	[r]	0.000	
O ângulo de pressão do mancal é tido em conta no cálculo			
Posição (ponto médio de pressão)			(mm) 597.5000
Classificação da carga estática (kN)	[C ₀]	5300.000	
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C]	3450.000	
Classificação de carga fadiga (kN)	[C _u]	640.000	
Valores para a geometria aproximada:			
Classificação da carga dinâmica básica (kN)	[C _{theo}]	0.000	
Classificação da carga estática (kN)	[C _{0theo}]	0.000	

Eixo 'Shaft 1': Engrenagem cônica 'Engrenagem cônica / engrenagem hipóide' (y= 173.7417 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 147.4835 (mm)): 175884.6022 (Nm²), EI (y= 200.0000 (mm)): 175884.6022 (Nm²), m (yS= 172.6510 (mm)): 7.1464 (kg)
 Jp: 0.0274 (kg*m²), Jxx: 0.0153 (kg*m²), Jzz: 0.0153 (kg*m²)

Eixo 'Shaft 1': Engrenagem cônica 'Engrenagem cônica / engrenagem hipóide' (y= 200.2583 (mm)) é considerada uma parte integrante fixa do eixo.
 EI (y= 200.0000 (mm)): 1006579.1934 (Nm²), EI (y= 200.5165 (mm)): 1006579.1934 (Nm²), m (yS= 200.2583 (mm)): 0.0433 (kg)
 Jp: 0.0002 (kg*m²), Jxx: 0.0001 (kg*m²), Jzz: 0.0001 (kg*m²)

Resultados

Eixo

Deflexão máxima (µm)	10.444
Posição do máximo (mm)	0.000
Centro de massa (mm)	343.746
Soma da carga axial (N)	-395.971
Torção sob torque (°)	0.008

Mancal

Probabilidade de falha	[n]	10.00	%
Folga axial	[u _A]	10.00	µm
Lubrificante	Óleo: Klübersynth EG 4-220		
Lubrificante - Temperatura de funcionamento	[T _B]	80.00	°C
Mancal de rolamento clássico (considerar ângulo de pressão)			

Eixo 'Shaft 1' Mancal de rolamento 'Mancal de rolamento 1'

Posição (coordenada Y)	[y]	85.00	mm
Carga equivalente	[P]	0.84	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.84	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h

Viscosidade operacional	[v]	45.79	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	53.48	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.317	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.000	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-0.779	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.841	kN (-67.84°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	-0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	0.00	Nm (133.19°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	0.045	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.003	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	0.047	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	3.684	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-3.407	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	10.008	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	8.330	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	9.000	μm (112.24°)
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.015	mrاد (-0.05')
Inclinação do mancal	[r _y]	-0.000	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.009	mrاد (-0.03')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.017	mrاد (0.06')

Eixo 'Shaft 1' Mancal de rolamento 'Rolamento 2'

Posição (coordenada Y)	[y]	465.00	mm
Carga equivalente	[P]	1.61	kN
Carga equivalente	[P ₀]	1.61	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	45.79	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	3288.71	
Força de reação do mancal	[F _x]	0.341	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	0.563	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	-1.575	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	1.612	kN (-77.8°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	43.32	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	9.37	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	44.32	Nm (12.2°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	4.129	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.141	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	4.269	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	332.989	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante $\mu_{bl}=0,15$.

Deslocamento do mancal	[u _x]	-0.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	10.046	μm

Deslocamento do mancal	[u _z]	0.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	0.000	μm
Inclinação do mancal	[r _x]	-0.009	mrاد (-0.03')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.071	mrاد (0.24')
Inclinação do mancal	[r _z]	-0.003	mrاد (-0.01')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.009	mrاد (0.03')

Eixo 'Shaft 1' Mancal de rolamento 'Rolamento 3'

Posição (coordenada Y)	[y]	570.00	mm
Carga equivalente	[P]	1.02	kN
Carga equivalente	[P ₀]	0.86	kN
Fator para probabilidade de falha	[a ₁]	1.000	
Vida útil nominal rolamento	[L _{nh}]	> 1000000	h
Viscosidade operacional	[v]	45.79	mm ² /s
Fator de segurança estático	[S ₀]	6182.27	
Força de reação do mancal	[F _x]	-0.262	kN
Força de reação do mancal	[F _y]	-0.472	kN
Força de reação do mancal	[F _z]	0.816	kN
Força de reação do mancal	[F _r]	0.857	kN (107.8°)
Torque de reação do mancal	[M _x]	22.45	Nm
Torque de reação do mancal	[M _y]	0.00	Nm
Torque de reação do mancal	[M _z]	7.21	Nm
Torque de reação do mancal	[M _r]	23.58	Nm (17.8°)
Nível do óleo	[H]	0.000	mm
Torque de rolamento	[M _{rr}]	4.105	Nm
Torque de fricção	[M _{sl}]	0.140	Nm
Torque de atrito das vedações	[M _{seal}]	0.000	Nm
Torque de atrito vedações conforme especificado no catálogo principal 10000/1 EN:2013			
Torque de atrito perdas de fluxo	[M _{drag}]	0.000	Nm
Torque de fricção	[M _{loss}]	4.245	Nm
Potência dissipada	[P _{loss}]	331.108	W

O torque de atrito é calculado em conformidade com as indicações do catálogo SKF de 2013.

O cálculo é sempre efetuado com um coeficiente para adições no lubrificante μ_{bl}=0,15.

Deslocamento do mancal	[u _x]	0.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _y]	10.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _z]	-0.000	μm
Deslocamento do mancal	[u _r]	0.000	μm
Inclinação do mancal	[r _x]	0.002	mrاد (0.01')
Inclinação do mancal	[r _y]	0.114	mrاد (0.39')
Inclinação do mancal	[r _z]	0.001	mrاد (0')
Inclinação do mancal	[r _r]	0.002	mrاد (0.01')

Dano (%) [Lreq] (20000.000)

Condição de carga	B1	B2	B3
1	2.00	2.00	2.00

Σ 2.00 2.00 2.00

Utilização (%) [Lreq] (20000.000)

B1	B2	B3

27.14 30.92 30.92

Indicação: Utilização = (Lreq/Lh)^(1/k)

Rolamento de esferas: k = 3, mancal de rolamento: k = 10/3

B1: Mancal de rolamento 1

B2: Rolamento 2

B3: Rolamento 3

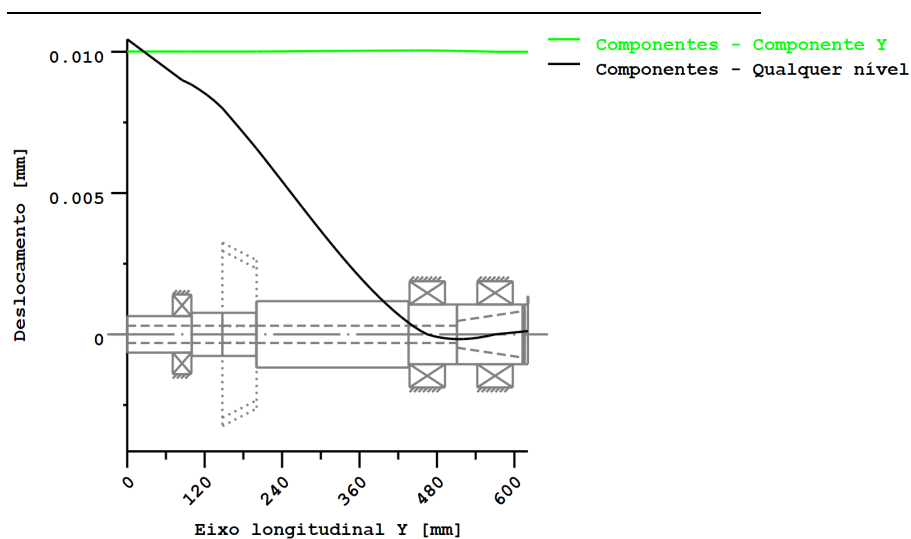
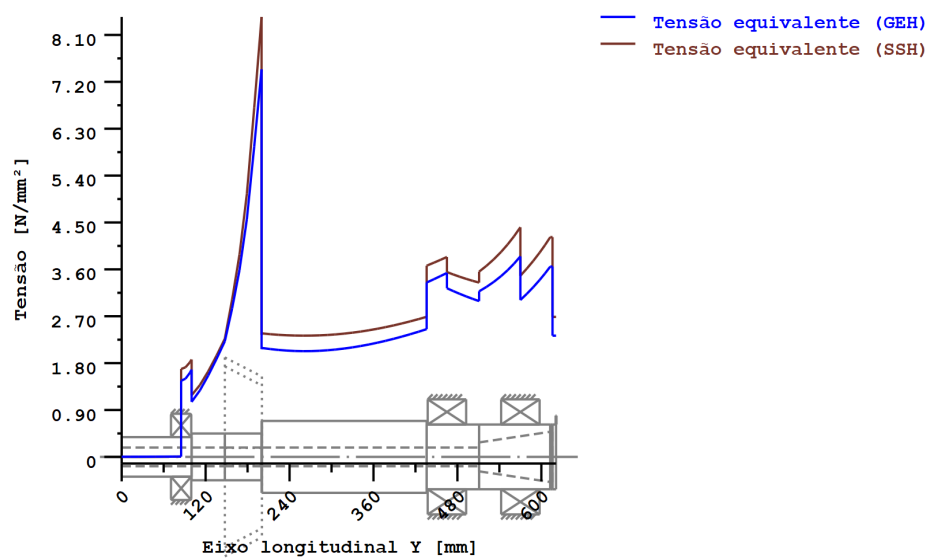


Figura: Deformação (linhas de flexão, etc.) (Qualquer nível 113.3534166 121)



Tensões nominais, sem ter em conta as concentrações de tensão

GEH(von Mises): $\sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_{Z,D})^2 + 3 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

SSH(Tresca): $\sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_{Z,D})^2 + 4 \cdot (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$

Figura: Tensão equivalente

ANEXO I: Diagramas de cálculo dos veios

Diagrama de Corpo Livre do Veio 1

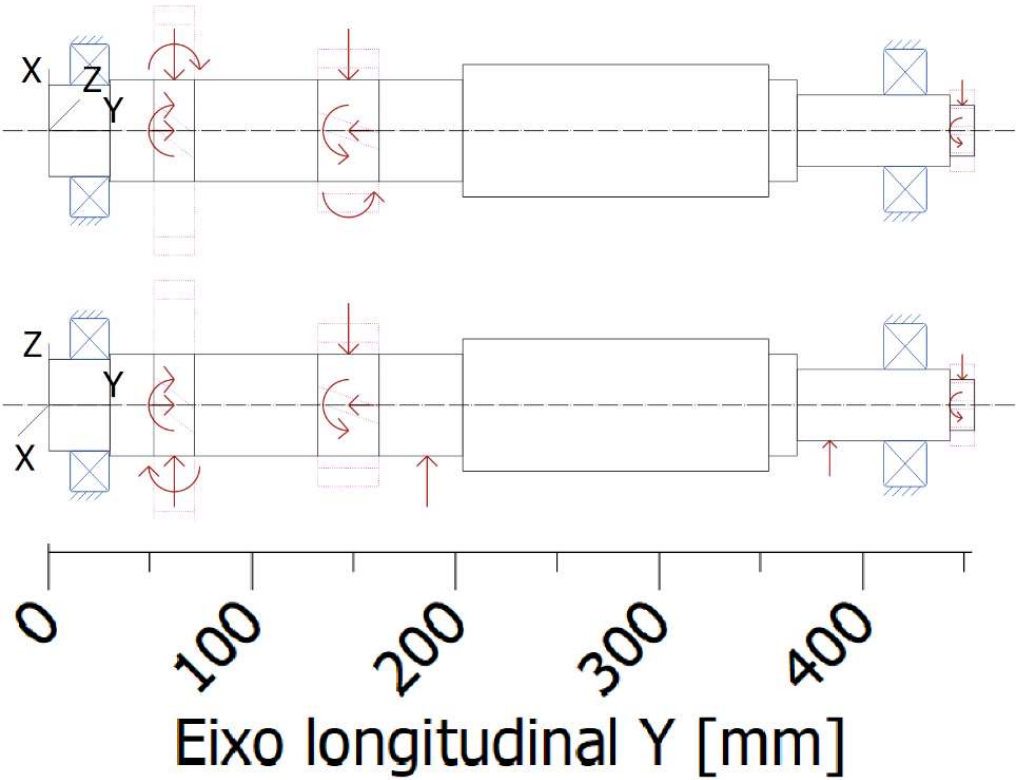


Diagrama de Esforços do Veio 1

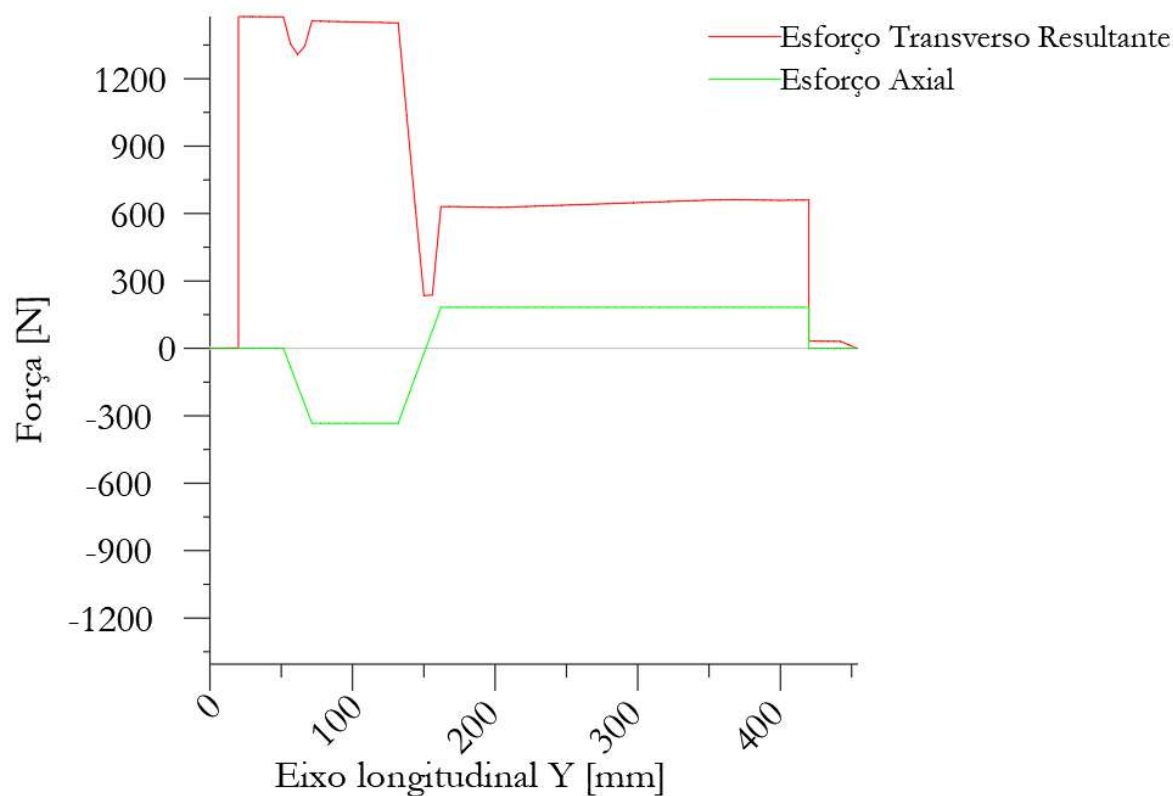


Diagrama de Momentos do Veio 1

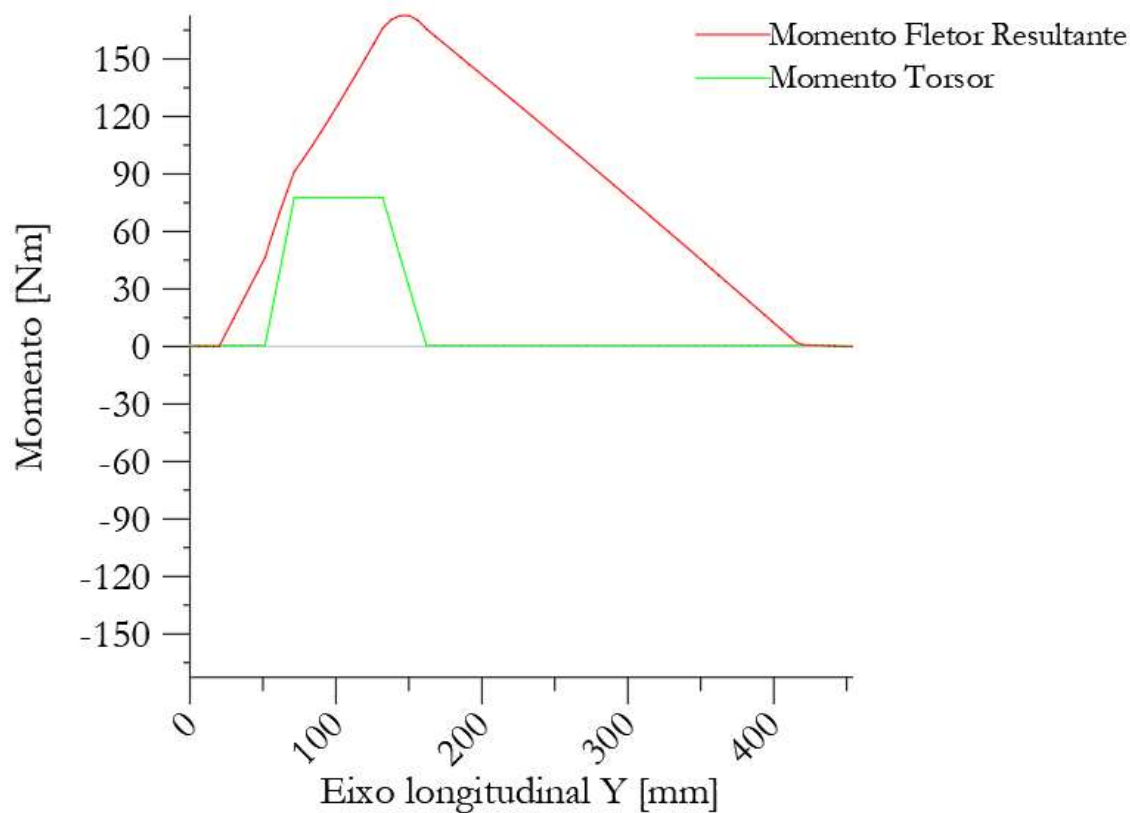


Diagrama de Corpo Livre do Veio 2

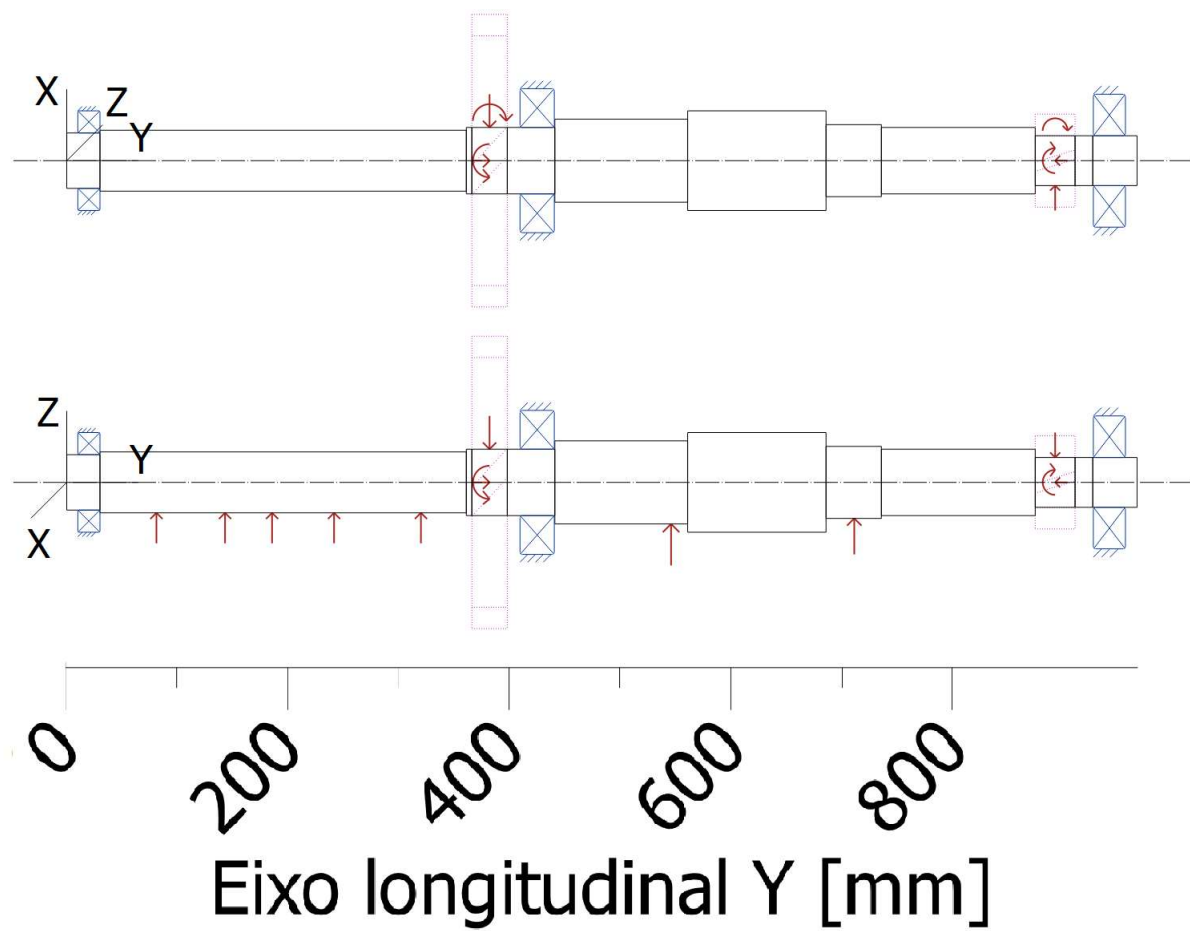


Diagrama de Esforços do Veio 2

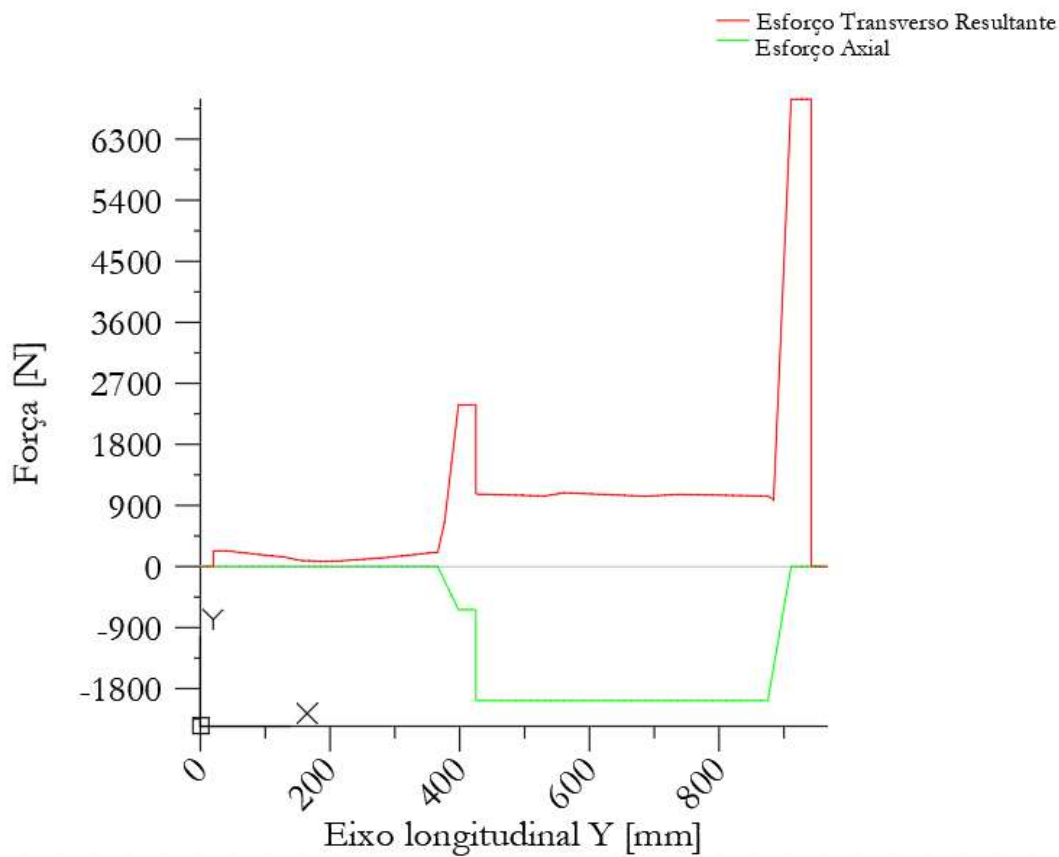


Diagrama de Momentos do Veio 2

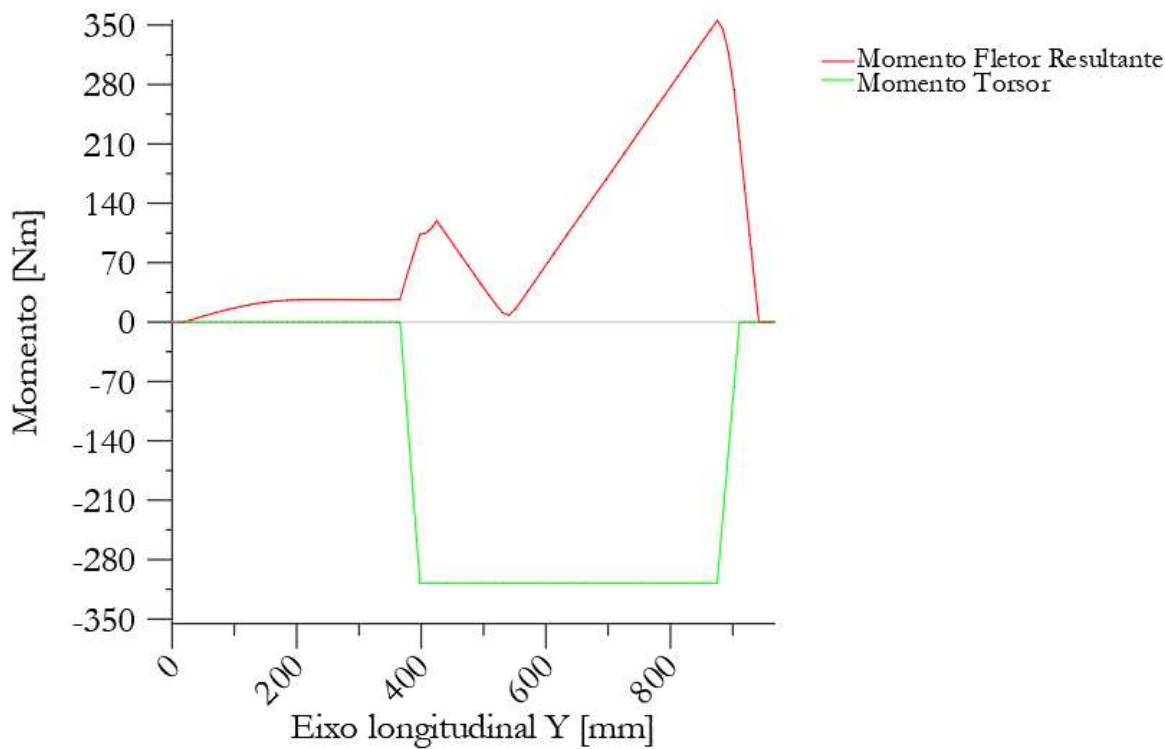


Diagrama de Corpo Livre do Veio 3

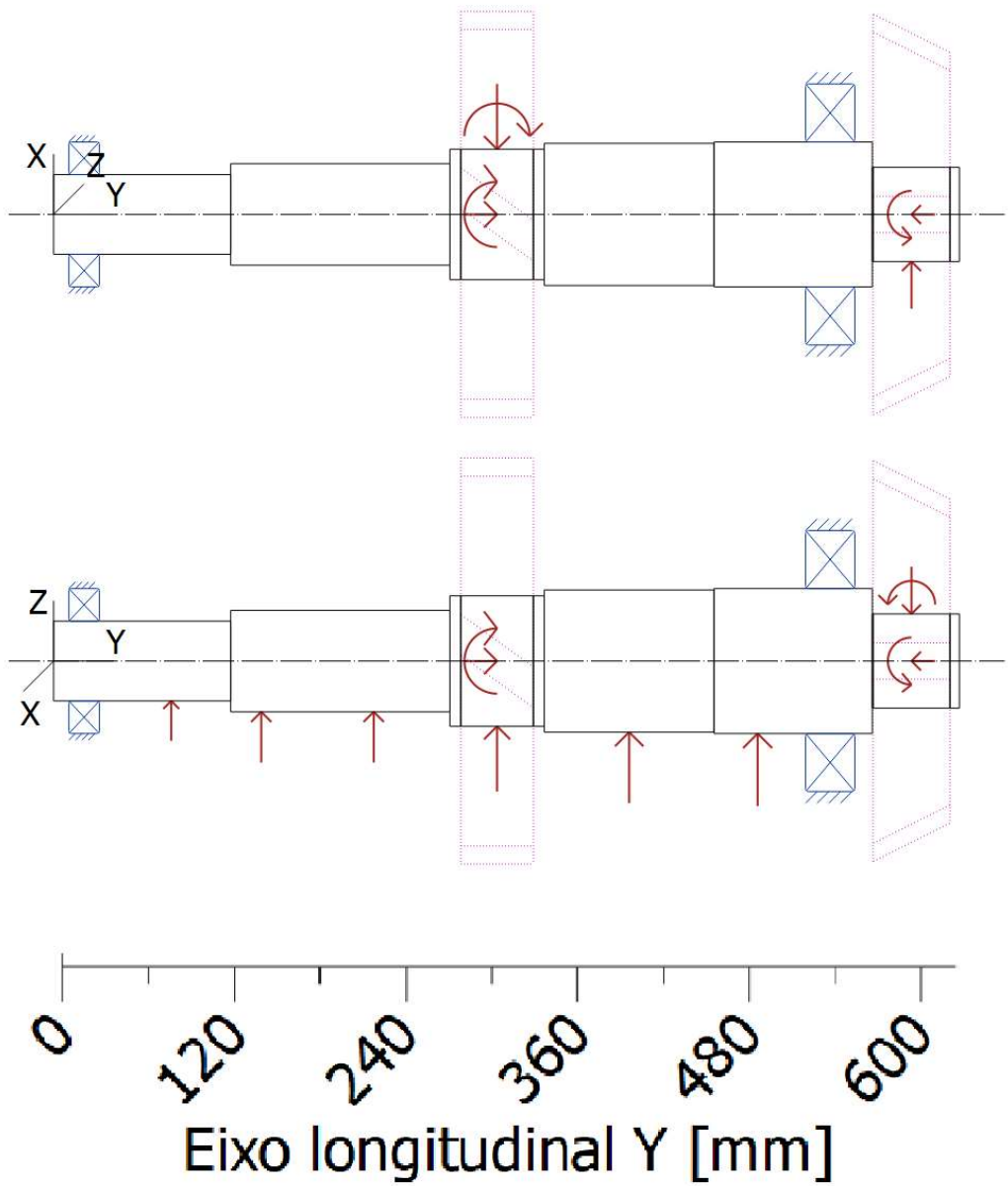


Diagrama de Esforços do Veio 3

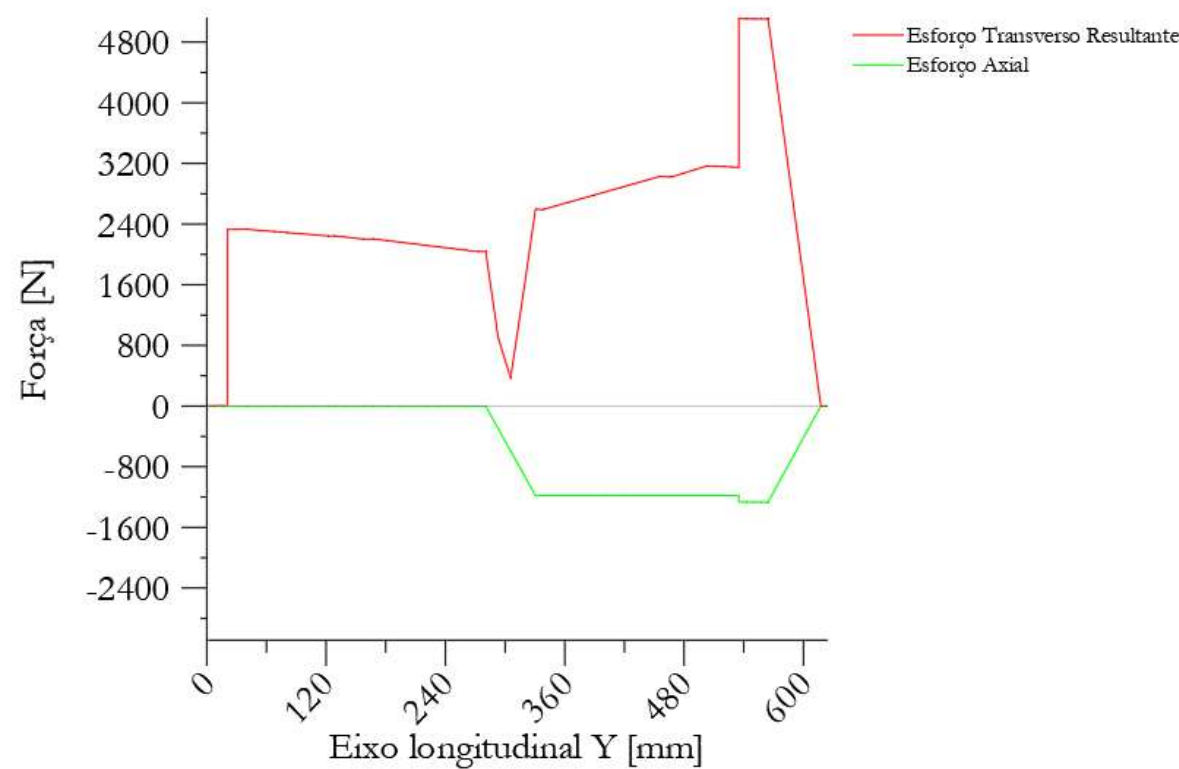


Diagrama de Momentos do Veio 3

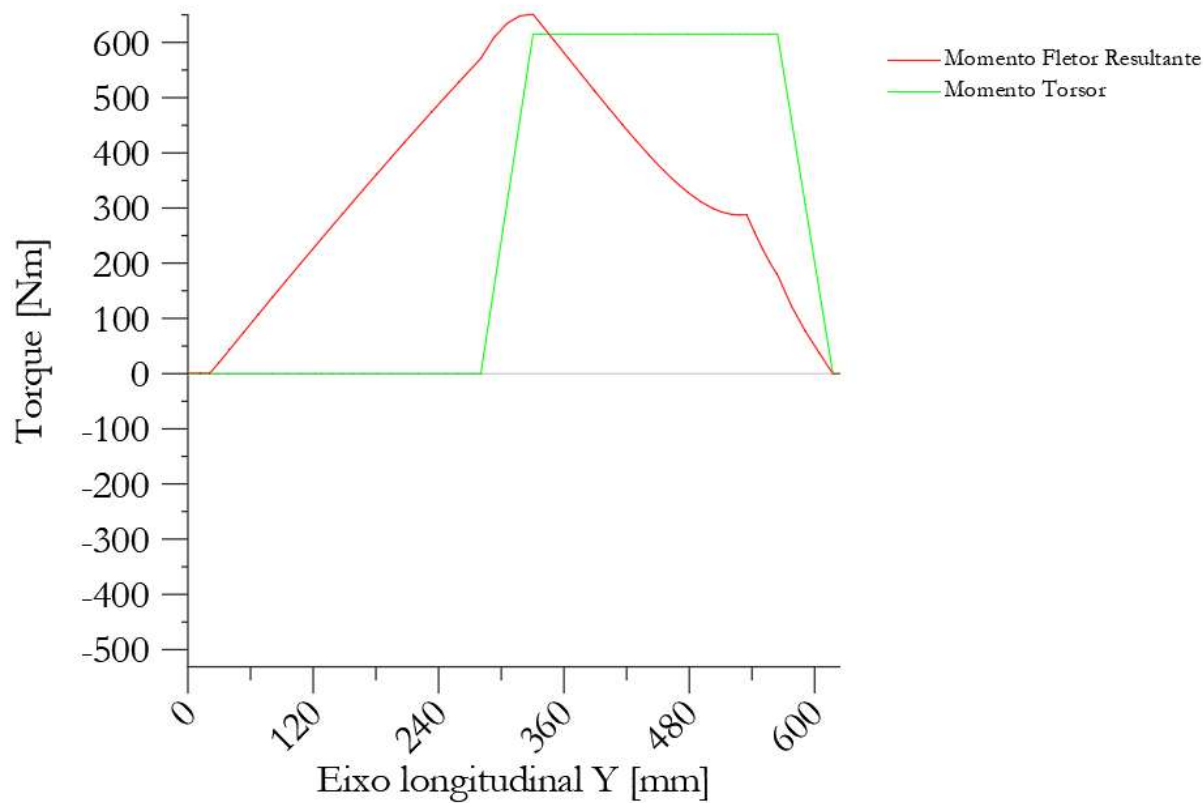


Diagrama de Corpo Livre do Veio 4

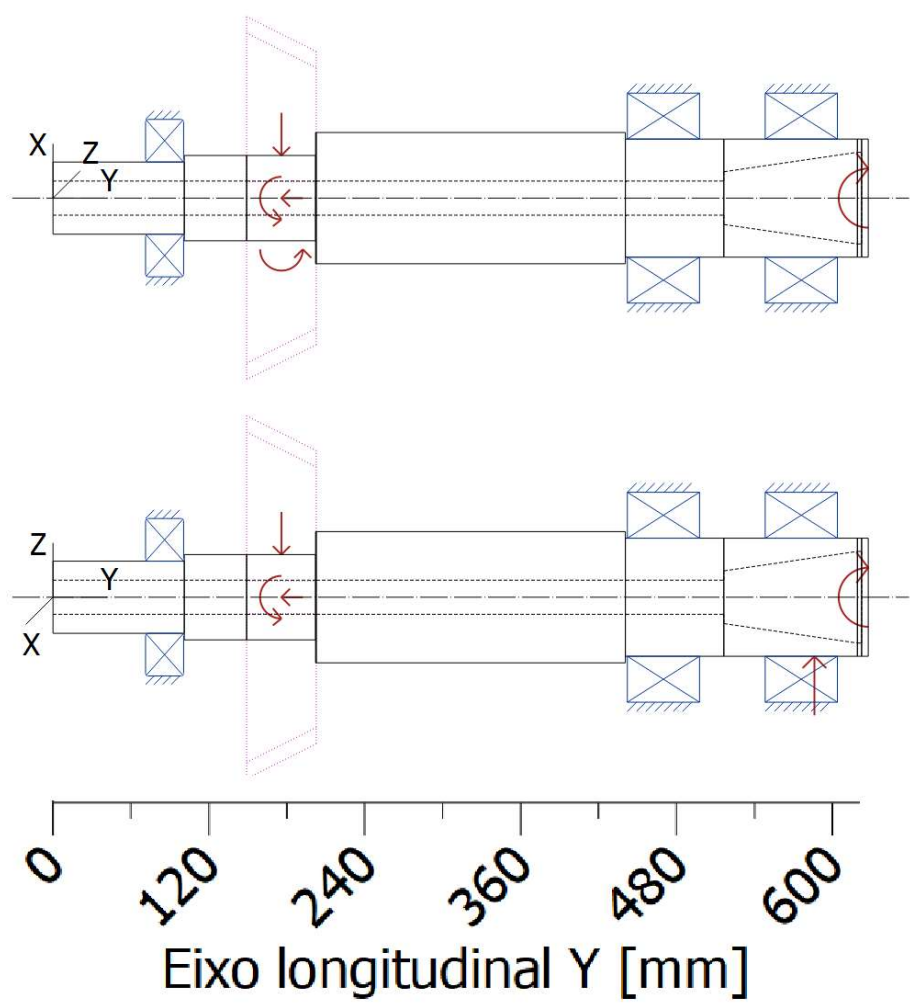


Diagrama de Esforços do Veio 4

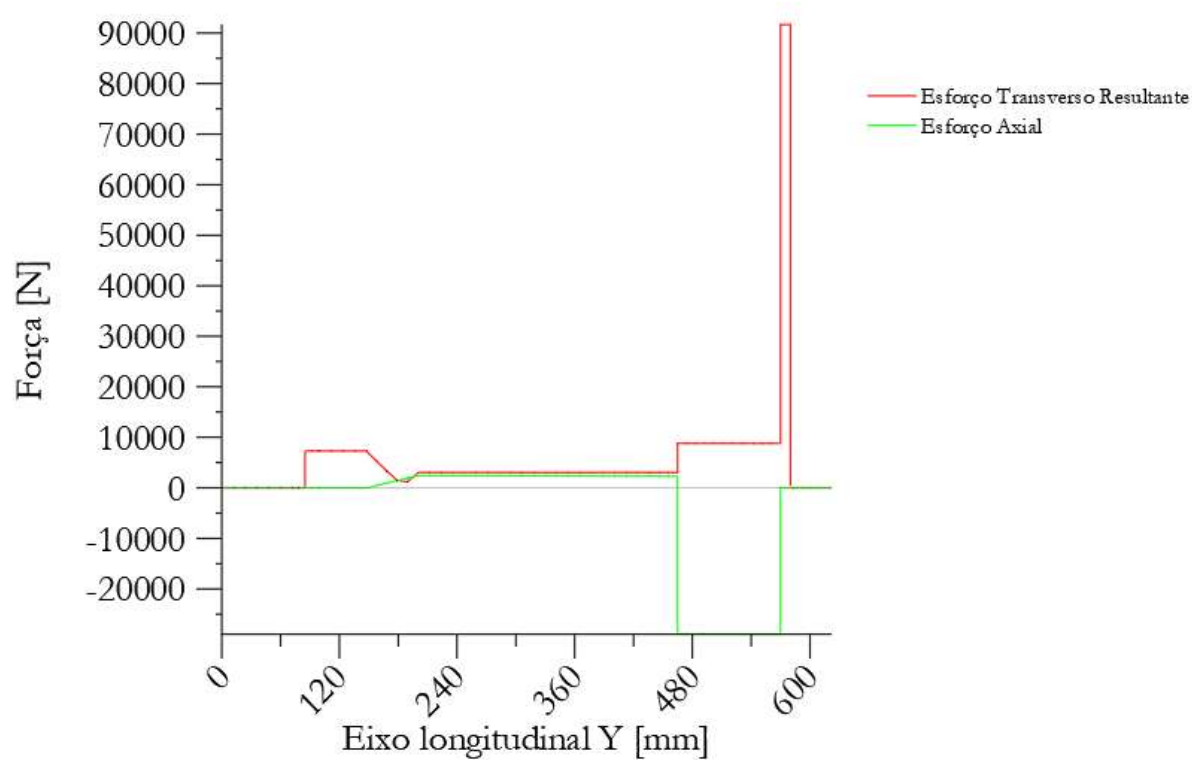
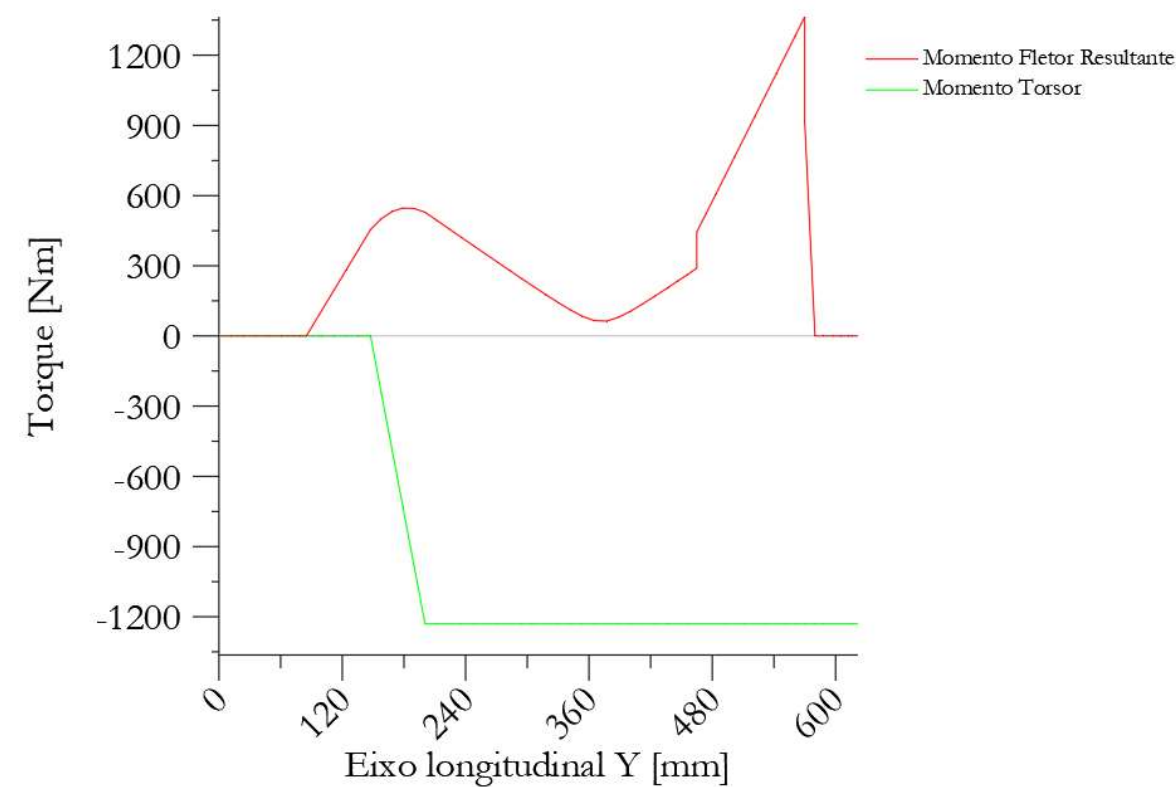


Diagrama de Momentos do Veio 4



ANEXO J: Ficha técnica do ferro fundido ASTM A48 Classe 40

Gray Cast Iron, ASTM A 48 Class 40

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Cast Iron](#); [Gray Cast Iron](#)

Material Notes: Carbon listed in the composition table is the total carbon. Can be oil quench hardened from 860°C to attain a Rockwell C 50 minimum surface hardness. Data provided by the manufacturer, Siltin Industries, Inc.

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.15 g/cc	0.258 lb/in³	Typical for Gray Cast Iron

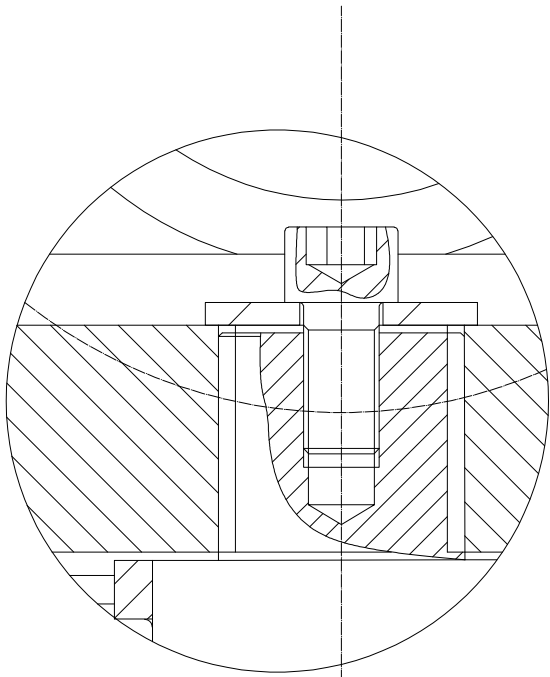
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	183 - 234	183 - 234	
Hardness, Knoop	258	258	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	97	97	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell C	20	20	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	246	246	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	>= 276 MPa	>= 40000 psi	
Ultimate Compressive Strength	>= 1034 MPa	>= 150000 psi	
Machinability	0.0 %	0.0 %	Very good machinability. No numerical rating available.

Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	3.25 - 3.5 %	3.25 - 3.5 %	
Chromium, Cr	0.050 - 0.45 %	0.050 - 0.45 %	
Copper, Cu	0.15 - 0.40 %	0.15 - 0.40 %	
Iron, Fe	91.9 - 94.2 %	91.9 - 94.2 %	As Balance
Manganese, Mn	0.50 - 0.90 %	0.50 - 0.90 %	
Molybdenum, Mo	0.050 - 0.10 %	0.050 - 0.10 %	
Nickel, Ni	0.050 - 0.20 %	0.050 - 0.20 %	
Phosphorus, P	<= 0.12 %	<= 0.12 %	
Silicon, Si	1.8 - 2.3 %	1.8 - 2.3 %	
Sulfur, S	<= 0.15 %	<= 0.15 %	

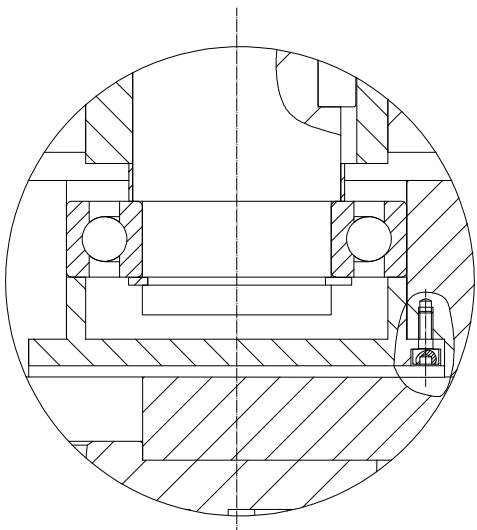
[References](#) for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

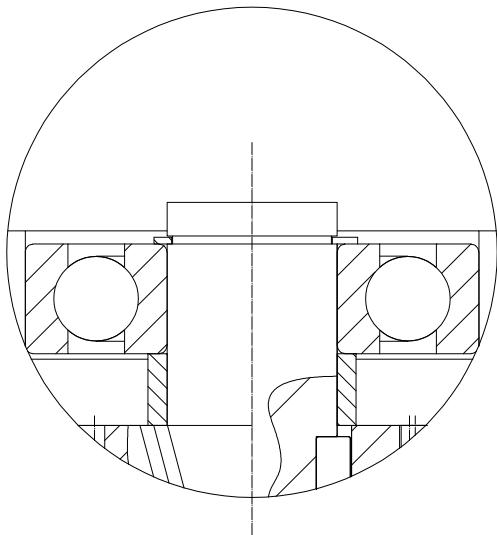
ANEXO K: Desenhos de conjunto



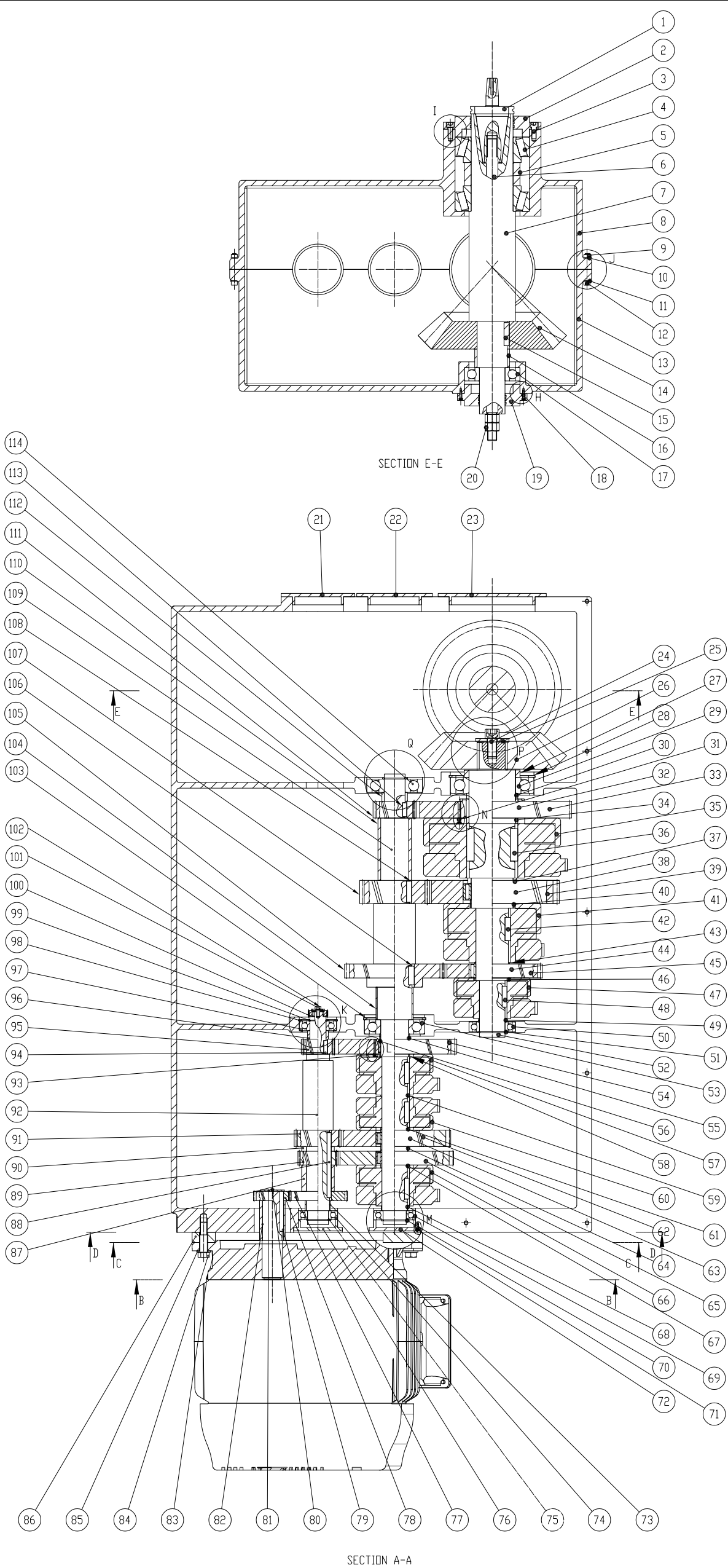
DETAIL P
SCALE 1 : 2

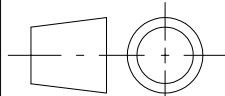


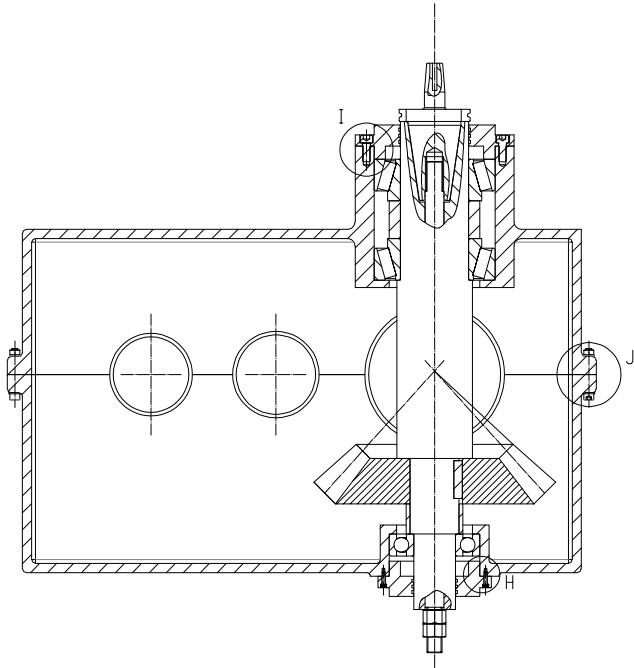
DETAIL M
SCALE 1 : 2



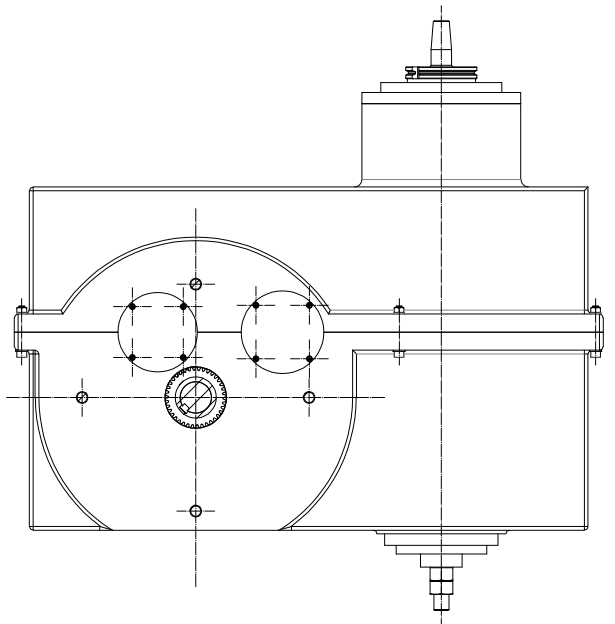
DETAIL Q
SCALE 1 : 2



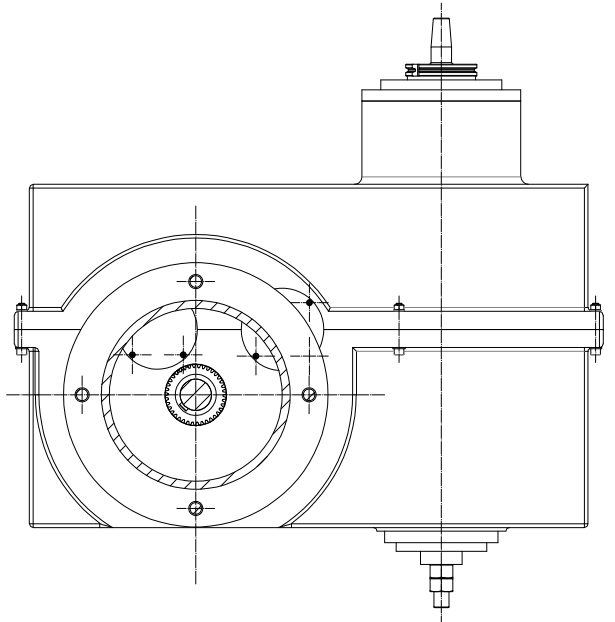
Escala 1:10				Sistema de unidades métrico - mm	
Projetado		João Filipe		Informação adicional	
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável DeMec			Ref. técnica	Tipo de documento Desenho de conjunto	
				Nº do componente	
Proprietário Legal FEUP			Título Numeração	Língua	Folha
				Pt	2/4



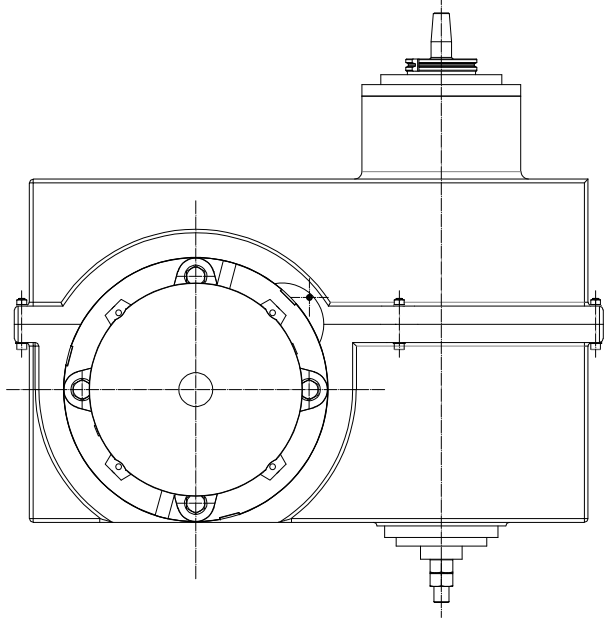
SECTION E-E



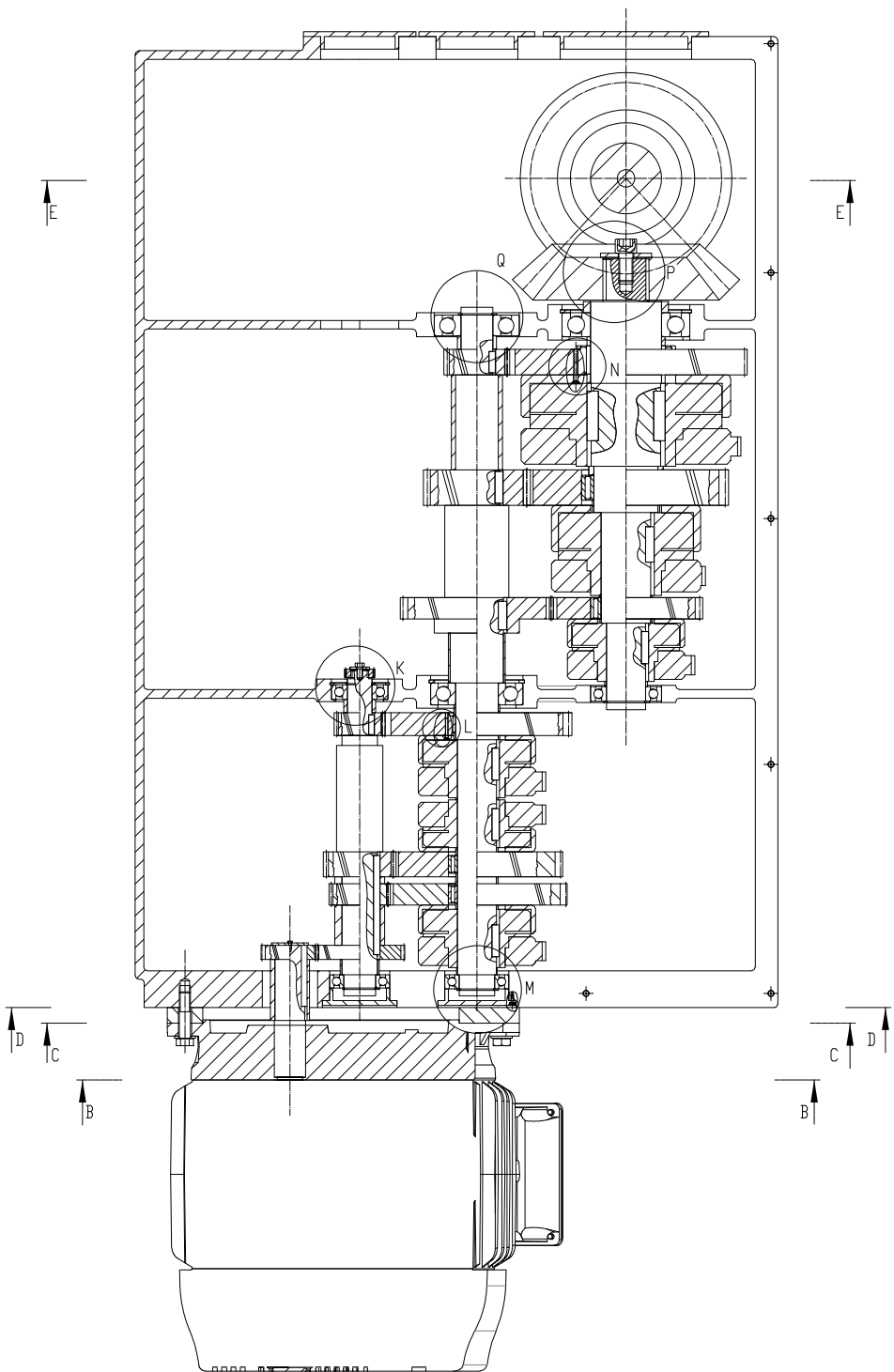
SECTION D-D



SECTION C-C

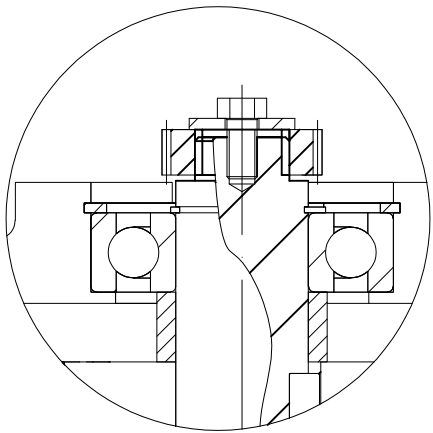


SECTION B-B

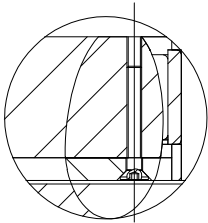


SECTION A-A

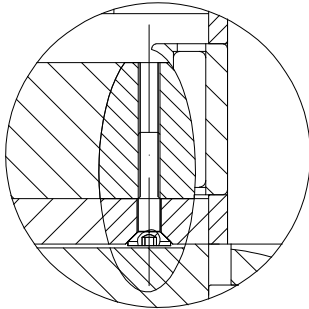
Escala 1:10		Sistema de unidades métrico - mm	
Projetado	João Filipe	Informação adicional	
Verificado			
Aprovado			
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica	Tipo de documento Desenho de conjunto
Proprietário Legal FEUP		Título Corte	Nº do componente
			Língua Folha Pt 3/4



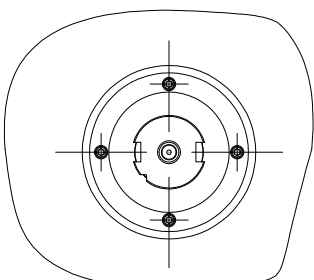
DETAIL K
SCALE 1 : 2



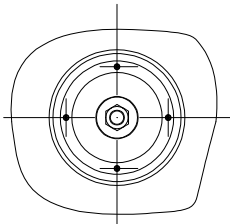
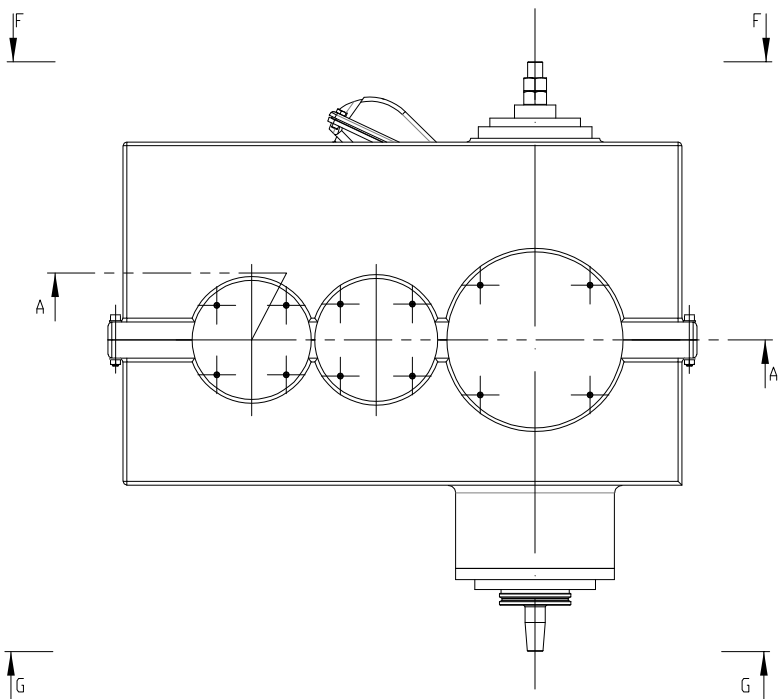
DETAIL L
SCALE 1 : 2



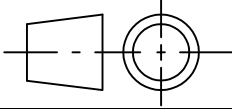
DETAIL N
SCALE 1 : 2



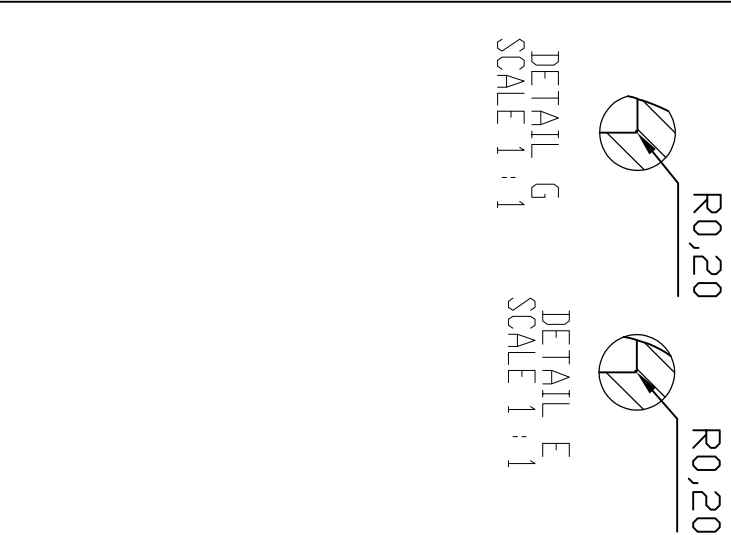
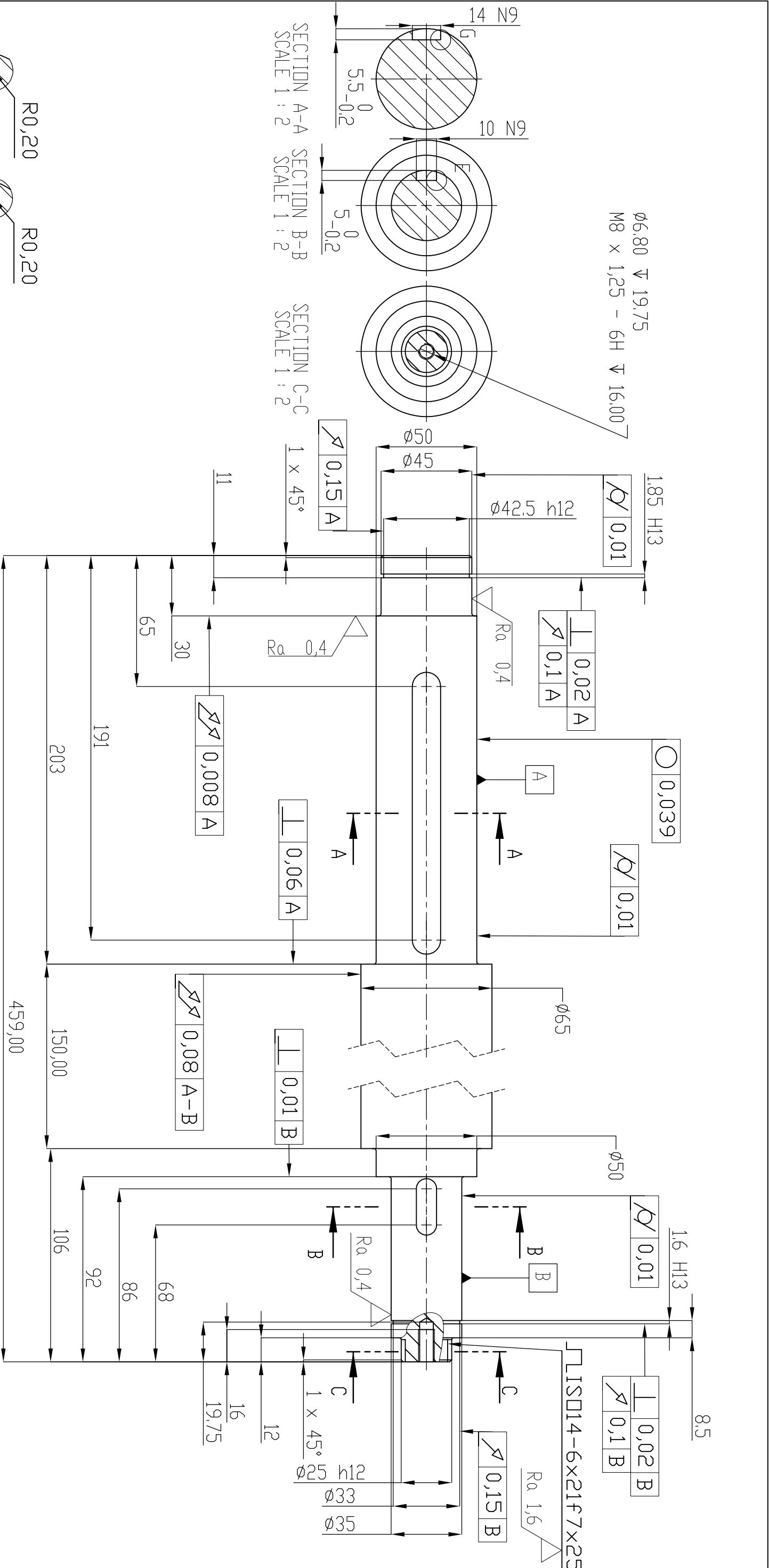
SECTION G-G



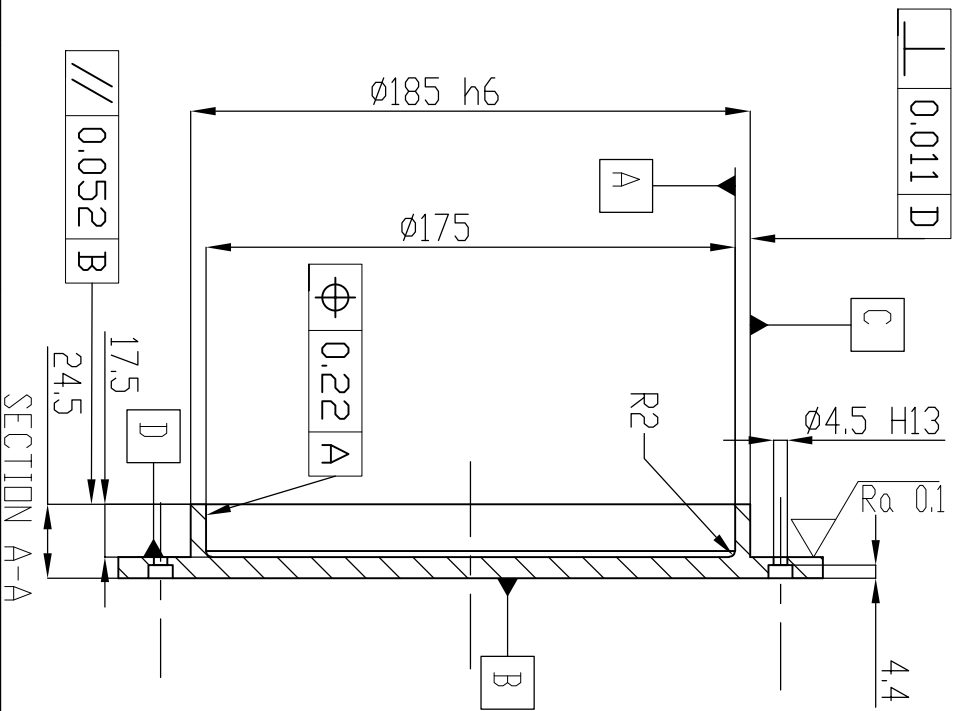
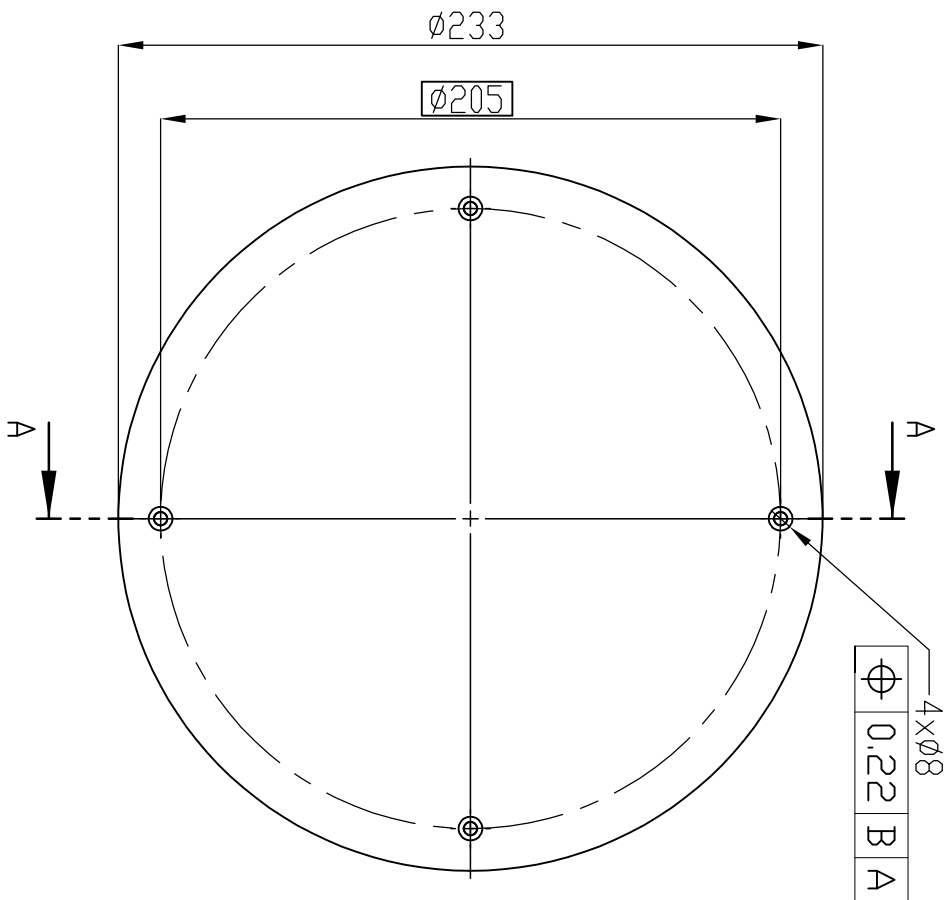
SECTION F-F

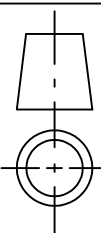
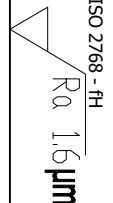
Escala 1:10		Sistema de unidades métrico - mm			
Projetado	João Filipe	Informação adicional			
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável DeMec		Ref. técnica	Tipo de documento Desenho de conjunto		
Proprietário Legal FEUP			Nº do componente		
		Título Pormenor		Língua	Folha
				Pt	4/4

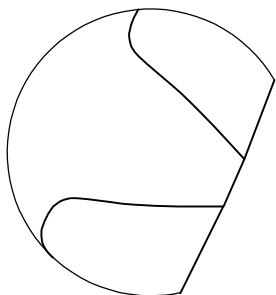
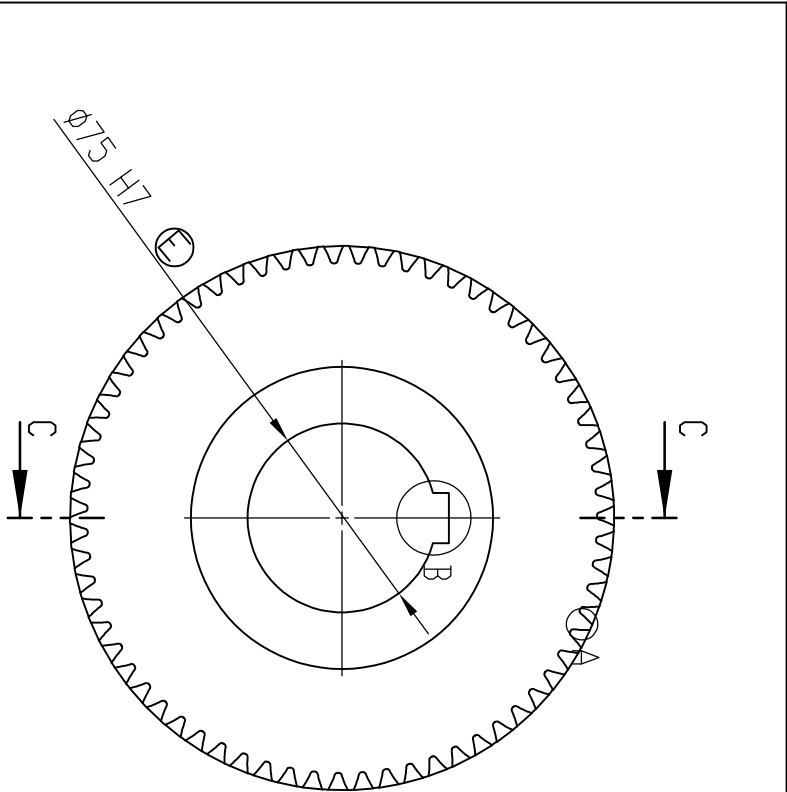
ANEXO L: Desenhos de definição



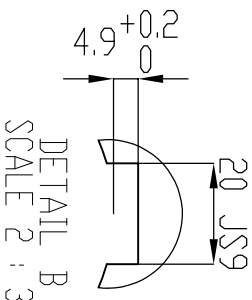
Escala	1:3		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm Raios mmo especificados R0,5		$R_a 1,6 \mu m$
Projetado	João Filipe				
Verificado					
Aprovado					
Departamento responsável	DeMec	Ref. técnica	V-1	Tipo de documento	Desenho de definição
Proprietário Legal	FEUP	Título	Veio 1	Nº do componente	92
				Língua	Folha
				Pt	1/1



Escala		1:3				Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - fH Sistema de unidades métrico - mm Raio rmm especificados R1						
Projetado		João Filipe				Informação adicional						
Verificado						Material: DIN Ck45						
Aprovado												
Departamento responsável				Ref. técnica		T-V3		Tipo de documento		Desenho de definição		
DeMec								Nº do componente		23		
Proprietário Legal				Título		Tampa do Veio 3		Língua		Folha		
FEUP								Pt		1/1		

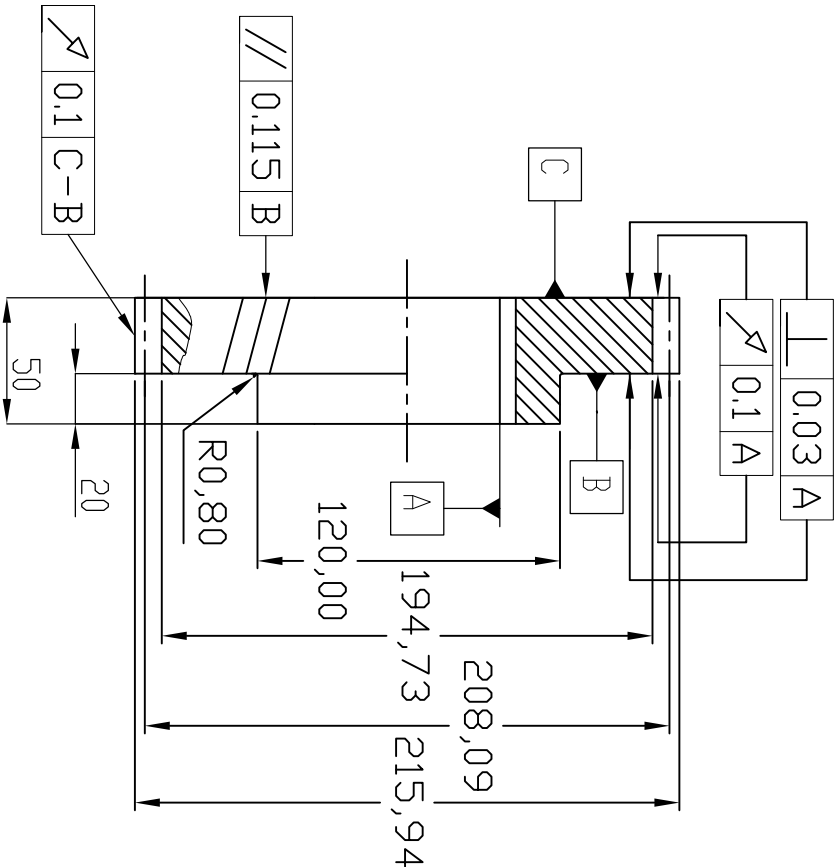


DETAIL A
SCALE 3 : 1



DETAIL B
SCALE 2 : 3

SECTION C-C



Número de dentes	67
Módulo	3
Ângulo de pressão	20°
Ângulo da hélice	15°
Entre-eixo	210 mm js7
Largura da roda	30 mm
Altura do dente	6,690 mm
x	0,3282
Diâmetro primitivo	208,091 mm
Diâmetro de base	194,725 mm
Diâmetro de Addendum	215,940 mm
Rugosidade nos flancos	0,0048 mm
Qualidade	6 DIN 3961:1978
k	9 dentes
Wk	79,061 mm

Esca 1:3		Toleranciamento ISO 8015 Tolerâncias gerais ISO 2768 - TH Sistema de unidades mptrico - mm Raios rmo especificados R1
Projetado	João Filipe	Informação adicional
Verificado		Material: DIN 42CrMo 4
Aprovado		
Departamento responsável	Ref. técnica	Tipo de documento
DeMec	EH7-1	Desenho de definição
Proprietário Legal	Título	Nº do componente
FEUP	Pinhão da EH7	105
	Língua	Folha
	Pt	1/1

ANEXO M: Análise FMEA

FMEA

Sistema: Motor

Revisão N°:

Data de Início:

Responsável:

Ponto da Falha			Análise da Falha					Avaliação de Risco				Ação Preventiva Recomendada
Equipamento		Função do Equipamento		Failure Function		Failure Mode	Efeitos de Falha	O	S	D	RPN	
Motor	1	Ser capaz de transmitir 15 kW de potência à caixa de velocidades a uma velocidade de 2940 rpm	1A	Não ser capaz de transmitir 15 kW de potência à caixa de velocidades a uma velocidade de 2940 rpm	1A1	Falha dos bornes de alimentação do motor trifásico por oxidação	Oxidação normal dos bornes levam ao isolamento dos terminais impedindo assim a passagem de corrente	2	1	2	4	Nenhuma manutenção programada
					1A2	Falha do cabo de alimentação por desgaste externo	Cabo de alimentação mal isolado ou descamado por algum fator externo impede a correta alimentação do motor	1	2	1	2	Tarefa sob-condição programada
					1A3	Falha do interruptor de acionamento por oxidação	Botão interruptor falha por oxidação dos contactos/terminais ou desgaste interno normal levam à falha deste e à incapacidade do acionamento	2	1	1	2	Nenhuma manutenção programada

					1A4	Falha do veio de saída por rotura	Cargas excessivas ou concentração de tensões induzidas levam à rotura do veio	1	2	1	2	Nenhuma manutenção programada
					1A5	Falha do veio de saída do motor por desgaste normal	Ciclos normais de uso induzem desgaste no veio levando ao aparecimento de fissuras impossibilitando a transmissão de potência através deste	1	2	4	8	Nenhuma manutenção programada
					1A6	Falha dos rolamentos de apoio do rotor por fadiga	Desgaste cíclico normal levam aos desgastes dos rolamentos originando ruídos, vibrações ou sobre aquecimento levando à sua incapacidade de rotação	2	2	3	12	Substituição programada
					1A7	Falha dos rolamentos de apoio do rotor por dilatação térmica	Variação brusca de temperatura leva à rotura das pistas do rolamento levando à sua incapacidade de rotação	2	3	3	18	Substituição programada
					1A8	Falha dos rolamentos de apoio do rotor por vibração excessiva	Desalinhamento do veio ou desconcentricidade entre as pistas do rolamento levam a uma degradação interna, aumentando a sua vibração e ruído do equipamento, diminuindo o seu tempo de vida útil dos rolamentos e reduzindo a precisão do equipamento	2	2	1	4	Tarefa sob-condição programada

					1A9	Queima do fúsivel de alimentação por excesso de corrente	Excessos de carga levam a um aumento de temperatura do motor danificando os isolamentos podendo provocar um curto circuito queimando o fúsivel de alimentação.	1	3	1	3	Nenhuma manutenção programada
	2	Ser capaz de isolar o rotor e o estator de troca de partículas com o exterior	2A	Não ser capaz de isolar o rotor e o estator de troca de partículas com o exterior	2A1	Falha dos vedantes das tampas do veio de saída, da ventoinha e da caixa de terminais por envelhecimento	Exposição dos vedantes ao elementos naturais, ciclos térmicos causam o envelhecimento e progressivo endurecimento	1	1	3	3	Nenhuma manutenção programada
					2A2	Falhas no o-rings do rotor	Exposição dos o-rings ao elementos naturais, ciclos térmicos causam o envelhecimento e progressivo endurecimento	1	1	3	3	Nenhuma manutenção programada

FMEA

Sistema: Caixa de Velocidades Revisão N°:

Data de Início:

Responsável:

Ponto da Falha				Análise da Falha			Avaliação de Risco				Ação Preventiva Recomendada	
Equipamento		Função do Equipamento		Failure Function		Failure Mode	Efeitos de Falha	O	S	D		RPN
Caixa de Velocidades	1	Ser capaz de transmitir 15 kW de potência, com precisão, do motor elétrico, até à árvore de saída.	1A	Não ser capaz de transmitir 15 kW de potência, com precisão, do motor elétrico, até à árvore de saída.	1A1	Falha das engrenagens por rotura	Rotura dos dentes da engrenagem por excesso de pressão de contacto entre dentes, levando assim à perda da capacidade de transmissão	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada
					1A2	Falha das engrenagens por fadiga	Rotura dos dentes da engrenagem por desgaste cíclico normal, levando assim à perda da capacidade de transmissão	1	2	2	4	Nenhuma manutenção programada
					1A3	Falha das engrenagens por vibração excessiva	Vibração excessiva, devido à desconcentricidade originada pelo desgaste diminui a precisão do equipamento	2	2	2	8	Tarefa sob-condição programada

					1A4	Falha das engrenagens por micropitting e/ou scuffing	Lubrificação deficiente leva aos fenómenos de micropitting e/ou scuffing aumentando o desgaste de superfície dos dentes e afetando a precisão do equipamento	1	2	4	8	Nenhuma manutenção programada
					1A5	Falha das chavetas por rotura	Carga excessiva aplicada às chavetas levam à falha por corte ou por esmagamento, desconnectando o veio do componente	1	2	2	4	Nenhuma manutenção programada
					1A6	Falha das chavetas por fadiga	Desgaste cíclico normal das chavetas leva à variação da geometria da chaveta impedindo a correcta ligação veio/componente.	1	2	2	4	Nenhuma manutenção programada
					1A7	Falha dos anéis elásticos por rotura	Carga excessiva aplicada aos anéis elásticos levam à falha por rotura, desalinhando axialmente os componentes	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada
					1A8	Falha dos espaçadores por esmagamento	Carga excessiva aplicada aos espaçadores levam à variação do comprimento dos espaçadores, desalinhando axialmente os componentes	1	2	3	6	Nenhuma manutenção programada

					1A9	Falha da embraiagem por desgaste dos anéis e dos discos	Desgaste cíclico normal dos anéis e discos da embraiagem levam à diminuição da capacidade de transmissão de potência	1	1	3	3	Nenhuma manutenção programada
					1A10	Falha da embraiagem por rotura dos anéis e dos discos	Carga excessiva aplicada às embraiagens levam à rotura dos anéis e discos de embraiagem e consequentemente à perda de transmissão de potência	1	1	3	3	Nenhuma manutenção programada
					1A11	Falha nos rolamentos das embraiagens por desgaste normal	Desgaste cíclico normal dos rolamentos das embraiagens levam à perda de transmissão de potência	1	1	3	3	Substituição programada
					1A12	Falha dos parafusos de ligação entre a engrenagem e a embraiagem por rotura	Carga excessiva aplicada aos parafusos levam à rotura destes desconectando as engrenagens das embraiagens	1	3	2	6	Tarefa sob-condição programada
					1A13	Falha nos parafusos de posicionamento dos componentes por rotura	Carga excessiva aplicada aos parafusos levam à rotura destes posicionando os componentes	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada

					1A14	Falha nos rolamentos de agulhas por fadiga	Desgaste cíclico normal dos rolamentos de agulhas levam à perda de transmissão de potência	1	1	3	3	Substituição programada
					1A15	Falha nos rolamentos de esferas por fadiga	Desgaste cíclico normal dos rolamentos de esferas ou excesso de carga aplicada reduzindo o tempo de vida útil levam à sua destruição	1	3	3	9	Substituição programada
					1A16	Falha nos rolamentos de esferas por vibração excessiva	Desalinhamento do veio ou desconcentricidade entre as pistas do rolamento levam a uma degradação interna, aumentando a sua vibração e ruído diminuindo o seu tempo de vida útil e reduzindo a precisão do equipamento	1	2	3	6	Tarefa sob-condição programada
					1A17	Falha nos rolamentos cônicos por fadiga	Desgaste cíclico normal dos rolamentos de esferas e/ou excesso de carga aplicada e/ou alívio da pré-carga levam à redução de tempo de vida útil do rolamento levando à sua incapacidade de rotação	1	3	3	9	Substituição programada

					1A18	Falha nos rolamentos cónicos por vibração excessiva	Desalinhamento do veio ou desconcentricidade entre as pistas ou alívio da pré-carga dos rolamentos levam a uma degradação interna, aumentando a sua vibração e ruído diminuindo o seu tempo de vida útil e diminuição da precisão	1	2	3	6	Tarefa sob-condição programada
					1A19	Dilatação das engrenagens por excesso de temperatura	Variação brusca de temperatura leva a imperfeições de contacto ou desalinhamentos levando a sua incapacidade de transmissão de potência	2	2	3	12	Tarefa sob-condição programada
					1A20	Falha dos veios por fadiga	Desgaste cíclico normal do veio pode levar ao aparecimento de fissuras impossibilitando a transmissão de potencia	1	3	3	9	Nenhuma manutenção programada
					1A21	Falha dos veios por rotura	Cargas excessivas ou concentração de tensões induzidas levam à rotura do veio	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada

					1A22	Falha dos rolamentos por dilatação térmica	Varição brusca de temperatura leva à rotura das pistas do rolamento levando a sua incapacidade de rotação	1	3	3	9	Tarefa sob-condição programada
	2	Ser capaz de variar a velocidade de saída, desmultiplicando a velocidade de entrada do motor por 9 velocidades	2A	Não ser capaz de variar a velocidade de saída, desmultiplicando a velocidade de entrada do motor por 9 velocidades	2A1	Falha na alimentação das embraia-gens por oxidação dos terminais	Oxidação normal dos terminais levam ao seu isolamento impedindo a passagem de corrente	1	1	3	3	Nenhuma manutenção programada
					2A2	Falha na alimentação das embraia-gens por falta de isolamento elétrico dos cabos de ligação	Cabo de alimentação mal isolado ou descar-nado por excesso de temperatura ou algum fator externo impede a correta alimentação da embraia-gem	1	1	3	3	Tarefa sob-condição programada
					2A3	Bloqueio das embraia-gens eletromágne-ticas por acumulação de resíduos	Acumulação de resíduos externos ou partículas de desgaste interno devido ao funcionamento pode levar à prisão do equipamento impedindo o correto funcionamento	1	1	3	3	Nenhuma manutenção programada

					2A4	Falha no interruptor de seleção das velocidades	Botão interruptor falha por oxidação ou desgaste interno normal levam à falha deste impedindo a capacidade de seleção de velocidades	2	1	2	4	Nenhuma manutenção programada
	3	Ser capaz de isolar os componentes internos da caída de velocidades da troca de partículas com o exterior	3A	Não ser capaz de isolar os componentes internos da caída de velocidades da troca de partículas com o exterior	3A1	Contacto imperfeito entre a flange e a caixa	Contacto imperfeito por má intervenção ou desgaste dos componentes de ligação leva ao aparecimento de fugas permitindo a entrada de resíduos externos e/ou fuga de lubrificante	2	1	1	2	Nenhuma manutenção programada
					3A2	Contacto imperfeito entre a tampa e o cárter da caixa de velocidades	Contacto imperfeito por má intervenção ou desgaste dos componentes de ligação leva ao aparecimento de fugas permitindo a entrada de resíduos externos e/ou fuga de lubrificante	2	1	1	2	Nenhuma manutenção programada
					3A3	Contacto imperfeito entre a tampas dos veios e a caixa de velocidades	Contacto imperfeito por má intervenção ou desgaste dos componentes de ligação leva ao aparecimento de fugas permitindo a entrada de resíduos externos e/ou fuga de lubrificante	2	1	1	2	Nenhuma manutenção programada

	4	Suportar o porta-ferramentas	4A	Não suportar o porta-ferramentas	4A1	Falha por cedência dos parafusos de ligação da tampa inferior do veio 4	Contacto imperfeito por má intervenção ou desgaste dos componentes de ligação leva ao aparecimento de vibrações que causa uma descida drástica na precisão do equipamento ou queda do equipamento por rotura dos parafusos	1	4	1	4	Tarefa sob-condição programada

FMEA

Sistema: Lubrificação

Revisão N°:

Data de Início:

Responsável:

Ponto da Falha			Análise da Falha					Avaliação de Risco				Ação Preventiva Recomendada
Equipamento		Função do Equipamento		Failure Function		Failure Mode	Efeitos de Falha	O	S	D	RPN	
Sistema de Lubrificação	1	Lubrificar, através de aspersores, os componentes internos da caixa, alimentados por uma bomba que debita um caudal de 2 l/min com uma pressão de 2 bars e a uma gama de temperaturas entre -20°C e 90°C	1A	Não ser capaz de lubrificar os componentes internos da caixa	1A1	Perda de óleo interna por fugas	Aperto incorreto do boião do depósito de óleo ou contacto imperfeito entre o cárter e a tampa da caixa de velocidades leva à perda de óleo por fugas	2	2	1	4	Nenhuma manutenção programada
					1A2	Falha da bomba de engrenagens	Falha da bomba impede a capacidade de lubrificação do sistema	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada
					1A3	Falha mecânica da válvula 4/2	Acumulação de resíduos externos ou partículas de desgaste interno devido ao funcionamento pode levar à prisão da	1	3	3	9	Tarefa sob-condição programada

						válvula numa posição impedindo o correto funcionamento						
					1A4	Falha mecânica da engrenagem de dentados retos (ER9)	Falha da engrenagem de dentados retos impede o funcionamento da bomba e consequentemente a lubrificação do sistema	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada
					1A5	Falha mecânica da chaveta da engrenagem ER9	Falha da chaveta impede o funcionamento da bomba e consequentemente a lubrificação do sistema	1	3	2	6	Nenhuma manutenção programada
					1A6	Entupimento dos aspersores	A acumulação de resíduos à saída dos aspersores leva ao entupimento destes e consequentemente a uma deficiência de lubrificação do sistema	2	3	3	18	Tarefa de restauro programada
			1B	Não ser capaz de debitar um caudal de 2 l/min para os componentes da caixa de velocidades	1B1	Obstrução do Filtro de óleo	Acumulação de resíduos no filtro de óleo dificulta a passagem de fluido.	2	2	3	12	Substituição programada
					1B2	Fuga na tubagem	Fuga na tubagem por algum fator externo leva à perda de caudal do sistema	1	2	1	2	Nenhuma manutenção programada

				1B3	Perda das características do óleo	Oxidação ou envelhecimento do óleo leva à perda de propriedades de funcionamento afetando o caudal	3	2	3	18	Substituição programada
				1B4	Entupimento do ponto de recolha da caixa de velocidades para o depósito	A acumulação de resíduos no ponto de ligação do cárter ao depósito de óleo impede a passagem correta de óleo	2	2	3	12	Tarefa de restauro programada
		1C	Perda de capacidade de lubrificação para temperaturas acima dos 90°C	1C1	Perda de viscosidade do óleo	O aumento de temperatura, diminui a viscosidade do óleo levando à perda de capacidade de lubrificação	3	2	3	18	Substituição programada

ANEXO N: Diagramas de decisão do equipamento

Decision Worksheet

Sistema: Motor Eléctrico

Data de Início: 09/09/2020

RCM Reference			Consequence Evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default Task			Recommended action	Inicial Frequency	Can be done by:
F	F	F	H	S	E	O				H4	H5	S4			
1	A	1	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	2	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No				Tarefa sob-condição programada: verificação do isolamento do cabo de alimentação	1 ano	Operário/Técnico
1	A	3	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	4	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	5	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		

1	A	6	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Substituição programada: substituir os rolamentos	20000 h	Técnico
1	A	7	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Substituição programada: substituir os rolamentos	20000 h	Técnico
1	A	8	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No				Tarefa sob-condição programada: análise sensorial de vibrações	Contínua	Sensor de Vi- bração e Téc- nico
1	A	9	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
2	A	1	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
2	A	2	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		

Decision Worksheet

Sistema:

Caixa de velocidades

Data de Início: 25/05/2020

RCM Reference			Consequence Evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default Task			Recommended action	Inicial Frequency	Can be done by:
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			
1	A	1	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	2	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	3	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No				Tarefa sob-condição programada: análise sensorial da vibração	Contínua	Sensor de Vibração e Técnico
1	A	4	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	5	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		

1	A	6	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	7	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	8	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	9	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	10	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	11	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Substituição programada: rolamentos das embraiagens	10 000 h	Técnico
1	A	12	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No				Tarefa sob-condição programada: Verificação e reaperto dos parafusos de ligação entre as engrenagens e as embraiagens	10 000 h	Técnico
1	A	13	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	14	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Substituição programada: rolamentos de agulhas	40 000 h	Técnico
1	A	15	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Substituição programada: rolamentos de esferas	40 000 h	Técnico

1	A	16	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Tarefa sob-condição programada: análise sensorial da vibração	Contínua	Sensor de Vibração e Técnico
1	A	17	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Substituição programada: rolamentos cónicos	40 000 h	Técnico
1	A	18	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No				Tarefa sob-condição programada: análise sensorial da vibração	Contínua	Sensor de Vibração e Técnico
1	A	19	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No				Tarefa sob-condição programada: análise da temperatura	Contínua	Termómetro e Técnico/Operário
1	A	20	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	21	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	22	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No				Tarefa sob-condição programada: análise da temperatura	Contínua	Termómetro e Técnico/Operário
2	A	1	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
2	A	2	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No				Tarefa sob-condição programada: verificação das ligações elétricas	10 000 h	Técnico
2	A	3	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		

2	A	4	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
3	A	1	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
3	A	2	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
3	A	3	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
4	A	1	Yes	Yes			No	No	No				Tarefa sob-condição programada: verificação e reaperto dos parafusos (reprojeto desejável)	1 000 h	Técnico

Decision Worksheet

Sistema:

Sistema de Lu-
brificação

Data de Início:

RCM Reference			Consequence Evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default Task			Recommended action	Inicial Fre- quency	Can be done by:
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			
1	A	1	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	2	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	3	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No	No	No	No	Tarefa sob-condição programada: inversão do sentido de rotação do motor	2000 h	Operário/Técnico
1	A	4	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	A	5	Yes	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		

1	A	6	Yes	No	No	Yes	No	Yes	No				Tarefa de restauro programada: limpeza e verificação dos aspersores	10 000 h	Técnico
1	B	1	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Substituição programada: filtros de óleo	2000 h	Técnico
1	B	2	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Nenhuma manutenção programada		
1	B	3	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes				Substituição programada: óleo	2000 h	Técnico
1	B	4	Yes	No	No	Yes	No	Yes	No				Tarefa de restauro programada: limpeza e verificação do ponto de ligação do cárter ao depósito	10 000 h	Técnico
1	C	1	Yes	No	No	No	No	No	Yes				Substituição programada: óleo	2000 h	Técnico