

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Sistema de recolha e tratamento de dados relativos ao OEE de um centro de maquinagem CNC

João Brochado Coelho Poças

PARA APRECIACÃO POR JÚRI

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Prof. Doutor José António Rodrigues Pereira de Faria

Co-orientador: Engº Manuel Braga Lino

24 de Fevereiro de 2017

Resumo

Nos dias de hoje, existe uma preocupação crescente por parte das empresas em maximizar a eficiência dos seus equipamentos de produção. Nesse sentido, o processo de identificação das causas que originam qualquer tipo de redução da capacidade, qualidade ou eficácia produtiva, tem vindo a ganhar cada vez mais importância no setor da indústria.

Este pensamento é partilhado pela Felino, empresa do setor de panificação e subcontratação, que se estabeleceu em Portugal há 80 anos. No entanto, o processo de monitorização utilizado, está longe de ser perfeito.

No início deste projeto, o processo em vigor na Felino, passava pela recolha de dados, por parte dos operadores, sendo que este falhava no rigor e coerência. Posteriormente, o tratamento da informação obtida e a consequente análise da mesma, era realizada no dia seguinte, impossibilitando a aplicação de medidas corretivas atempadamente.

Atualmente, após um período de pesquisa de possíveis soluções, foi concebido e implementado um sistema autónomo, capaz de recolha de dados em tempo real. Foi também desmaterializado o processo de tratamento da informação, que é disponibilizada online através de uma interface bastante intuitiva, possibilitando a gestão visual do processo de produção.

Abstract

Today, there is a growing concern for companies to maximize the efficiency of its production equipment. In this sense, the process of identifying the root causes of a reduction in capacity, quality or efficiency of production has gained increasing importance in the industrial sector.

This idea is shared by Felino, enterprise in the industry of bakery equipments and outsourcing, which has been established in Portugal for 80 years. However, the tracking process used, is far from perfect.

At the beginning of this project, the process in place, consisted on the collection of data by operators, which failed on accuracy and consistency. Subsequently, the processing of the information obtained and the subsequent analysis of the information was carried out the following day, so it is impossible to apply corrective measures over time.

Today, after a period of possible research solutions, it was designed and implemented a stand-alone system capable of collecting data in real time. The process of information processing, available online through an intuitive interface that allows the visual management of the production process is also dematerialized.

Agradecimentos

Ao longo deste projeto, pude ,felizmente, contar com o apoio de várias pessoas, que foram fundamentais para o sucesso do meu trabalho.

À Felino, em especial ao Engenheiro Manuel Braga Lino, pela excelente oportunidade que me proporcionou. Foi extremamente enriquecedor para mim poder contactar diariamente com a realidade do mundo de trabalho, particularmente do sector da indústria.

Ao Engenheiro João Carvalho, pela orientação e constante disponibilidade. Foi ,sem dúvida, um elemento chave para que tudo corresse da melhor forma.

Ao Engenheiro José Faria, orientador da FEUP, por todo o conhecimento que me passou, por todos os conselhos e sobretudo pela excelente orientação.

Aos meus colegas e amigos, em especial ao Diogo Sebe, Nuno Pires, Pedro Dinis e Francisco Alpoim. Foi um enorme prazer travar esta "batalha"convosco. Obrigado por todos os bons momentos que partilhamos nos últimos anos.

Por fim, à minha família. Em especial ao meu Pai, à minha Mãe e à minha Irmã, por todos os concelhos, por todo o apoio, pela formação e sobretudo por me mostrarem todos os dias que nada se consegue sem esforço. Vocês são, sem dúvida, um grande exemplo e a minha maior fonte de motivação.

João Brochado Coelho Poças

“It’s all about where your mind’s at”

Kelly Slater

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivação e Objectivos	1
1.2	Estrutura da Dissertação	2
2	Revisão Bibliográfica	3
2.0.1	Fundamentos do 5S	3
2.1	Total Productive Maintenance (TPM)	4
2.1.1	Os Oito Pilares	4
2.2	Overall Equipment Effectiveness (OEE)	5
2.2.1	Terminologia OEE	6
2.2.2	Objectivos do OEE	7
2.2.3	As Seis Grandes Perdas	7
2.3	Aplicações Web	8
2.3.1	Conceito	8
2.3.2	Princípio de funcionamento	9
2.4	Protocolo Modbus	10
2.4.1	Modelo de Comunicação	10
2.4.2	Comandos Modbus	11
2.4.3	Tramas Modbus	11
3	Processo atual de Registo, Recolha e Tratamento de Dados	13
3.1	Introdução	13
3.2	As Máquinas	13
3.2.1	Tornos de Comando Numérico	13
3.2.2	Centros de Maquinagem	14
3.3	Os Documentos de Registo	14
3.3.1	Folha de registo de Perdas de Disponibilidade	15
3.3.2	Folha de registo de Produção e Qualidade	15
3.4	O Processo de Recolha e Tratamento dos Dados	15
3.5	Resumo e Conclusões	18
4	Análise e Especificação da Solução	19
4.1	Requisitos do Sistema	20
4.2	Subsistema de Aquisição de Dados	20
4.2.1	RTU	20
4.2.2	Sinais Monitorizados pelo Sistema	21
4.3	Subsistema de Processamento de Dados	23
4.3.1	Execução de uma determinada Ordem de Produção	26

4.4	Recolha e Tratamento de Dados - Aplicação Web	29
4.4.1	Funcionalidades	29
4.4.2	Casos de uso	29
4.4.3	Base de dados	31
5	Implementação e Resultados	37
5.1	Implementação do sistema	37
5.1.1	Remote Terminal Unit	37
5.1.2	Interface Gráfica	38
5.2	Resultados Obtidos	41
6	Conclusões e Trabalho Futuro	45
6.1	Satisfação de Objetivos	45
6.2	Perspetivas de trabalho futuro	45
6.2.1	Consolidação da solução	46
6.2.2	Novas funcionalidades	46
6.2.3	Implementação do sistema noutras máquinas	46
	Referências	47
A		49
A.1	Folha de registo de perdas de Disponibilidade	50
A.2	Folha de registo de Produção e Qualidade	51
B		53
B.1	Especificações do RTU - Advantys STBNIP2212	53

Lista de Figuras

2.1	Modelo Tradicional do TPM [1]	4
2.2	Tempo de Produção Efectivo	8
2.3	Modelo de uma Aplicação Web [2]	9
2.4	Modelo de comunicação Cliente-Servidor	10
3.1	Planta do sector de maquinaria CNC da Felino	14
3.2	Diagrama Swimlane do Processo de recolha e tratamento de dados OEE	15
3.3	Folha Excel de registo de perdas de Disponibilidade	16
3.4	Folha Excel de registo de informação relativa à Produção	17
3.5	Folha Excel de resumo dos dados recolhidos	17
4.1	Representação Geral do Sistema Desenvolvido	19
4.2	Diagrama de dequência da comunicação Aplicação Web - RTU	21
4.3	Sinais Utilizados pelo Sistema	22
4.4	Diagrama de Estados relativo às Ordens de Produção	24
4.5	Diagrama de Estados "Entre OP's"	24
4.6	Diagrama de Estados "Dentro OP"	25
4.7	Diagrama de Estados "Dentro OP"	27
4.8	Diagrama de Estados "Dentro OP- Caso Particular	28
4.9	Diagrama de Casos de Uso da interface do utilizador	30
4.10	Modelo Relacional da Base de Dados	31
4.11	Diagrama de estados - Início Ordem de Produção	32
4.12	Código PHP - Registo de Início de Ordem de Produção	32
4.13	Código PHP - Registo de Início de Setup	32
4.14	Diagrama de estados - Fim de Peça	33
4.15	Registo de Nova Unidade Produzida	33
4.16	Diagrama de estados - Início de Paragem	33
4.17	Código PHP - Registo Início de Paragem	33
4.18	Código PHP - Registo Início de Paragem	34
4.19	Diagrama de estados - Fim de Paragem	34
4.20	Código PHP - Registo Fim de Paragem	34
4.21	Página de seleção de motivo de paragem	35
4.22	Diagrama de estados - Fim de Ordem de Produção	36
4.23	Rgisto de Fim de Ordem de Produção	36
5.1	RTU - Advantys STBNIP2212	37
5.2	Página de equipamento em Produção	39
5.3	Página de Paragem	40
5.4	Página de especificação de Ordem de Produção	40

5.5	Página de equipamento em Setup	41
5.6	Problemas de comunicação Servidor - RTU	41
5.7	Análise de registo de dados	43
A.1	Folha de registo de Perdas de Disponibilidade	50
A.2	Folha de registo de Produção e Qualidade	51
B.1	Especificações RTU - Advantys STBNIP2212	53

Lista de Tabelas

2.1	Os Oito Pilares do TPM [1]	5
2.2	As Seis Grandes Perdas	8
2.3	Comandos Modbus	11
2.4	Trama de comunicação Modbus [3]	11
4.1	Requisitos do Sistema	20
4.2	Sinais processados	23
4.3	Comportamento do Sistema face a um determinado Evento	26
4.4	Registo de Início de Ordem de Produção	32
4.5	Registo Início Setup	32
4.6	Registo de Nova Unidade Produzida	33
4.7	Registo Fim Setup	34
4.8	Registo Início de Paragem	34
4.9	Registo do Fim de Paragem	35
4.10	Registo de paragem completo	35
4.11	Registo de Fim de Ordem de Produção	36
5.1	Comparação dos registos - Registo Manual vs Aplicação Web	42
5.2	Análise de registos - Manual vs Aplicação Web	43
5.3	Perdas em pequenas Paragens	44

Abreviaturas e Símbolos

TPM	Total Productive Maintenance
OEE	Overall Equipment Effectiveness
RTU	Remote Terminal Unit

Capítulo 1

Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial na Felino – Fundição e Construções Mecânicas, S. A. no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e teve o como principal foco o sector de maquinagem CNC da empresa.

1.1 Motivação e Objectivos

A tecnologia CNC (Comando Numérico Computorizado) está em constante desenvolvimento no mercado e veio revolucionar por completo o mundo da Indústria.

Esta tem por base o processamento de informação contida num programa CNC por parte da máquina que, por sua vez, executa o processo de maquinação de forma autónoma. No entanto, isto não implica a dispensa dos operadores. Estes são mesmo fundamentais no processo, uma vez que são eles que supervisionam e corrigem eventuais problemas, como as avarias dos equipamentos ou mesmo defeitos nas peças.

A utilização deste tipo de máquinas diminui significativamente os tempos de produção quando comparados com os das soluções convencionais. Consequentemente, a competitividade no sector da Indústria aumenta de dia para dia, uma vez que para além da precisão e velocidade de execução deste tipo de máquinas, as possibilidades da sua utilização são quase infinitas. Desde os mais pequenos componentes eletrónicos às grandes peças que compõe aviões e barragens, esta é uma tecnologia presente e que veio para ficar.

Assim, os erros e perdas são cada vez menos admissíveis quando o objetivo é estar no topo do mercado.

Fundada em 1936, a FELINO é uma das maiores e mais prestigiadas empresas da Península Ibérica nos sectores de equipamentos de panificação e da subcontratação. Disponibiliza aos seus clientes máquinas e instalações completas de padaria e pastelaria bem como serviços de subcontratação no sector metalúrgico e metalomecânico.

Ironicamente, no caso da Felino, a Unidade de Maquinagem CNC que, entre outras coisas, produz os modelos de máquinas de padaria da própria empresa, é o seu principal “ganha-pão”.

Por esse mesmo motivo, é imprescindível que tudo decorra na perfeição para que a produção permaneça estacionária o mínimo tempo possível e assim maximizar o seu rendimento. Nessa mesma ordem de ideias, surgem naturalmente as metodologias Lean, que já deram mais do que provas do seu sucesso nesta área, quando bem implementadas.

Para que seja possível a implementação deste tipo de ferramentas, é necessário, em primeiro lugar, avaliar a situação atual e perceber qual o caminho a seguir. No caso da Felino, devemos começar por perceber quais os principais problemas que levam à inatividade das máquinas e também à diminuição da velocidade de produção.

É de extrema importância a quantificação temporal de cada um desses problemas e a identificação das razões que os originam. Como tal, faz todo o sentido a utilização do Overall Equipment Effectiveness (OEE), ferramenta criada para a medição da eficiência dos equipamentos industriais com o objetivo de redução de desperdícios e consequente otimização do processo de produção. Este conceito será aprofundado no capítulo seguinte.

O objetivo principal deste trabalho passa pela validação e desenvolvimento de um sistema automático de recolha e tratamento de dados relativos ao OEE.

É fundamental que seja assegurado o rigor de todos os dados recolhidos e de toda a informação gerada a partir desses mesmos dados. O erro humano é uma constante no dia-a-dia. Como tal, o sistema deve conseguir detetar eventuais falhas humanas relativas ao processo monitorizado e corrigi-las da melhor forma possível.

Deverá ser criada uma interface gráfica simples e intuitiva que auxilie o Operador no seu trabalho e que permita visualizar resultados em tempo real. Uma vez que um dos objetivos deste projeto é a redução de custos da empresa, o sistema deverá ser concebido de forma a minimizar o custo de operação, sem que com isso comprometa a sua fiabilidade.

1.2 Estrutura da Dissertação

O presente documento está dividido em seis capítulos distintos. Até agora, no primeiro capítulo, apresentou-se a empresa onde o projecto foi desenvolvido e as motivações e objetivos relativos ao mesmo.

No segundo capítulo é estabelecido um enquadramento teórico, que introduz os conceitos e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do projeto.

No terceiro capítulo é analisado o processo atual de registo e recolha de dados da Felino e diagnosticadas as principais falhas.

No quarto capítulo é feita uma especificação da lógica do sistema, da sua arquitetura e das suas principais características.

O quinto capítulo fala sobre a forma como o sistema foi implementado. São apresentados alguns obstáculos encontrados e as respetivas soluções adotadas. São também apresentados e discutidos alguns resultados que comparam o sistema atual com o desenvolvido.

Finalmente, no sexto capítulo é feita uma reflexão sobre a satisfação dos objetivos propostos no início do projeto e referidas algumas perspetivas de trabalho futuro.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão analisados os principais temas e conceitos utilizados no desenvolvimento deste projeto.

2.0.1 Fundamentos do 5S

O objetivo dos 5S passa pela organização e limpeza do espaço de trabalho. Tem como base os seguintes elementos:

- Sort - Eliminar tudo o que não é realmente necessário.
- Set in Order - Organizar todos os restantes itens.
- Shine - Limpar e inspecionar a área de trabalho.
- Standardize - Criação de regras para a realização das três actividades acima descritas.
- Sustain - Assegurar que as regras criadas são aplicadas regularmente.

Esta ferramenta expõe ineficiências e interrupções no fluxo de trabalho, tornando visíveis problemas outrora ocultos e possibilitando a sua resolução.

Quando implementada corretamente, é criada uma forte gestão visual dos processos de fabrico que permite determinar de forma rápida qual o estado dos mesmos. Desta forma, é possível detetar atempadamente problemas que levariam à diminuição da eficiência.[\[1\]](#)

2.1 Total Productive Maintenance (TPM)

O TPM é uma das principais bases em que assenta a filosofia Lean pois, numa ótica de melhoria de processos, é fundamental que possamos ter confiança nos equipamentos utilizados. Aliado aos princípios dos 5s, o "Total Productive Maintenance" constitui uma potente ferramenta para a melhoria contínua e sustentada das empresas. [4]

Esta é uma abordagem global que visa a manutenção dos equipamentos com o objetivo de alcançar o auge da produção. Ou seja, pretende-se uma eliminação total de avarias, de paragens não planeadas e de defeitos de fabrico. Para além disso, existe uma forte preocupação inerente à segurança do ambiente de trabalho, no sentido de evitar qualquer tipo de acidente.

Este modelo incentiva à realização de uma manutenção pró-ativa com o objetivo de maximizar a eficiência dos equipamentos. Com o TPM, a distinção que anteriormente havia entre a função da produção e a da manutenção cai inegavelmente por terra, colocando uma forte ênfase na formação dos operadores para a manutenção dos seus equipamentos de trabalho.

O modelo tradicional do TPM (figura 2.1), criado na década de 1960, tem por base a metodologia 5s que suporta outras oito grandes atividades, também conhecida como os oito pilares. [1]



Figura 2.1: Modelo Tradicional do TPM [1]

2.1.1 Os Oito Pilares

Na tabela 2.1 são apresentados os oito pilares do TPM. Estes focam-se sobretudo em técnicas pró-ativas e preventivas que levam ao aumento da fiabilidade dos equipamentos de fabrico.

Pilar	O que é?	Qual a importância?
Manutenção Autónoma	Manutenção de rotina, como limpeza, lubrificação e inspecção. Da responsabilidade do operador.	• Dá aos Operadores maior "propriedade" sobre os equipamentos. • Aumenta o conhecimento dos Operadores sobre os equipamentos. • Assegura a limpeza e lubrificação dos equipamentos. • Identifica problemas antes de estes se tornarem em Avarias. • Liberta o pessoal da Manutenção para realização de outras tarefas.
Manutenção Planeada	Planeamento de tarefas de manutenção com base em taxas de falha previstas e/ou medidas.	• Redução significativa dos tempos de paragem não planeados. • Permite que a maior parte das manutenções sejam planeadas para preudos em que não está previsto que o equipamento esteja em produção. • Reduz o inventário por meio de um melhor controlo de peças propensas ao desgaste ou a falhas.
Qualidade	Deteção de erros e prevenção em processos de produção. Análise da Causa Raiz para eliminar fontes recorrentes de defeitos de qualidade.	• Identificação de problemas de qualidade através projetos de melhoria focada na remoção da raiz dos defeitos. • Redução do número de defeitos • Redução de custos por detecção precoce de defeitos (para além dos custos elevados, é difícil corrigir problemas detectados por inspecção numa fase posterior).
Foco na Melhoria	Pequenos grupos de funcionários que trabalham em conjunto para conseguir melhorias regulares e incrementais na operação do equipamento.	• Problemas recorrentes são identificados e resolvidos por equipas de funcionários. • Combina os as capacidades coletivas dos trabalhadores de uma empresa com o objectivo de criar um motor de melhoria contínua.
Histórico de Gestão de Equipamentos	Direcciona o conhecimento prático e compreensão do equipamento de fabrico adquirido através do TPM para melhorar a concepção de novos equipamentos.	• Os novos equipamentos atingem mais rapidamente os níveis de desempenho para que foram projectados. • A manutenção é mais simples e robusta devido à revisão prática e ao envolvimento dos funcionários antes da instalação.
Treino e Formação	Preencha as lacunas de conhecimento necessárias para atingir os objetivos do TPM. Aplica-se aos operadores, pessoal de manutenção e gestores.	• Os operadores desenvolvem novas capacidades na manutenção de equipamentos e identificação problemas emergentes. • O pessoal de manutenção aprende técnicas de manutenção proativa e preventiva. • Os gestores são instruídos acerca dos princípios do TPM, bem como do treino e desenvolvimento dos funcionários.
Segurança, Saúde e Ambiente	Manter um ambiente de trabalho seguro e saudável.	• Elimina riscos potenciais de saúde e segurança, dando origem a um local de trabalho mais seguro. • Tem como objectivo um local de trabalho sem a ocorrência de qualquer acidente.
TPM na Administração	Aplicação da técnicas do TPM em funções administrativas.	• Estende os benefícios do TPM para além do chão de fábrica, abordando o desperdício em funções administrativas. • Dá apoio à produção através de operações administrativas aperfeiçoadas (por exemplo, processamento de pedidos, suprimento e programação).

Tabela 2.1: Os Oito Pilares do TPM [1]

2.2 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Desenvolvido em meados da década de 90, o Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um método que tem como principal objetivo perceber de que forma estão a ser utilizados os equipamentos de produção. Os resultados são apresentados de uma forma genérica, o que permite a comparação com padrões previamente estabelecidos no mundo da indústria. É também possível outro tipo de comparações a nível interno, como é o caso dos diferentes turnos, produtos,

máquinas, departamentos, linhas de montagem, etc.

Resumidamente, o OEE representa sob a forma de percentagem, a eficiência de um determinado equipamento quando comparado com um cenário ideal do mesmo. Isto é, compara a situação real com uma produção otimizada, tanto em relação à quantidade de unidades produzidas, como à qualidade das mesmas. Nestas condições, são também consideradas como nulas todas as perdas de velocidade e todas as paragens.

De uma forma simplificada, o OEE pode ser descrito pela seguinte equação:

$$OEE = \frac{\text{Tempo de Produção Efetivo}}{\text{Tempo de Produção Teórico}} \quad (2.1)$$

O Tempo de Produção Teórico ou Planeado corresponde ao tempo total disponível para a produção, que consiste no somatório de todos os turnos. Já o Tempo Efetivo diz respeito ao período restante depois de subtraídas todas as perdas ao tempo Teórico.

O cálculo do OEE é visto como um indicador de desempenho chave, na medida em que fornece uma visão holística da utilização dos ativos da empresa. Este permite à organização examinar todos os aspetos relacionados com desempenho do ativo, de modo a garantir que estão a obter o máximo benefício de um equipamento que já foi adquirido e pago. [?]

2.2.1 Terminologia OEE

De seguida serão explicados os termos inerentes ao OEE e às três principais componentes (Disponibilidade, Desempenho e Qualidade) que são utilizadas no seu cálculo.

- RUN TIME (Disponibilidade) - Tempo de produção total em que a máquina esteve a produzir peças;
- SETUP TIME (Disponibilidade) - Período de tempo que o Operador leva para completar todas as tarefas necessárias para a produção da primeira peça boa (montagem de ferramentas, posicionamento da peça, etc.);
- DOWN TIME (Disponibilidade) - Tempo em que a máquina está indisponível para a produção por motivos de paragem, manutenção preventiva ou avaria;
- TOTAL TIME (Disponibilidade) - Tempo acumulado total (RUN TIME + DOWN TIME + SETUP TIME);
- TARGET COUTN (Desempenho) - Número de peças que devem ser produzidas num determinado turno, dia ou série de produção;
- TOTAL COUNT (Desempenho e Qualidade) - Número total de peças, boas e más, produzidas por uma máquina;
- GOOD COUNT (Qualidade) - Número de peças produzidas que cumprem com as especificações;

$$DISPONIBILIDADE = \frac{RUN\ TIME}{TOTAL\ TIME} \quad (2.2)$$

$$DESEMPENHO = \frac{TOTAL\ COUNT}{TARGET\ COUNT} \quad (2.3)$$

$$QUALIDADE = \frac{GOOD\ COUNT}{TOTAL\ COUNT} \quad (2.4)$$

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (2.5)$$

2.2.2 Objectivos do OEE

1. Identificar as perdas relativas a um processo ou equipamento com o objetivo de melhorar o seu Desempenho e fiabilidade.
2. Identificar e categorizar as principais perdas que levam à diminuição do Desempenho por forma a estabelecer prioridades de melhoria e sinalização da raiz do problema.
3. Monitorizar a evolução da eficiência de um equipamento ao longo de um período de tempo.
4. Identificar capacidades escondidas ou subdesenvolvidas num determinado processo que podem levar ao equilíbrio do seu fluxo.
5. Desenvolver e melhorar a colaboração entre operações de ativos, manutenção, compras e engenharia de equipamentos para identificar e eliminar (ou reduzir) as principais causas de mau desempenho, uma vez que a manutenção por si só não pode melhorar o OEE.

2.2.3 As Seis Grandes Perdas

Um dos principais objetivos dos programas TPM e OEE é reduzir ou mesmo eliminar aquelas a que são chamadas Seis Grandes Perdas. Estas são as causas mais comuns de perda de eficiência nos processos de fabrico.

A curto prazo, as Seis Grandes Perdas fornecem informações adicionais que se coadunam e complementam o OEE (informação melhorada). Já a longo prazo, torna-se mais fácil a identificação de medidas que contrariem, de forma eficaz, as perdas verificadas nos equipamentos (ações melhoradas).

A tabela 2.2 lista as Seis Grandes Perdas e demonstra qual a sua relação com as categorias que constituem o OEE.

Perdas	Categoria OEE	Exemplo
Falhas	Disponibilidade	Manutenção não planeada Falhas gerais Falhas de Equipamento
Preparações e Controlos	Disponibilidade	Preparações Alterações Falta de Material Falta de Operador Período de Arranque
Pequenas Paragens	Desempenho	Bloqueio de fluxo de produção Avarias Limpeza/Controlo
Perdas de Velocidade	Desempenho	Envelhecimento dos Equipamentos Ineficiência do Operador Variabilidade do trabalho
Rejeições Iniciais	Qualidade	Desperdícios Danos durante o processo Montagens Incorretas
Produtos Rejeitados	Qualidade	Desperdícios Danos durante o processo Montagens Incorretas

Tabela 2.2: As Seis Grandes Perdas

Tempo de Trabalho da Empresa				
Tempo de Produção Planeado			Paragem Planeada	
Tempo de Disponibilidade dos Equipamentos		Paragem não Planeada	Paragem Planeada	
Tempo de Funcionamento	Desempenho	Paragem não Planeada	Paragem Planeada	
Tempo de Produção	Qualidade	Desempenho	Paragem não Planeada	Paragem Planeada

Figura 2.2: Tempo de Produção Efectivo

2.3 Aplicações Web

Neste capítulo serão explorados os princípios básicos das aplicações web, com o objectivo de demonstrar qual o conceito por detrás deste tipo de sistema e o seu modo de funcionamento. Esta é uma das principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

2.3.1 Conceito

Uma aplicação web consiste num programa de computador que permite aos utilizadores de uma determinada página ("website") submeter ou extrair informação de uma base de dados através da Internet por meio de um navegador web ("web browser"). Normalmente, consistem numa combinação de scripts do lado do servidor (ASP, PHP, etc) e de scripts do lado do cliente (HTML,

Javascript, Ajax, etc.). O lado do cliente trata da apresentação da informação enquanto o lado do servidor se encarrega de operações mais exigentes, como armazenar e pesquisar a informação.

Uma das principais vantagens deste tipo de aplicações é o facto de poderem ser executadas independentemente do sistema operativo e do navegador web existentes do lado do cliente (utilizador). Desta forma, evita-se que as aplicações tenham de ser desenvolvidas com a preocupação das restrições de um cliente específico, tornando-se assim muito mais versáteis. Para além disso, não necessitam de nenhum tipo de instalação e não têm custos inerentes.

Esta é uma tecnologia em constante crescimento, uma vez que o número de empresas e negócios que a utilizam aumenta diariamente.

2.3.2 Princípio de funcionamento

A figura 2.3 ilustra o modelo das três diferentes camadas que compõe uma aplicação web. A primeira corresponde ao navegador web ou à interface do utilizador. Já a segunda camada é constituída pela tecnologia encarregue de gerar o conteúdo de forma dinâmica, como por exemplo o PHP (Hypertext Preprocessor) ou o ASP (Active Server Pages). Finalmente, a terceira camada diz respeito à base de dados onde é armazenada toda a informação utilizada na aplicação.

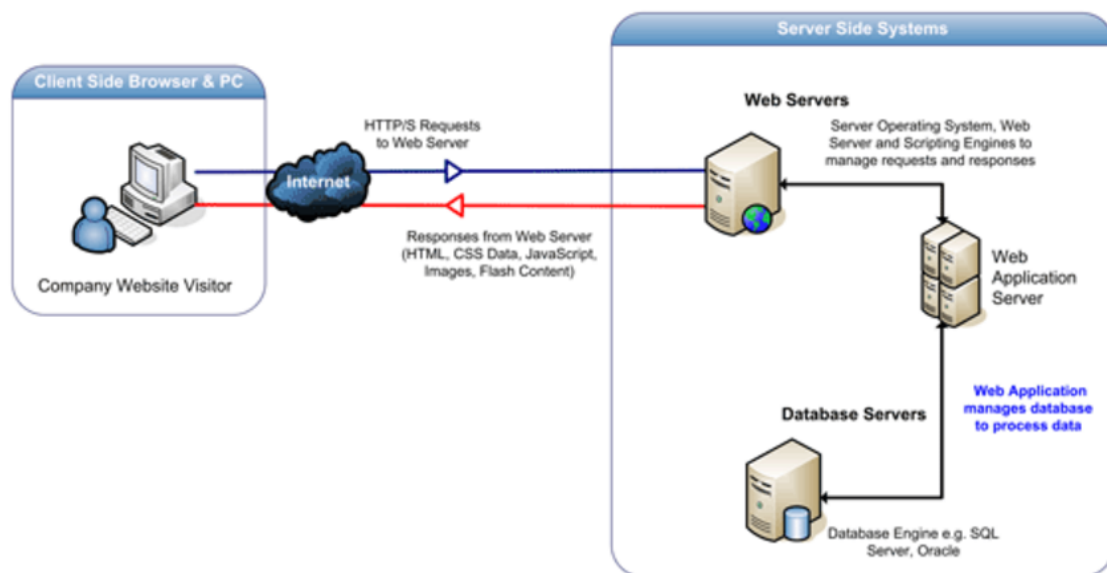


Figura 2.3: Modelo de uma Aplicação Web [2]

O utilizador realiza o pedido inicial ao servidor da aplicação através do seu navegador web. Esta encarrega-se então do acesso à base de dados e à inserção ou pesquisa de informação contida na mesma que é, por último, apresentada ao utilizador no seu navegador web.

2.4 Protocolo Modbus

O protocolo Modbus foi criado em 1979, pela Modicon, com o objectivo de partilhar dados entre, PLCs (Controladores lógicos programáveis). O facto de ter sido aberto ao público aliado à simplicidade do próprio protocolo, permitiu que este se tornasse o primeiro protocolo amplamente aceite pela comunidade industrial.

Atualmente, o Modbus é usado em equipamentos que vão desde os mais pequenos sensores e atuadores, até controladores de automação complexos e sistemas SCADA (controle de supervisão e aquisição de dados). [5]

2.4.1 Modelo de Comunicação

O Modelo de Comunicação do protocolo Modbus é do tipo Cliente-Servidor (Mestre-Escravo). Como tal, todas as interações são iniciadas obrigatoriamente pelo cliente que envia mensagens solicitando ao servidor que envie os dados que por ele estão a ser lidos. Podem também ser enviados sinais com o intuito de serem escritos nas saídas, por exemplo, para controlo de atuadores. Na figura seguinte está representado este mesmo modelo de comunicação.

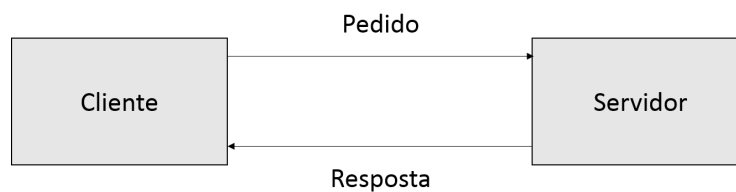


Figura 2.4: Modelo de comunicação Cliente-Servidor

2.4.2 Comandos Modbus

Na tabela seguinte são listados os comandos Modbus a par da respetiva descrição:

Tabela 2.3: Comandos Modbus

Código do Comando	Descrição
0x01	Read coils
0x02	Read discrete inputs
0x03	Read holding registers
0x04	Read input registers
0x06	Write single register
0x0F	Write multiple coils
0x10	Write multiple registers
0x14	Read file record
0x15	Write file record
0x16	Mask write register

2.4.3 Tramas Modbus

Este tipo de comunicações rege-se por tramas previamente definidas, tramas essas que contêm o endereço do servidor, o comando a ser executado, uma quantidade variável de dados complementares e uma verificação de consistência de dados (CRC).

Se, por exemplo, o PLC pretender ler as 10 primeiras entradas analógicas (do endereço 0000 ao 0009) no módulo 2, deverá então ser utilizado o comando de leitura de registos múltiplos analógicos (comando 3). A estrutura da trama de comunicação utilizada encontra-se representada na tabela seguinte (os endereços são escritos utilizando o sistema hexadecimal):

Tabela 2.4: Trama de comunicação Modbus [3]

Endereço	Comando	End. dos Registos		Quant. de Registos		CRC
02	03	00	00	00	0A	2 caracteres

A resposta do escravo é uma trama semelhante que deve incluir: o endereço do escravo, o número do comando, os dez valores solicitados e um verificador de erros (CRC). Em caso de erros de resposta (por exemplo um dos endereços solicitados não existe) o escravo responde com um código de erro.

Este foi exatamente o tipo de comunicação usado no desenvolvimento deste trabalho. Teve como objetivo a leitura de sinais que definem em que estado se encontra o equipamento e, consequentemente, recolher e armazenar os dados necessários ao cálculo do OEE. Este tema será aprofundado ao longo do capítulo 4.

Capítulo 3

Processo atual de Registo, Recolha e Tratamento de Dados

3.1 Introdução

Neste capítulo são inicialmente apresentados os equipamentos CNC da Felino, que foram o foco do trabalho desenvolvido. Posteriormente, é feita uma descrição dos documentos utilizados no registo de dados relativos ao OEE. Por último, é analisado o processo de recolha e tratamento desses mesmos dados e realizado um diagnóstico do processo.

3.2 As Máquinas

Na Felino, para além dos tornos de maquinagem convencionais, existem oito máquinas CNC. Estas podem ser divididas em dois grupos principais: Tornos de Comando Numérico e Centros de Maquinagem.

3.2.1 Tornos de Comando Numérico

Este sector é composto por quatro máquinas. Duas delas, TOCN 1 e TOCN 2, utilizam controladores FANUC e podem ser montadas até 10 ferramentas em simultâneo. São máquinas antigas (1980), como tal, um pouco limitadas ao nível de capacidade de armazenamento de programas de maquinagem e da comunicação com a máquina para efeitos de extração de informação.

As restantes, OKUMA MULTUS B-400-W e OKUMA MULTUS U-3000, são máquinas mais recentes e bastante mais versáteis. Utilizam controladores OSP e podem receber até 60 ferramentas diferentes em simultâneo.

Em todas estas máquinas a troca de peças é feita manualmente pelo Operador, pelo que o tempo associado a esta operação depende bastante da sua experiência.

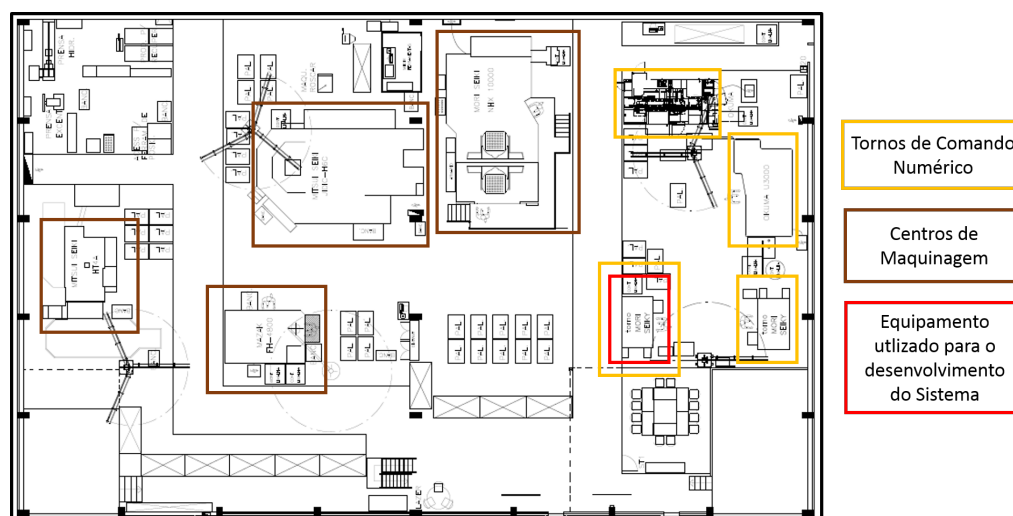


Figura 3.1: Planta do sector de maquinagem CNC da Felino

3.2.2 Centros de Maquinagem

A empresa conta também com quatro centros de maquinagem. Em comparação com os tornos de comando numérico, estes equipamentos operam num maior número de eixos (5 numa das máquinas mais recentes). Esta particularidade permite a produção de peças de maior complexidade diminuindo também o número de reposicionamentos dessas mesmas peças.

Para além disso, estes equipamentos dispõem de vários paletes de posicionamento de peças (entre 2 a 10). Esta característica permite que sejam maquinadas várias referências de forma alternada e que a troca de peças seja feita automaticamente pelo equipamento.

Assim, enquanto que os tornos de comando numérico têm obrigatoriamente de para para as tarefas de troca e posicionamento de peças, no caso dos centros estes tempos de perda de Disponibilidade são eliminados praticamente na totalidade. As máquinas mais antigas, com cerca de 30 anos, são ambas Mitsui Seiki, modelos HT4A e JIDIC-H6C e partilham os controladores Fanuc.

A empresa conta também com um equipamento Mazak FH-4800 que dispõe de um controlador próprio. Por esse motivo, em termos de comunicação, esta é de todas a que apresenta uma maior dificuldade, uma vez que não existe muita informação disponível, em oposição ao controladores Fanuc que por serem mais utilizados são praticamente "Open Source".

Por fim, a Felino adquiriu recentemente um equipamento da DMG Mori, o NHX 10000. Em comparação com os restantes, este é tecnologicamente bastante mais avançado, o que permite um maior número de funcionalidade tanto ao nível de maquinagem como de comunicação.

3.3 Os Documentos de Registo

Com o objetivo de recolher os dados relativos à eficiência destes oito postos de trabalho, foram criadas duas folhas distintas que são preenchidas diariamente pelos Operadores.

3.3.1 Folha de registo de Perdas de Disponibilidade

Tal como referido anteriormente, uma das componentes do indicador OEE é a Disponibilidade. Como tal, devem ser registados todos os tempos de paragem não planeada bem como a razão da sua origem. Nesta folha existe uma lista de motivos de paragem, aos quais devem ser atribuídos os respetivos tempos de perda de disponibilidade no bloco de horário em que ocorreram.

Este documento pode ser visualizado no anexo [A](#).

3.3.2 Folha de registo de Produção e Qualidade

Neste documento, os Operadores especificam para cada referência de peça qual a quantidade de unidades produzidas, rejeitadas e retrabalhadas. É feita uma divisão dessas mesmas quantidades por turnos e são também registados os tempos de maquinagem de cada referência.

Posteriormente, estes dados serão utilizados no cálculo da Velocidade e da Qualidade, elementos que, como referido anteriormente, compõe também o indicador OEE.

Este documento pode ser visualizado no anexo [B](#).

3.4 O Processo de Recolha e Tratamento dos Dados

Como é possível observar no diagrama Swimlane da figura 3.5, este é um processo executado por três agentes diferentes:

- Os Operadores - responsáveis pelo registo dos dados
- O Responsável pelo OEE - recolhe e organiza todos os dados
- Director - Analisa os dados e toma decisões em conformidade com os mesmos

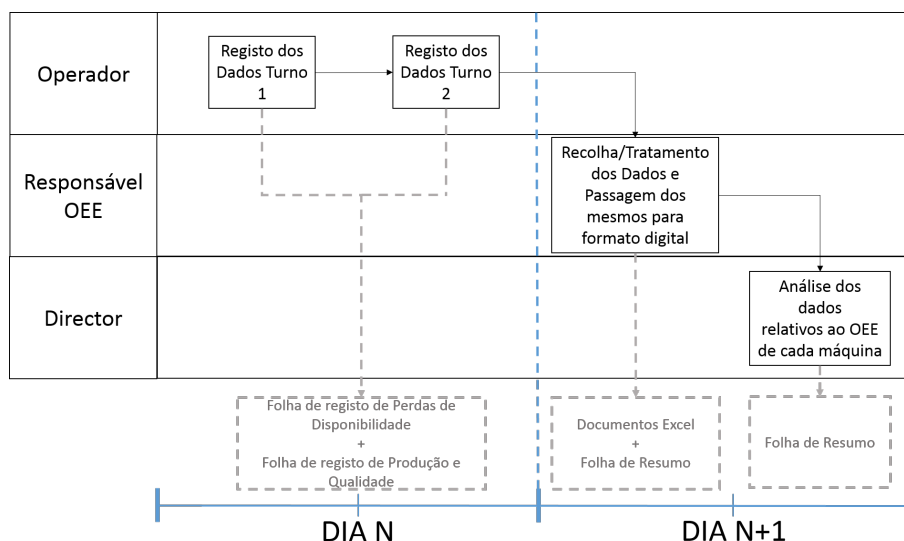


Figura 3.2: Diagrama Swimlane do Processo de recolha e tratamento de dados OEE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1						S49									
2						05/12	05/12	06/12	06/12	07/12	07/12	08/12	08/12	09/12	09/12
3	Quantidade		Ano			2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016
4	Produzida		Mês			12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
5	(Total)		Dia			5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
6			Turno			1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
7		Pega Ref.	CLIENTE	Fase	Cód Pega Fase	10	1	15	0	0	0	0	0	0	0
383	TRUE	ASM1002FNMQ0001	FELINO	1ª	ASM1002FNMQ0001_1ª										
384	TRUE	ASM1002FNMQ0001	FELINO	2ª	ASM1002FNMQ0001_2ª										
385	TRUE	ASM1005ALMQ0002	FELINO	1ª	ASM1005ALMQ0002_1ª										
386	TRUE	ASM1005ALMQ0003	FELINO	2ª	ASM1005ALMQ0003_2ª										
387	TRUE	ABT4006FNMQ0002	FELINO	1ª	ABT4006FNMQ0002_1ª										
388	TRUE	ARP1601FCMQ0002	FELINO	2ª	ARP1601FCMQ0002_2ª	10									
389	TRUE	AFF1001FCMQ0009	FELINO	1ª	AFF1001FCMQ0009_1ª		1	7							
390	TRUE	AFF1001FCMQ0009	FELINO	2ª	AFF1001FCMQ0009_2ª			8							

Figura 3.4: Folha Excel de registo de informação relativa à Produção

É importante referir que estas folhas existem para todas as máquinas, pelo que o seu preenchimento se repete por oito vezes. Por este motivo, este é um processo que se torna bastante repetitivo, demorado e por vezes até desmotivante para quem o executa.

Finalmente, os resultados obtidos são consolidados num terceiro documento (Figura 3.5), posteriormente enviado para o diretor, que se encarrega da sua análise e de desenvolver ações de melhoria com base nessa mesma análise.

Leitura OEE Dezembro 2016		Setembro 2016		Outubro 2016		Novembro 2016		Dezembro 2016		OEE RESUMO										
		Leitura Diária		Leitura Diária		Leitura Diária		Leitura Diária												
		Evolução		Evolução		Evolução		Evolução												
TURNO	MÁQUINA	05/12/2016		06/12/2016		07/12/2016		12/12/2016		13/12/2016		14/12/2016		15/12/2016		16/12/2016		19/12/2016		
1	TOCN1	31%	4	17%	14%	1	33%	4	45%	23%	3	22%	10%	1	7%	15%	4	14%	36%	3
2		2%	4	33%	4	57%	4	20%	4	22%	3%	4	7%	12%	1	16%	1	40%	4	42%
1	TOCN2	10%	1	5%	4%	3	7%	3	15%	3	27%	4	21%	14%	1	0%	4	2%	1	12%
2		0%	9	5%	14%	1	21%	1	14%	50%	1	33%	14%	4	16%	30%	4	22%	1	12%
1	OKUMA 3000	32%	6	62%	95%		21%	1	37%	2%	4	3%	1	11%	53%	4	36%	0%	1	26%
2		91%			12%	1	54%	52%	4	4%	3	3%	18%	1	36%	18%	1	20%	18%	4
1	OKUMA 400	98%		95%	92%		60%	1	39%	0%	1	36%	4	43%	4	38%	0%	4	0%	1
2		92%			89%		18%	6	39%	0%	3	0%	1	32%	4	38%	0%	1	0%	1
1	NHX	0%	1	9%	8%	1	33%	1	29%	0%	10	73%		89%		86%	0%	10	53%	0%
2		18%	1		58%	4	25%	1	22%	1	11%	73%		73%	83%		16%	10	73%	4
1	H6C	20%		30%	40%	5	0%	1	9%	72%	54%	32	63%	53%	1	16%	1	12%	1	41%
2		40%			50%	4	18%	1	9%	72%	72%	4	63%	18%	1	20%	7	18%	35%	1
1	MAZAK	99%		79%	87%		56%	4	75%	96%	99%		90%	55%	1	0%	6	0%	6	0%
2		59%	4		73%	4	80%	94%		96%	96%		90%	81%		0%	6	0%	6	0%
1	HT4A	10%			0%	1	6%	1	21%	55%	1	36%	4	23%	0%	1	4%	0%	1	14%
2		17%		14%	0%	1	35%	1	65%	4	60%	9%	1	23%	7%	1	5%	1	13%	1

Figura 3.5: Folha Excel de resumo dos dados recolhidos

3.5 Resumo e Conclusões

Apesar de se tratar de um processo relativamente simples este é, paradoxalmente, bastante demorado e pouco rigoroso. A nível de custos para a Felino, este é um processo relativamente caro uma vez que para além de todo o material usado (dezenas de folhas impressas por semana), é também consumida uma considerável percentagem do tempo de trabalho dos funcionários.

É notória a falta de robustez e fiabilidade dos registos, uma vez que estes são feitos por mera suposição temporal visto não serem cronometrados e, no caso das paragens, há alguma latência entre o registo das mesmas e momento da sua ocorrência.

Tendo em conta a realidade da Felino, este tipo de erro, ainda que na ordem dos minutos, tem um grande impacto no indicador final, uma vez que se repete inúmeras vezes durante o dia.

Um dos principais objetivos deste processo é a identificação de falhas/problemas na produção. Embora seja possível extrair este tipo de informação dos dados recolhidos, o facto de haver um atraso de cerca de um dia em relação à produção impede por completo uma intervenção rápida no sentido de maximizar a eficiência dos equipamentos de fabrico.

Este tipo de atraso entre a recolha e a apresentação dos dados leva à diminuição da confiança no processo, principalmente por parte dos Operadores a quem os dados chegam em último lugar. Tal como sugere a filosofia Lean, é fundamental a integração e motivação de todos os trabalhadores. É necessário que todos sintam que o rigor e a qualidade do seu trabalho são fatores preponderantes para ao sucesso da equipa.

Como tal, para além de garantir o rigor dos dados recolhidos, concluiu-se que teria de ser criada uma solução o mais simples possível, em que todos se sintam parte integrante e fundamental do processo e que os resultados sejam apresentados no menor tempo possível.

Capítulo 4

Análise e Especificação da Solução

Nos dias de hoje, a utilização de novas tecnologias é fundamental quando o objetivo passa pelo o alcance do máximo rigor e eficiência possíveis. Assim sendo, perante o problema apresentado pela Felino, fazia sentido a criação de um sistema de recolha e tratamento de dados maioritariamente autónomo, que consequentemente diminuísse a carga de trabalho dos operadores e restantes trabalhadores da empresa para a realização de outras tarefas de maior valor acrescentado. De um modo geral, a solução desenvolvida pode ser descrita como um conjunto de elementos distintos (hardware + software) que executam duas tarefas principais:

- Aquisição de dados
- Processamento de dados

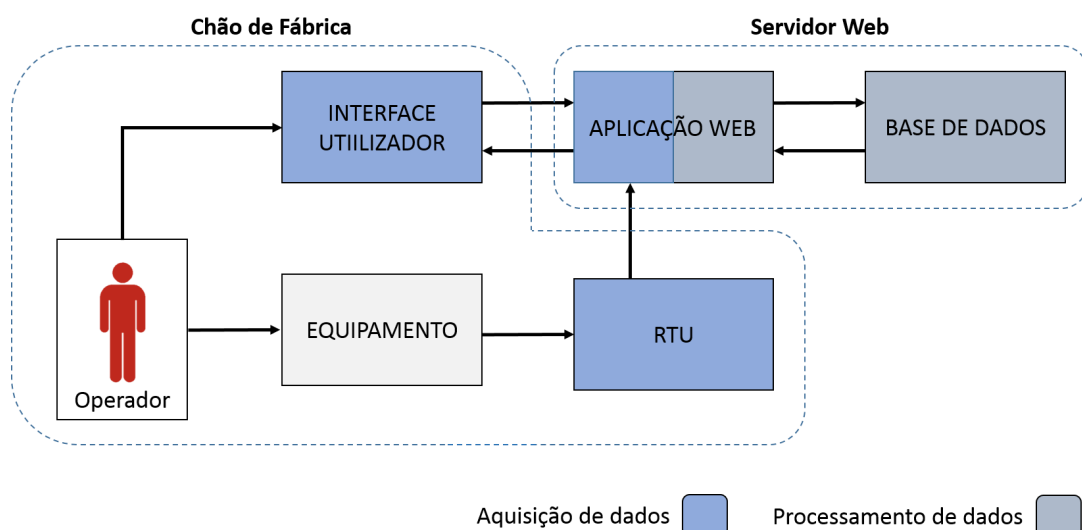


Figura 4.1: Representação Geral do Sistema Desenvolvido

4.1 Requisitos do Sistema

Para que atinja o objetivo final - calcular o indicador OEE de forma autónoma - o sistema deve cumprir determinados requisitos. Como foi possível observar na figura 4.1, é fundamental a aquisição de sinais analógicos provenientes do equipamento para que seja identificado, entre outras variáveis, o estado em que o mesmo se encontra. Este processo deverá ser executado por um RTU (Remote Terminal Unit) que posteriormente enviará os dados através da rede Ethernet para que sejam processados pela Aplicação Web.

Processada a informação, é necessário que seja armazenada numa base de dados. Desta forma, é criado um histórico de informação relativa ao equipamento em questão, que permitirá o cálculo do indicador desejado.

Na tabela 4.1 são apresentados os principais requisitos do sistema. Note-se que todos os que são do tipo "Funcional", são considerados de carácter obrigatório para a correta operação do sistema projetado. Já os designados requisitos "Não Funcionais", embora sejam também de grande importância, não detêm um papel vital para o bom funcionamento do mesmo.

Tabela 4.1: Requisitos do Sistema

Descrição	Tipo de Requisito
Leitura de dados provenientes dos contactos dos PLC's de comando	Funcional
Comunicação com o RTU através da rede (Modbus TCP)	Funcional
Armazenamento da informação	Funcional
Processamento da informação armazenada para cálculo do OEE	Funcional
Apresentação de dados relativos à situação atual do Equipamento	Funcional
Deteção e resolução de falhas (ex:esquecimentos)	Funcional
Criação de interfaces simples e intuitivas	Não Funcional
Comunicação com o RTU inferior a 5 milissegundos	Não Funcional
Carregamento das páginas da Interface inferior a 3 segundos	Não Funcional

4.2 Subsistema de Aquisição de Dados

Nesta secção, serão analisados os principais aspetos relativos aos sinais adquiridos e ao comportamento do sistema face aos mesmos.

4.2.1 RTU

Tal como já foi referido anteriormente, é imprescindível a aquisição de sinais fornecidos pelo equipamento. Nesse sentido, foi instalado no chão de fábrica um dispositivo multi-funcional usado

na monitorização e controlo remoto de vários equipamentos e/ou sistemas de automação, denominado "Remote Terminal Unit"(RTU). Após a recolha dos dados pedidos pelo cliente (Aplicação Web), estes são codificados num formato predefinido (protocolo Modbus - capítulo 2.4) e enviados de volta através da rede Ethernet. Apesar de também ser possível "escrever" nas saídas do RTU (exemplo: controlo de atuadores), esta funcionalidade não foi utilizada no sistema em questão.

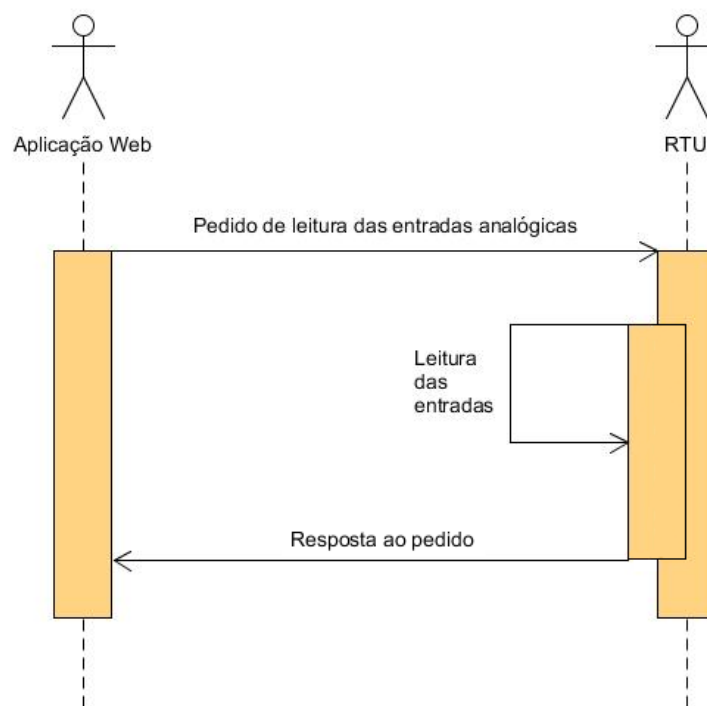


Figura 4.2: Diagrama de sequência da comunicação Aplicação Web - RTU

4.2.2 Sinais Monitorizados pelo Sistema

No que diz respeito aos sinais captados pelo sistema, estes são adquiridos de duas formas distintas:

- Manual - Informação fornecida pelo Operador através da interface do utilizador que se traduz na ocorrência de um determinado evento.
- Automática - Sinais analógicos provenientes do equipamento que permitem identificar o seu estado atual.

Esta situação encontra-se representada na figura seguinte.

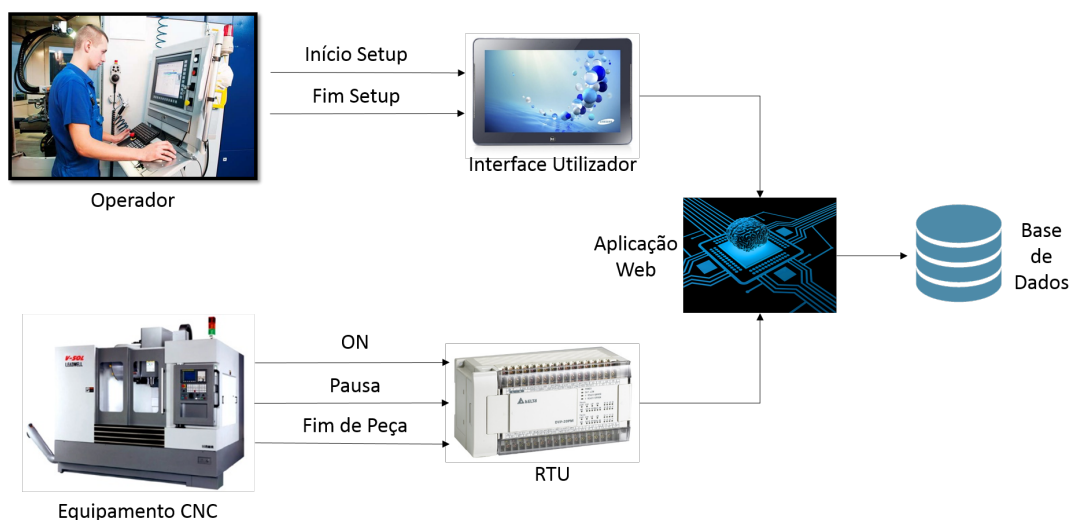


Figura 4.3: Sinais Utilizados pelo Sistema

Como é possível observar na figura 4.3, a informação fornecida pelo Operador é referente ao início e fim do processo de Setup. Esta é a designação utilizada para o conjunto de operações necessárias para a produção da primeira peça conforme, de um determinado lote de peças. São exemplo deste tipo de procedimentos a preparação de ferramentas de maquinagem, o posicionamento da peça na máquina, o controlo de qualidade da peça ao longo do processo, o ajuste dos programas de maquinagem e, numa fase final, a validação da peça (responsabilidade do departamento de Qualidade). Importa referir que este é visto como uma perda de Disponibilidade e está diretamente relacionado com a variabilidade das peças produzidas. No caso da Felino, esta é bastante elevada pelo que este processo é responsável por uma elevada percentagem das perdas de Disponibilidade e, conseqüente, aumento dos custos de produção.

São também adquiridos de forma automática três sinais provenientes do equipamento:

- **ON** - Este é um sinal de nível. Quando o seu valor é zero significa que a máquina está parada e quando toma o valor um que a máquina se encontra em funcionamento.
- **Pausa** - Este é um sinal de pico que é originado quando o Operador prime o botão de paragem opcional do equipamento. Aquando do seu *rising edge*, o sinal On comuta de valor. Isto é, se o valor de On for 1 e o Operador pressionar o botão este passa a zero e vice-versa.
- **Fim de peça** - Para a maquinagem de qualquer peça, o equipamento processa um certo número de instruções contidas num programa CNC. No final do programa é incluída uma instrução (M30) que determina a conclusão do mesmo. No momento da sua leitura, o PLC

emite um sinal temporizado (cerca de 1 segundo) que faz acender e apagar uma lâmpada. Ao captar este sinal (Fim de peça) o sistema assume que foi produzida uma nova peça.

Na tabela seguinte é feito um resumo dos sinais processados e das suas principais características.

Tabela 4.2: Sinais processados

Sinal	Gama de Valores	Tipo	Fonte
Início Setup	[0 , 1]	Pico	Interface
Fim Setup	[0 , 1]	Pico	Interface
ON	[0 , 1]	Nível	Equipamento
Pausa	[0 , 1]	Pico	Equipamento
Fim de Peça	[0 , 1]	Nível	Equipamento

4.3 Subsistema de Processamento de Dados

Todas as peças produzidas nos centros de maquinagem estão obviamente associadas a uma determinada Ordem de Produção. Cada uma destas ordens é composta por diversos itens, designadamente:

- Referência da Peça
- Total de Peças a produzir
- Unidades Produzidas (*un_prod*)
- Unidade Rejeitadas
- Unidades Retrabalhadas

A primeira fase de execução de uma Ordem de Produção (*Início OP*) corresponde ao processo de Setup, já referido anteriormente. Tipicamente, ao longo processo de maquinagem da primeira peça, são efetuadas propositadamente inúmeras paragens que permitem ao Operador verificar se a peça está dentro das especificações ou se é necessário corrigir alguma instrução do programa CNC.

Terminado o Setup, segue-se o processo normal de maquinagem e troca de peças até que seja concluída a Ordem de Produção. Isto é, até que o Total de Peças a Produzir seja igualado pelo número de Unidades Produzidas (*Fim OP*).

Pode, no entanto, ser necessário interromper uma Ordem de Produção por motivos de planeamento. Nesse caso dá-se início à nova ordem e retoma-se a interrompida no final.

De um ponto de vista geral, teremos então dois macro estados:

- Dentro de uma Ordem de produção (*Dentro OP*) - O equipamento encontra-se a executar uma determinada ordem de produção, que termina quando tiver sido produzida a quantidade total de peças definida previamente no planeamento.
- Entre Ordens de produção (*Entre OP's*) - O equipamento aguarda nova ordem de produção, não estando por isso associado a nenhum trabalho.

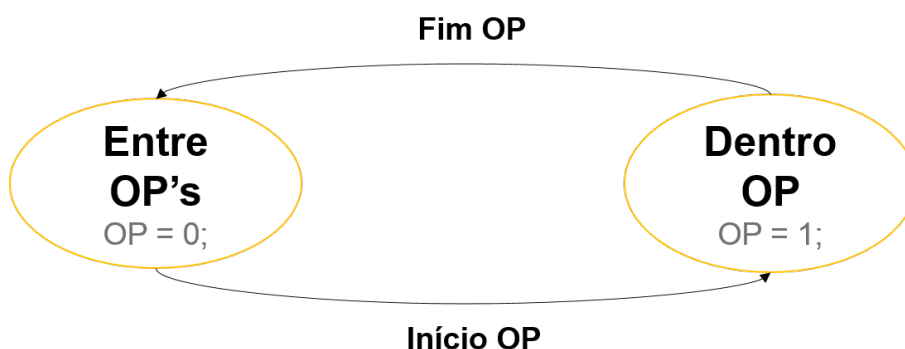


Figura 4.4: Diagrama de Estados relativo às Ordens de Produção

Após a aquisição dos sinais analisados no capítulo anterior, o Sistema processa-os de forma a determinar em que estado se encontra o equipamento. Como é possível observar na figura 4.5, quando *Entre OP's*, existe apenas um estado possível que é o estado de *Paragem*. Neste caso, o sinal ON tem o valor 0.

Para que ocorra uma mudança para o macro estado *Dentro OP*, deve ser captado o sinal Início Setup que, tal como já referido é acionado pelo Operador por meio da interface desenvolvida. No entanto, caso este se esqueça de o fazer, a dada altura, a máquina iniciará a operação de fabrico e nesse momento o sinal ON irá tomar o valor 1. Nessa circunstância, o sistema deteta a falha e assume o Início de um novo Setup (sob confirmação do Operador que é notificado através da interface). Esta situação particular será aprofundada mais à frente.

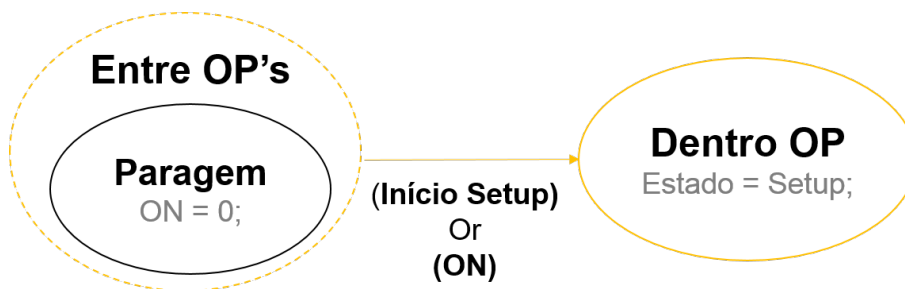


Figura 4.5: Diagrama de Estados "Entre OP's"

Uma vez dentro de uma Ordem de Produção (*Dentro OP* - figura 4.6), o sistema transita inicialmente para o estado *Setup*, que é composto por dois sub-estados:

- Paragem Setup - Equipamento em estado estacionário ($ON = 0$; $Setup = 1$)
- Em Trabalho Setup - Equipamento a produzir ($ON = 1$; $Setup = 1$)

Ao longo do processo de *Setup* são registadas diversas paragens, que correspondem à alteração do Sistema entre estes dois sub-estados.

À semelhança do que acontece com o início de *Setup*, também deve ser o Operador a informar o sistema que o mesmo chegou ao fim, através da submissão do sinal *Fim de Setup* na interface do utilizador. No entanto, caso haja um esquecimento e já tenha sido produzida uma peça (o sistema sabe que já foi produzida uma peça se for captado o sinal *Fim de Peça*), se o sinal *ON* tomar o valor 1 novamente, o sistema deteta a falha, assume que o *Setup* chegou ao fim e que já está a ser produzida a segunda peça da respetiva Ordem de Produção (novamente, sob confirmação do Operador que é notificado através da interface).

Admitindo que o Operador submete o sinal *Fim de Peça*, o sistema entra no estado de *Paragem* até que o sinal *ON* tome o valor 1. Nesse momento, o sistema passa para o estado *Em Trabalho*, onde permanecerá até que a máquina pare novamente. Se o programa de maquinagem for executado até ao final, o sinal *ON* toma o valor 0, o sistema entra no estado *Paragem*, é captado o sinal *Fim de Peça* e consequentemente incrementado o número de unidades produzidas (*un_prod*).

A sequência acima descrita encontra-se representada na figura 4.6 e as ações inerentes à mesma são detalhadas na tabela 4.3. Esta repete-se inúmeras vezes até que termine a execução da Ordem de produção e fique novamente ativo o macro-estado *Entre OP's*.

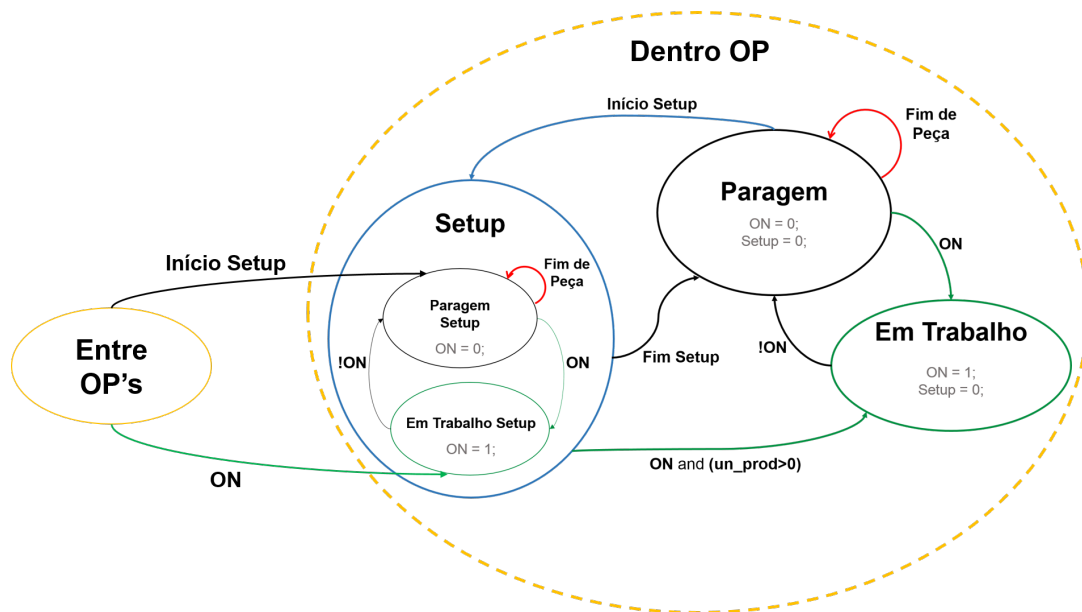


Figura 4.6: Diagrama de Estados "Dentro OP"

Tabela 4.3: Comportamento do Sistema face a um determinado Evento

Estado	Evento	Acção
Entre OP's	Início Setup	Regista hora de Início de Setup; Regista hora de Início de Paragem; Setup = 1;
Em Trabalho Setup	!ON	Regista hora de Início de Paragem;
Paragem Setup	ON	Regista hora de Fim de Paragem;
Paragem Setup	Fim de Peça	Incrementa o número de Unidades Produzidas (un_prod);
Setup	Fim de Setup	Regista hora de Fim de Setup; Regista hora de Início de Paragem;
Setup	ON and (un_prod > 0)	Regista hora de Fim de Setup; Setup = 0;
Paragem	ON	Regista hora de Fim de Paragem;
Paragem	Fim de Peça	Incrementa o número de Unidades Produzidas (un_prod);
Paragem	Início Setup	Regista hora de Fim da Paragem atual; Regista hora de Início de Setup; Regista hora de Início da nova Paragem (Paragem Setup) Setup = 1;
Em Trabalho	!ON	Regista hora de Início de Paragem;

4.3.1 Execução de uma determinada Ordem de Produção

Seguidamente, será analisado ao pormenor o comportamento do Sistema ao longo da execução de uma determinada ordem de produção. Como suporte, é utilizada a figura 4.7 que é composta por uma representação gráfica dos sinais monitorizados, a par das correspondentes transições dos já referidos estados em alguns momentos devidamente identificados. Embora não seja um sinal analógico, é representado o sinal *OP* que corresponde aos macro-estados *Entre OP's* e *Dentro OP* quando o seu valor é 0 ou 1, respetivamente.

No instante A estava já em curso a execução de uma Ordem de Produção ($OP = 1$), sendo que:

- Total de Peças a Produzir = 15
- Unidades Produzidas = 14

No instante A, o equipamento encontrava-se no estado *Paragem* ($ON = 0$) e o Setup já tinha terminado (Setup = 0).

Note-se que no instante B a máquina volta novamente a produzir ($ON = 1$), neste caso, a última peça do lote. Como tal podemos observar que em C, a quando do término do programa de maquinagem ($ON = 0$), surge o sinal de *fim de peça* (*Fim Peça* = 1). O número de Unidades

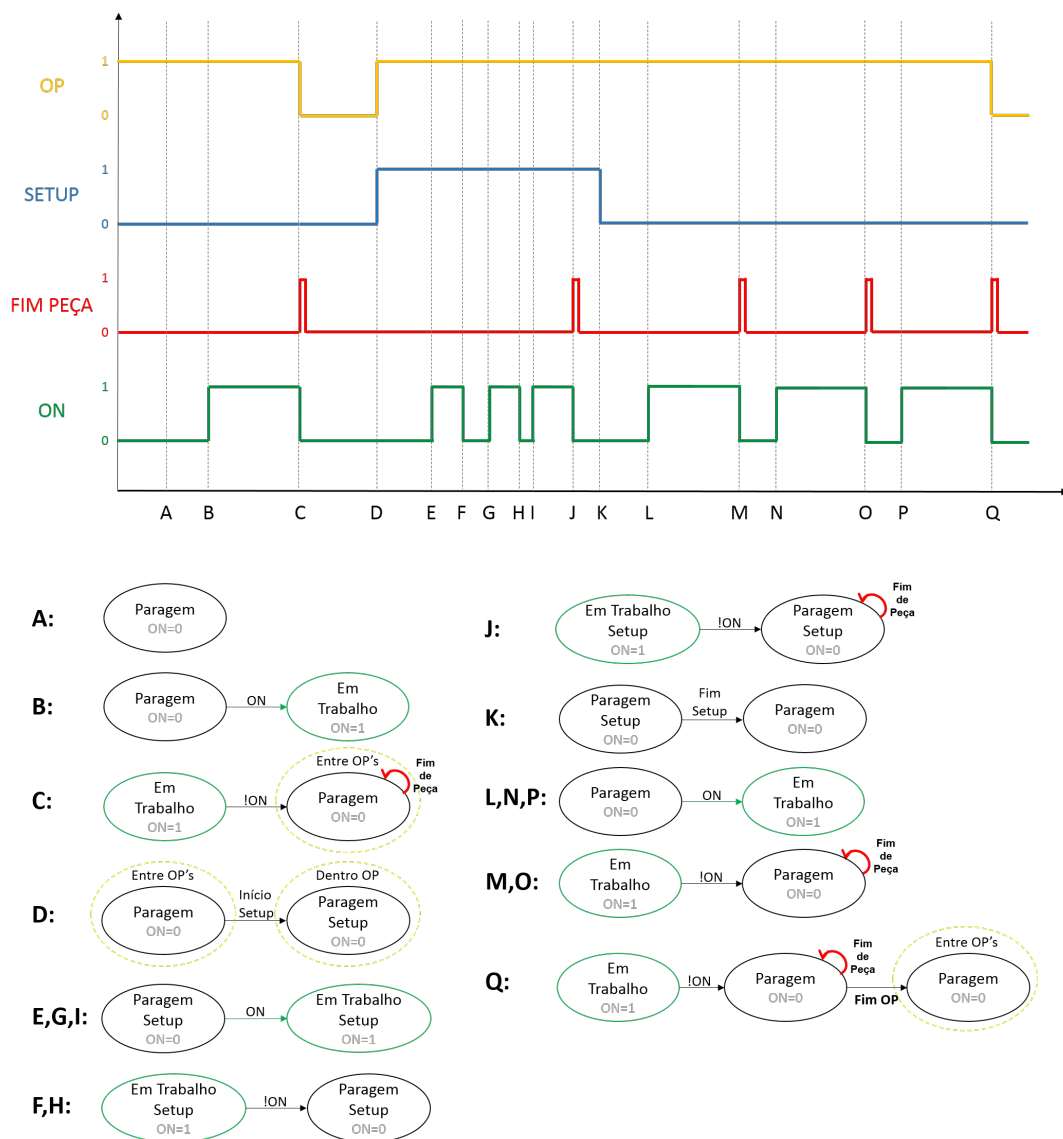


Figura 4.7: Diagrama de Estados "Dentro OP"

Produzidas é incrementado e iguala o Total de Peças a Produzir, terminando assim a Ordem de Produção ($OP=0$). O Sistema transita do macro-estado *Dentro OP* para *Entre OP's*.

A partir desse momento, o Sistema aguarda pelo sinal Início Setup dado pelo Operador através da interface, o que acontece no instante D. No caso de esquecimento da submissão deste sinal, o sistema assumiria o Início de Setup no momento em que a máquina voltasse a produzir ($ON = 1$), tal como representado na figura 4.8, no ponto A.

Ainda em D, é iniciada a execução de uma nova Ordem de Produção ($OP = 1$) com as seguintes características:

- Total de peças a Produzir = 4

- Unidades Produzidas = 0

Após diversas paragens por motivos de controlo, é produzida a primeira unidade no instante J ($Fim\ Peça = 1$) e incrementado o número de unidades produzidas.

O Setup é dado como terminado pelo operador no instante K ($Setup = 0$). Mais uma vez, em caso de esquecimento, o sistema assumiria o término do Setup no momento em que o equipamento voltasse a trabalhar ($ON = 1$), uma vez que o número de unidades produzidas seria superior a zero ($ON\ and\ (un_prod > 0)$). Esta situação é também representada na figura 4.8, no Instante B.

Segue-se a execução normal da Ordem de Produção. O número de unidades produzidas é incrementado nos instantes M, O e Q, sendo que neste último é igualado o Total de Peças a Produzir e, consequentemente, terminada a Ordem de Produção ($OP = 0$). Nessa situação, o Sistema transita novamente para o macro-estado *Entre OP's* e sub-estado *Paragem*.

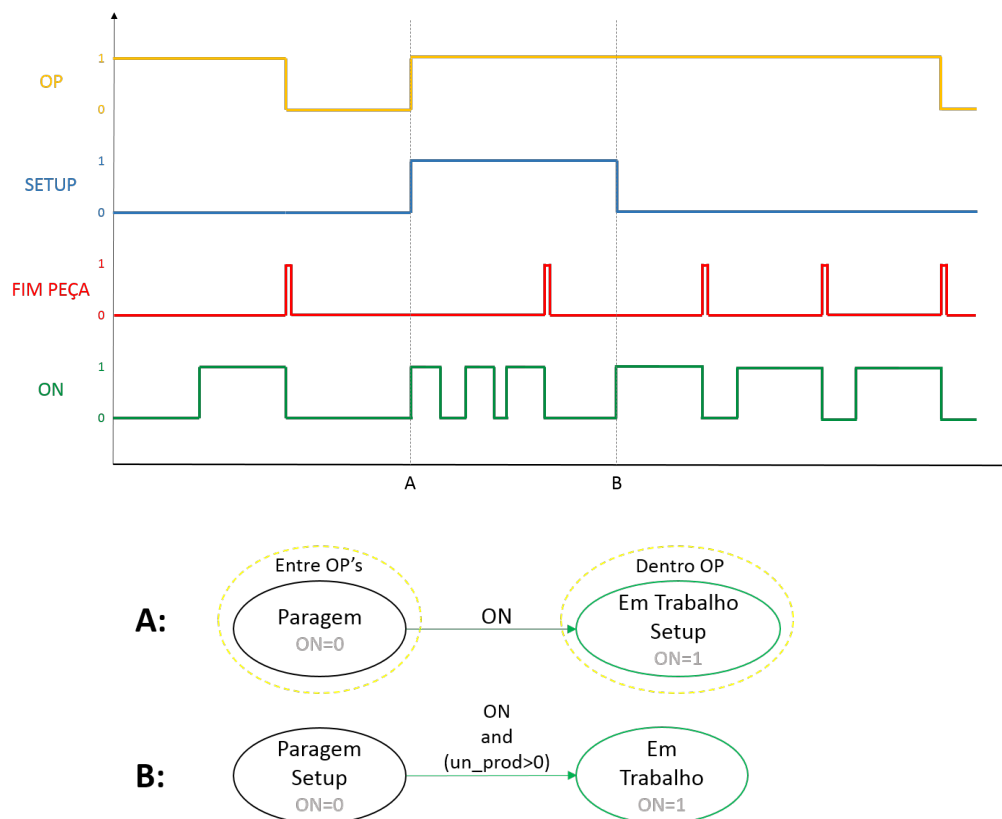


Figura 4.8: Diagrama de Estados "Dentro OP- Caso Particular

4.4 Recolha e Tratamento de Dados - Aplicação Web

Ao longo do presente capítulo será feita uma análise da estrutura e funcionalidades das componentes de Software e Base de dados, desenvolvidas neste projeto.

4.4.1 Funcionalidades

Depois de armazenada a informação proveniente do equipamento e da interface, a aplicação web encarrega-se de três principais tarefas:

- Aquisição dos motivos de paragem - Após a deteção do fim de uma determinada paragem, a aplicação notifica o utilizador no sentido de este identificar qual a razão que levou à inatividade do equipamento. No caso de ocorrerem diversas paragens consecutivas, é criado internamente um histórico de paragens sem motivo atribuído e sempre que possível (quando a máquina se encontra em funcionamento) é pedido ao operador que complete a informação em falta. Inserido o motivo, este é associado, automaticamente, à respetiva paragem.
- Cálculo do OEE - Todos os valores necessários para o cálculo do indicador são extraídos da base de dados, aos quais são aplicadas as fórmulas matemáticas referidas no capítulo 2.2.
- Apresentação de resultados - Depois de calculados, os resultados são apresentados ao utilizador através da interface. Para além do valor do OEE e de cada uma das suas componentes em tempo real, é também apresentado um histórico com as paragens do dia.

4.4.2 Casos de uso

Foi requisito da Felino a criação de um sistema maioritariamente autónomo. Para tal, a interação do Operador com a interface deve ser mínima. Nesse sentido, apenas lhe são pedidas informações essenciais para o cálculo final do indicador que não podem ser extraídas por intermédio de nenhuma outra fonte.

Já no caso dos responsáveis pelo projeto OEE (gestor), interessa que, no chão de fábrica, consigam consultar resultados do dia e a outros dados que possam ser importantes para uma análise imediata do processo de produção.

Na figura 4.9, estão referenciados esses mesmos dados sob a forma de um diagrama de casos de uso.

Em primeiro lugar surge a especificação da ordem de produção que passa pela definição do produto a maquinar e da quantidade total do lote. Desta forma, com recurso à base de dados (especificada mais à frente), o sistema poderá calcular tempos de maquinagem teóricos, fundamentais para determinar o valor da componente Desempenho/Velocidade do OEE.

Uma das tarefas do Operador é a identificação dos motivos de paragem. Isto é, apesar do sistema registar essas mesmas paragens (início e fim) de forma automática, a não ser que o motivo seja "Setup", só através de informação fornecida pelo utilizador é possível perceber qual a razão da sua origem. Assim, no fim de cada paragem, deve ser introduzido o respetivo motivo através

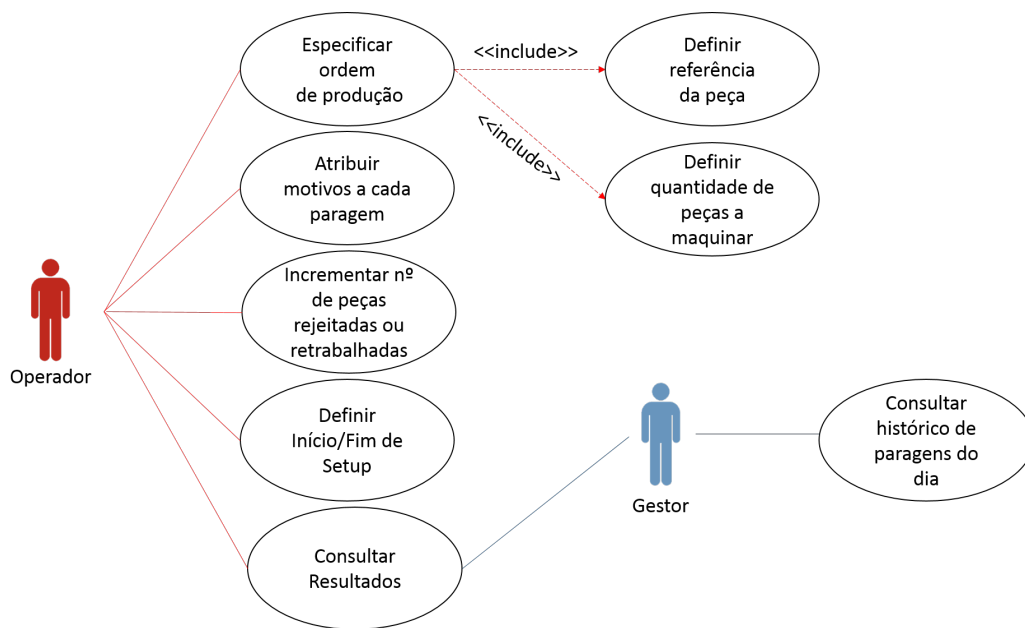


Figura 4.9: Diagrama de Casos de Uso da interface do utilizador

da interface. Esta identificação é de elevada importância, uma vez que será a principal fonte de informação para se perceber que tipo de motivos estão a afetar a eficiência do equipamento.

Na mesma ordem de ideias, tal como já foi explicado no capítulo 4.2.2, o sistema deteta automaticamente a produção de uma nova unidade. No entanto, é da responsabilidade do operador ou, numa fase posterior, do Departamento de Qualidade, a deteção de não conformidades nas peças produzidas. Como tal, se houver necessidade de refazer ou rejeitar alguma unidade, deverá ser o utilizador a fornecer essa mesma informação, que será utilizada no cálculo da componente Qualidade do OEE.

4.4.3 Base de dados

Com o objetivo de armazenar toda a informação gerada pelo sistema relativa à produção, foi criada uma base de dados a partir do software de gestão *PostgreSQL*. Na figura seguinte é apresentado o seu modelo relacional.

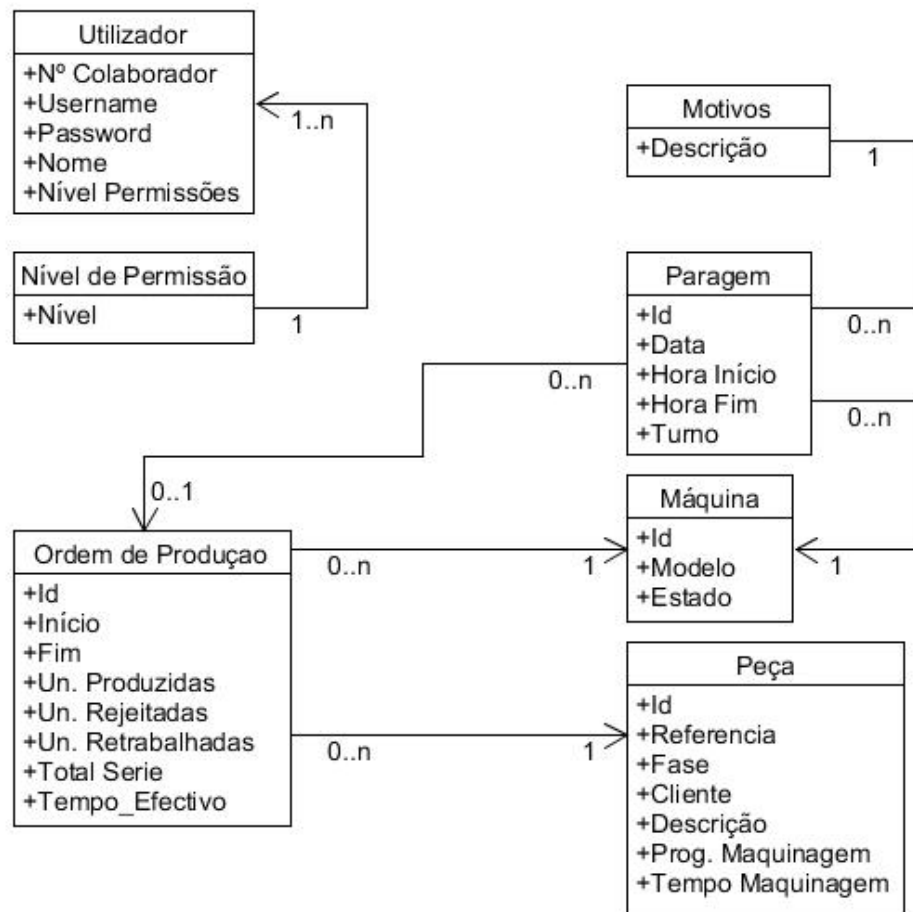


Figura 4.10: Modelo Relacional da Base de Dados

Este modelo foi elaborado de forma a que o sistema consiga cumprir as suas funcionalidades, de forma autónoma, uma vez armazenada a informação necessária.

O acesso à base de dados para registos relativos a paragens ou ordens de produção, está diretamente relacionado com os diagramas de estados apresentados no capítulo 4.3.

Analisando um caso concreto, suponhamos que o Operador inicia uma ordem de produção (*Início Setup*) e insere os dados relativos à mesma através da interface (número do programa de maquinagem e número total de peças a produzir). Nesse caso o sistema regista a nova ordem de produção e o início de um Setup.

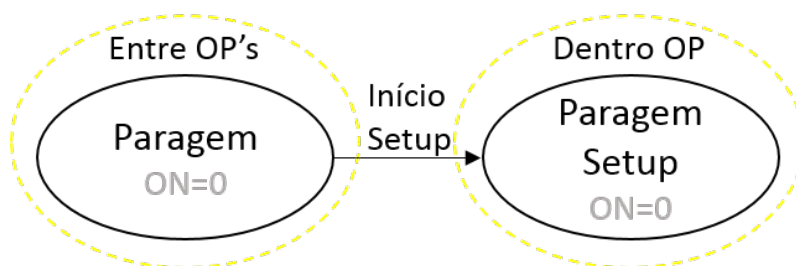


Figura 4.11: Diagrama de estados - Início Ordem de Produção

Registo da Ordem de Produção:

```

$stmt = $conn->prepare('INSERT INTO public."Ordem de Producao"(data,ref_peca,maquina,total_serie) VALUES (?, ?, ?, ?)');
$stmt->execute(array($today, $ref, $maquina, $total_serie));
  
```

Figura 4.12: Código PHP - Registo de Início de Ordem de Produção

Tabela 4.4: Registo de Início de Ordem de Produção

Id	Início	Fim	Un. Prod.	Un. Rej.	Un. Retrab.	Total Serie	Prog. Maq.	Tempo Efectivo	Máquina
1	25-01-20017 08:05:41		0	0	0	20	3674	0	TOCN 1

Registo do Início de Setup:

```

$stmt = $conn->prepare('INSERT INTO public."Paragem"(data,hora_inicio,motivo,turno) VALUES (?, ?, ?, ?)');
$stmt->execute(array($today, $ini, $motivo, $turno));
  
```

Figura 4.13: Código PHP - Registo de Início de Setup

Tabela 4.5: Registo Início Setup

Id	Data	Hora Início	Hora Fim	Turno	Motivo
1	25-01-20017	08:05:41		1	Setup

Passando agora para a fase final do Setup, suponhamos que a máquina se encontra em funcionamento, termina o programa de maquinagem e é captado o sinal *Fim de peça*. O Sistema irá então registar uma nova Unidade na Ordem de Produção que está a ser executada naquele momento e atualizará o tempo efetivo de produção (em segundos).

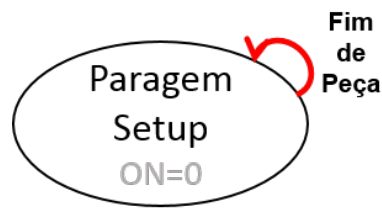


Figura 4.14: Diagrama de estados - Fim de Peça

Registo de Nova Unidade Produzida:

```
$stmt = $conn->prepare('UPDATE public."Ordem de Producao" SET "un_prod" = ? ,"tempo_prod" = ? WHERE "id" = ?');
$stmt->execute(array($un_prod,$tempo_maq,$id));
```

Figura 4.15: Registo de Nova Unidade Produzida

Tabela 4.6: Registo de Nova Unidade Produzida

Id	Início	Fim	Un. Prod.	Un. Rej.	Un. Retrab.	Total Serie	Prog. Maq.	Tempo Efectivo	Máquina
1	25-01-20017 08:05:41		1	0	0	20	3674	1250	TOCN 1

Quando o Operador submete o sinal *Fim Setup* o sistema regista a hora em que foi concluído o processo de Setup, que coincide com a Hora de início da nova paragem.

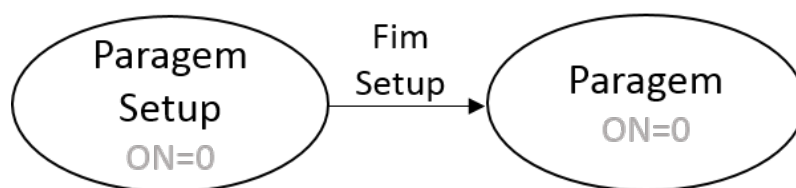


Figura 4.16: Diagrama de estados - Início de Paragem

Registo do Fim do Setup

```
$stmt = $conn->prepare('UPDATE public."Paragem" SET "hora_fim" = ? WHERE "id" = ?');
$stmt->execute(array($fim, $id));
```

Figura 4.17: Código PHP - Registo Início de Paragem

Tabela 4.7: Registo Fim Setup

Id	Data	Hora Início	Hora Fim	Turno	Motivo
1	25-01-20017	08:05:41	10:05:25	1	Setup

Registo do Início da nova paragem:

```
$stmt = $conn->prepare('INSERT INTO public."Paragem"(data,hora_inicio,turno) VALUES (?, ?, ?)');
$stmt->execute(array($today, $ini, $turno));
```

Figura 4.18: Código PHP - Registo Início de Paragem

Tabela 4.8: Registo Início de Paragem

Id	Data	Hora Início	Hora Fim	Turno	Motivo
1	25-01-20017	08:05:41	10:05:25	1	Setup
2	25-01-20017	10:05:25		1	

Quando a máquina volta a funcionar ocorre uma nova transição entre estados:

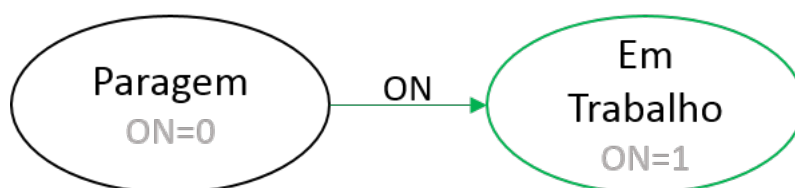


Figura 4.19: Diagrama de estados - Fim de Paragem

Mais uma vez, o sistema regista a informação em falta:

```
$stmt = $conn->prepare('UPDATE public."Paragem" SET "hora_fim" = ? WHERE "id" = ?');
$stmt->execute(array($fim, $id));
```

Figura 4.20: Código PHP - Registo Fim de Paragem

Tabela 4.9: Registo do Fim de Paragem

Id	Data	Hora Início	Hora Fim	Turno	Motivo
1	25-01-20017	08:05:41	10:05:25	1	Setup
2	25-01-20017	10:05:25	10:33:54	1	

Falta apenas o preenchimento do motivo de paragem. No entanto, o sistema não consegue obter essa informação a não ser que esta seja fornecida pelo Operador. Assim sendo, é apresentada através da interface uma página de seleção que consiste numa listagem de motivos, previamente definidos, de entre os quais um é escolhido e submetido pelo Operador. Esta página está representada na figura 4.21

Figura 4.21: Página de seleção de motivo de paragem

Preenchidos todos os campos, a informação relativa a uma paragem terá o seguinte formato:

Tabela 4.10: Registo de paragem completo

Id	Data	Hora Início	Hora Fim	Turno	Motivo
1	25-01-20017	08:05:41	10:05:25	1	Setup
2	25-01-20017	10:05:25	10:33:54	1	Dedicação a outra máquina

Finalmente, depois de produzidas todas as unidades do lote, é fechada a ordem de produção:

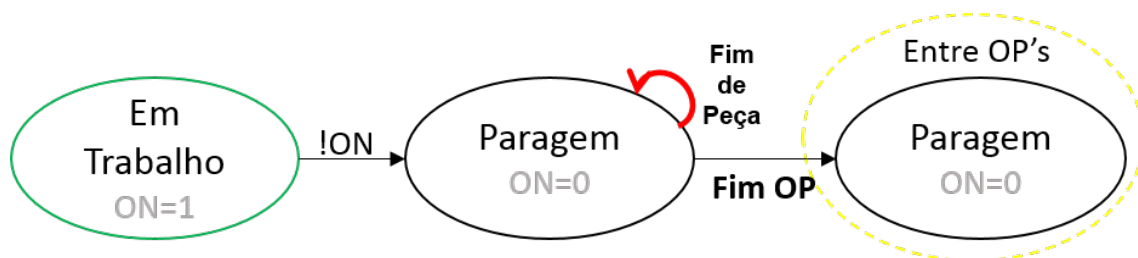


Figura 4.22: Diagrama de estados - Fim de Ordem de Produção

Registo de Fim de Ordem de Produção:

```
$stmt = $conn->prepare('UPDATE public."Ordem de Producao" SET "fim" = ? WHERE "id" = ?');
$stmt->execute(array($hora_fim, $id));
```

Figura 4.23: Registo de Fim de Ordem de Produção

Tabela 4.11: Registo de Fim de Ordem de Produção

Id	Início	Fim	Un. Prod.	Un. Rej.	Un. Retrab.	Total Serie	Prog. Maq.	Tempo Efectivo	Máquina
1	25-01-20017 08:05:41	25-01-20017 21:32:09	20	0	0	20	3674	38745	TOCN 1

Capítulo 5

Implementação e Resultados

Neste capítulo, será analisado o trabalho implementado e fundamentadas algumas alterações em relação ao que tinha sido projetado inicialmente ao nível da aquisição de dados.

5.1 Implementação do sistema

5.1.1 Remote Terminal Unit

Optou-se pela escolha do equipamento Advantys STBNIP2212 da Schneider Electric, uma vez que cumpria os requisitos necessários. Visto que se encontrava uma unidade disponível no Departamento de Engenharia Electrotécnica da FEUP, esta foi cedida para o desenvolvimento do projeto. Este equipamento é composto por um módulo de alimentação próprio, por um módulo de controlo e por várias cartas I/O (entradas e saídas). Estes módulos trabalham em conjunto, permitindo a criação de uma rede de campo aberta ("Open fieldbus network"). As principais especificações deste modelo podem ser consultadas no anexo [B](#).

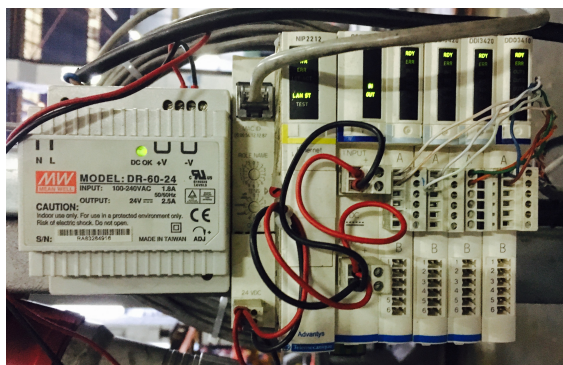


Figura 5.1: RTU - Advantys STBNIP2212

5.1.2 Interface Gráfica

Tal como referido anteriormente, pretendia-se uma interface simples e intuitiva. Como tal, apostou-se numa forte componente de gestão visual assente no conceito "one page shows all". Pretendia-se a reunião de toda a informação necessária, numa determinada situação, disposta de forma a permitir uma leitura e interpretação praticamente imediata.

Como plataforma de visualização da interface, foi utilizado um tablet Android. Depois de realizados alguns testes com diferentes modelos, conclui-se que os requisitos mínimos para o correto funcionamento do sistema, passavam por um ecrã de pelo menos 10.1 polegadas (diagonal) e uma frequência de processamento não inferior a 1.8 GHz.

5.1.2.1 Método de aquisição de dados relativos às Ordens de Produção

Depois de uma análise exaustiva dos dados registados pelos Operadores, nas folhas criadas para esse mesmo efeito (Documentos - secção 3.3), foram identificadas inúmeras incorreções nos registos das referências de peças produzidas. Como tal, tentou-se implementar um método que eliminasse esses enganos que, face à natureza do sistema desenvolvido, poderiam desvirtuar a qualidade e o rigor dos resultados obtidos.

Inicialmente, foi pensada uma possível integração do sistema com o software de gestão ERP, já implementado na empresa. Depois de estudada, acabou por se desistir desta opção, visto que aumentaria consideravelmente a complexidade do projeto.

Outra alternativa, passaria pela aquisição da informação por meio de um leitor de código de barras, uma vez que esta estava disponível nas guias de identificação que acompanham as peças ao longo do processo produtivo. Numa ótica de redução de custos e de simplificação do processo, esta hipótese acabou também por ser abandonada.

A solução final encontrada passa pela inserção do número do programa de maquinagem, visto se tratar de um conjunto de 1 a 4 algarismos (0 a 9999), minimizando assim a probabilidade de erro quando comparado com a inserção da referência (exemplo de referência - ABT4006FNMQ0002).

Uma vez que para além do número de maquinagem, também é necessário fornecer o número de peças a maquinar, foi criado um teclado numérico virtual para a realização de ambas as operações.

Existe, no entanto, uma desvantagem em relação a este método. A grande maioria dos dados existentes, que associam o número de maquinagem à referência da peça, estão em formato de papel. Por esse motivo, teria de ser criada uma base de dados de raiz para albergar as cerca de 13500 referências existentes (por volta de 2000 são produzidas no equipamento onde o sistema foi testado).

5.1.2.2 Apresentação de resultados

A figura 5.2 corresponde à página que é apresentada quando o equipamento se encontra em produção. Esta divide-se em dois painéis principais. Do lado esquerdo, é apresentada toda a informação relativa à ordem de produção que está em execução naquele momento. Já no painel do lado direito, podem ser observados os dados relativos ao OEE daquele dia.

Ainda no painel OEE (lado direito), na parte superior, é apresentado o indicador final sobre a forma de percentagem. Na metade inferior estão dispostas, também em percentagem, as três componentes do indicador. Estas obedecem a um código de cores que está diretamente relacionado com o seu valor (x):

- *Vermelho* – $0 < x \leq 33$
- *Amarelo* – $33 < x \leq 66$
- *Verde* – $66 < x \leq 100$



Figura 5.2: Página de equipamento em Produção

Quando o equipamento para, independentemente do motivo, a página apresentada na figura 5.2 dá lugar à página de paragem (figura 5.3). Esta consiste num contador de tempo que acompanha a duração da interrupção. À volta dos números do cronómetro, foi colocado um painel vermelho, que pisca com uma cadência de um segundo. Desta forma, pretende-se captar a atenção dos operadores ou gestores e sinalizar a paragem em questão.

No canto inferior esquerdo, é possível observar o botão "Iniciar Setup", utilizado pelo operador para sinalizar o início do processo de Setup. Posicionado no canto inferior direito, encontra-se o botão "Histórico". Este foi criado para que o gestor possa consultar rapidamente as principais paragens do dia. Para ter acesso à referida lista, é necessária a submissão de uma palavra-passe, que é pedida imediatamente depois de premir o botão. Apenas os gestores e administradores têm conhecimento da referida chave.

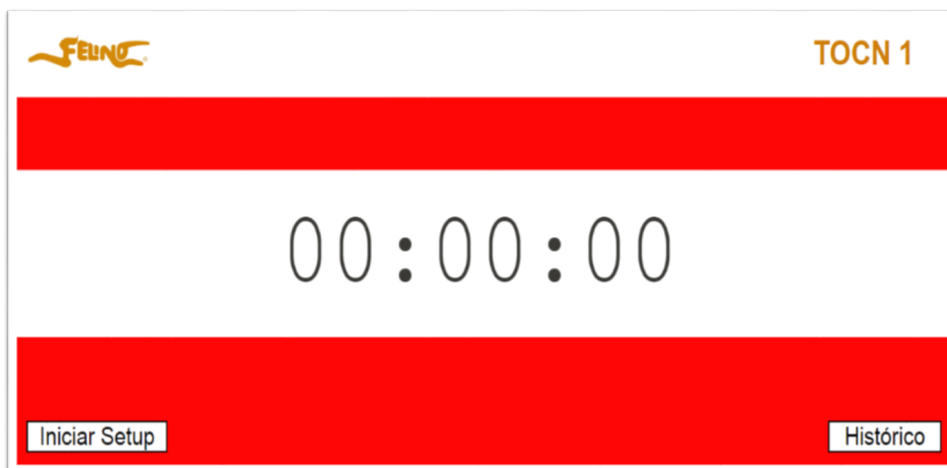


Figura 5.3: Página de Paragem

No caso de ser premido o botão "Iniciar Setup", surge uma página onde é pedido ao operador que insira o número do programa de maquinagem.

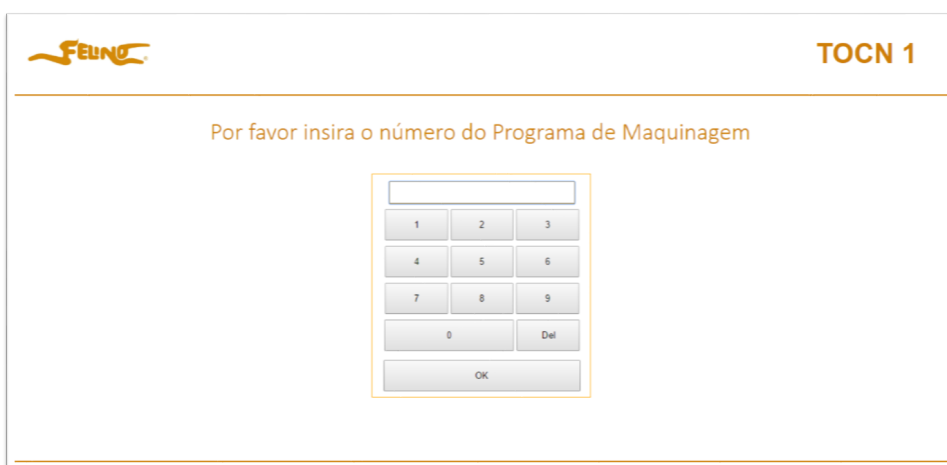


Figura 5.4: Página de especificação de Ordem de Produção

Após a submissão do número do programa de maquinagem, ao qual está associada a referencia da peça que irá ser produzida, é inserido o número total de unidades a maquinar, através de uma página idêntica à representada na figura 5.4. Finalmente, é apresentada a página referente ao processo de Setup (5.5). Para além das informações referentes ao lote em produção, dispostas na tabela à esquerda, foi incluído um cronómetro, que acompanha o tempo de Setup. Quando termina este processo, o operador deve premir o botão "Fim de Setup" criado para o efeito.

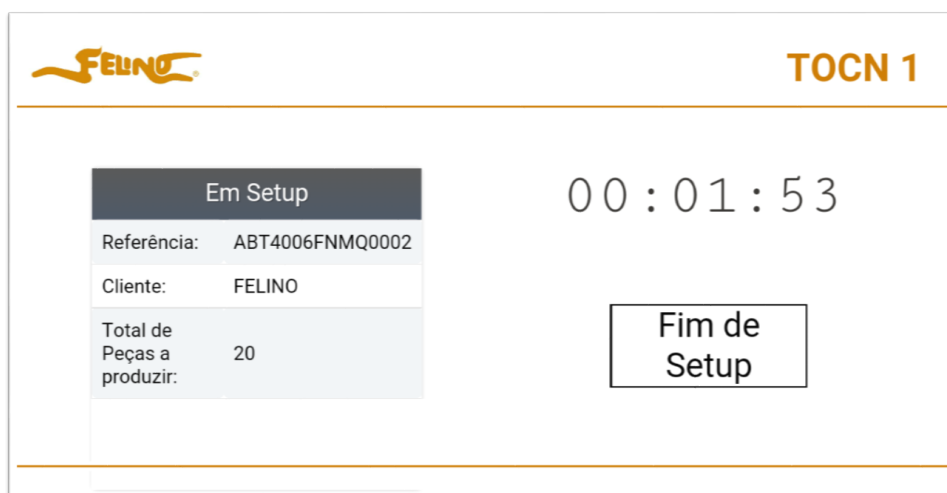


Figura 5.5: Página de equipamento em Setup

5.2 Resultados Obtidos

Face a fatores impossíveis de controlar, designadamente falhas do servidor que o alberga, ou mesmo inoperabilidade das máquinas, nem sempre foi possível obter resultados sólidos durante o curto período de testes que foi realizado (cerca de 2 semanas).

Uma outra condicionante, foi o facto de não existir nenhum tablet disponível para a realização dos testes a tempo inteiro. Como tal, foram monitorizadas as perdas de disponibilidade do equipamento, sem no entanto lhes ser atribuído um motivo de paragem, uma vez que esta operação teria de ser realizada pelo operador, através da interface.

Na figura 5.6 pode ser observada uma situação de perda de dados durante a comunicação com o RTU. Este problema repetiu-se inúmeras vezes ao longo de grande parte dos dias de teste, originando perdas de informação e enfraquecendo por isso a robustez dos registos feitos pela aplicação, invalidando por completo a sua análise.

```
C:\Users\Administrador>ping 192.168.0.131
A fazer ping para 192.168.0.131 com 32 bytes de dados:
0 pedido excedeu o tempo.
0 pedido excedeu o tempo.
0 pedido excedeu o tempo.
Resposta de 192.168.0.4: Anfitrião de destino inatingível.

Estatísticas de ping para 192.168.0.131:
    Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 1,
              Perdidos = 3 (perda: 75%),
```

Figura 5.6: Problemas de comunicação Servidor - RTU

Ainda assim, obtiveram-se resultados fiáveis durante um dos dias de teste. Esses mesmos resultados, são comparados, na tabela abaixo, com os dados provenientes das folhas registo manual, nesse mesmo dia. Importa referir que os Operadores não tinham conhecimento que, em paralelo, se realizava este teste.

Tabela 5.1: Comparação dos registos - Registo Manual vs Aplicação Web

		Disponibilidade	Velocidade	Qualidade	OEE
Registo Manual	Turno1	17%	32%	100%	5%
Aplicação Web	Turno1	7%	81%	100%	5%
Registo Manual	Turno2	50%	27%	100%	14%
Aplicação Web	Turno2	13%	108%	100%	14%

Nota: Durante este dia (18/01/2017), foram registadas, pela aplicação, cerca de 130 paragens, variando entre 1 segundo e 2 horas e 46 minutos.

Observando a tabela 5.1, verifica-se que o valor do indicador final OEE é igual para os dois métodos de recolha, tanto no turno 1 como no turno 2.

O mesmo não se pode dizer quando esta comparação é feita ao nível dos seus componentes. É notória a variação do valor da Disponibilidade e da Velocidade/Desempenho nos dois métodos.

No caso do registo manual, a percentagem de tempo disponível é superior, o que penaliza a componente Velocidade. Já nos resultados da aplicação, obtidos com total rigor, verifica-se uma diminuição da Disponibilidade e um consequente aumento do Desempenho. No caso do segundo turno, existe mesmo uma disparidade substancial, que faz com que a Velocidade ultrapasse o valor máximo de 100%.

Este resultado sugere uma incorreta estimativa dos tempos teóricos de maquinagem que, para a maior parte das referências, nunca foram realmente medidos. Esta situação já se verificou no passado a partir dos dados anotados manualmente, o que fortalece, ainda mais, a tese de que os tempos de perda de Disponibilidade, ao estarem a ser registados com baixo rigor, promovem conclusões erradas sobre a origem da falta de eficiência no processo produtivo.

Com o objetivo de perceber qual a origem da discrepância entre resultados, foram analisados, em paralelo, os registos dos dois métodos. Na figura 5.7, foi colocada do lado esquerdo uma lista das paragens de duração superior a 3 minutos, registadas pela aplicação web durante todo o dia. Em oposição, encontra-se a folha de registo manual preenchida pelos operadores.

Foi estabelecido um paralelismo entre os registos dos dois métodos, representado pelos blocos legendados de A a F. A informação extraída da análise encontra-se detalhada na tabela 5.2.

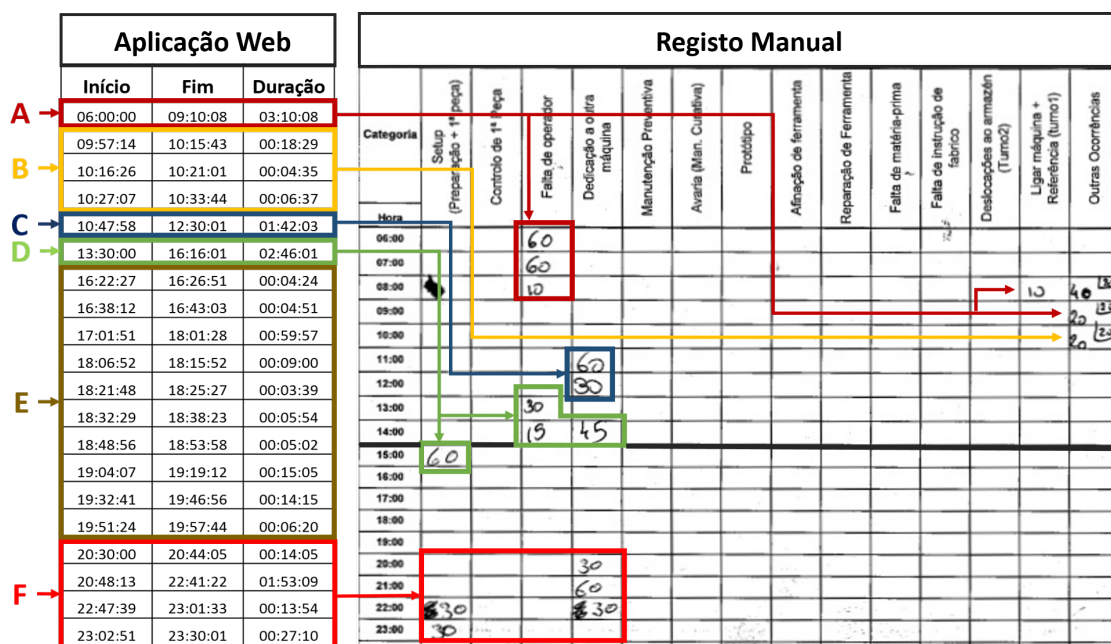


Figura 5.7: Análise de registo de dados

Tabela 5.2: Análise de registos - Manual vs Aplicação Web

	Duração (min)						Total (min)		Total Diário (min)
	A	B	C	D	E	F	Turno1	Turno 2	
Registo Manual	200	20	90	150	0	180	400	240	640
Aplicação Web	190	29,7	102	166	123,5	170	411,7	369	781

Depois de analisados os dados, concluiu-se que a diferença de valores dos dois métodos, observada no segundo turno, resulta de algumas paragens que não constam na folha de registo de perdas de Disponibilidade preenchida pelo Operador, tendo a maior uma duração de cerca de uma hora (entre as 17:00h e as 18:00). Estas paragens estão identificadas no bloco E da figura 5.7.

Já a divergência verificada no turno 1, bastante menor do que no segundo turno, pode ser explicada por pequenas incorreções nos tempos registados, ou mesmo pela ausência de registo de pequenas paragens.

Focando agora sobre as perdas originadas por paragens inferiores a 3 minutos, representadas na tabela 5.3, é possível perceber que apesar da sua curta duração individual, no final do dia têm um peso considerável no que diz respeito à penalização da componente Disponibilidade.

Tabela 5.3: Perdas em pequenas Paragens

Perdas em Paragens inferiores a 3 minutos		
Turno 1 (min)	Turno 2 (min)	Total (min)
36,4	35,3	71,7

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

6.1 Satisfação de Objetivos

Durante o decorrer da dissertação, foram atingidos todos os objetivos propostos. Nomeadamente, o desenvolvimento do sistema automático e de tempo real de recolha e tratamento dos dados relativos ao OEE. Como referido anteriormente no capítulo 5, produziu resultados satisfatórios, que são coerentes com os provenientes do registo manual. Para além disso, foi ainda possível confirmar que o rigor obtido através do sistema concebido, é superior à solução que estava em vigor, uma vez que não é penalizado nenhum dos parâmetros em virtude de outro.

Outra vantagem deste sistema, passa pela desmaterialização dos processos de registo, recolha e tratamento de dados, o que permite uma redução de custos e recursos para a Felino.

O acesso e visualização de resultados foram facilitados, podendo agora ser consultados a partir de uma plataforma web. Do ponto de vista do design gráfico da interface, obteve-se uma solução bastante intuitiva, promovendo a gestão visual do processo produtivo, tal como sugere a metodologia Lean, que foi a base de desenvolvimento do presente projeto.

No âmbito do TPM, apresentado no capítulo 2, o sistema criado representa uma potente ferramenta de apoio ao planeamento da manutenção, pois permite a obtenção de taxas de falha, calculadas a partir dos dados recolhidos. É também muito importante para a deteção de fontes recorrentes de defeitos de Qualidade, uma vez que possibilita a análise de causas raiz desses mesmos defeitos.

6.2 Perspetivas de trabalho futuro

Futuramente, o plano de trabalho deverá passar por três linhas de ação distintas, que são apresentadas e fundamentadas neste sub-capítulo.

6.2.1 Consolidação da solução

A interface criada, deverá ser melhorada em termos de usabilidade e fiabilidade. Este tipo de melhorias, requerem a utilização do sistema no dia a dia. Assim, poderão ser identificados problemas de conceção, que derivam de situações de difícil previsão, inerentes ao processo produtivo.

6.2.2 Novas funcionalidades

Deverá também ser desenvolvida uma segunda interface, para que, do ponto de vista dos gestores da empresa, seja possível a extração da informação recolhida em vários formatos. Designadamente, a consulta do indicador OEE filtrado por: dia/semana/mês/ano, turno/referência/cliente e outros formatos que possam ser interessantes para a Felino.

6.2.3 Implementação do sistema noutras máquinas

Naturalmente, a instalação do sistema deverá ser alargada às restantes máquinas do setor CNC da fábrica. Nesse sentido, será ainda necessária a alteração de alguns aspetos inerentes ao funcionamento do sistema, motivada pelas diferentes características dos centros de maquinagem, relativamente aos tornos de comando numérico onde foi implementado o sistema.

Referências

- [1] Vorne. <http://www.leanproduction.com/tpm.html>.
- [2] Acunetix. <http://www.acunetix.com/websitesecurity/web-applications/>.
- [3] <https://pt.wikipedia.org/wiki/Modbus>.
- [4] Lean Manufacturing Tools. <http://leanmanufacturingtools.org/430/what-is-tpm/>.
- [5] Mário Sousa e Paulo Portugal. *The Industrial Electronics Handbook*. CRC Press, Segunda edição, 2011.

Anexo A

A.1 Folha de registo de perdas de Disponibilidade

		LEAN - OEE				Revisão	6											
						Autor	/											
		Recolha de dados diária				Pág.	1											
Máquina		Operador Turno 1		Semana														
Modelo		Operador Turno 2		Ano	2016													
Informações gerais																		
Segunda-feira																		
Categoria	Hora	Setup (Preparação + 1ª peça)	Controlo de 1ª Peça	Falta de operador	Dedicação a outra máquina	Manutenção Preventiva	Avaria (Man. Curativa)	Protótipo	Afinação de ferramenta	Reparação de Ferramenta	Falta de matéria-prima	Falta de instrução de fabrico	Deslocações ao armazém (Turno2)	Ligar máquina + Referência (turno1)	Outras Ocorrências	Código	Problemas verificados:	Nº de vezes
	06:00																2 Alteração à ordem de trabalho	
	07:00																3 Desenho trocado ou versao diferente	
	08:00																7 Falta informação na ficha de instruções	
	09:00																8 Falta ferramenta de corte	
	10:00																9 Reparação de ferramenta de CORTE	
	11:00																11 Reparação de ferramenta de POSICIONAMENTO	
	12:00																13 Controlador de qualidade indisponível	
	13:00																15 Ferramenta corte indisponível	
	14:00																16 Falta de acessórios de apoio à montagem	
	15:00																17 Correção de peças de fundição	
	16:00																18 Necessidade de alteração do programa	
	17:00																20 Peça feita pela 1ª vez no posto de trabalho	
	18:00																22 Controlo peça a peça por parte do operador	
	19:00																23 Maquinagem c/ ferramenta de CORTE danificada	
	20:00																24 Dificuldade na montagem de ferramenta de posicionamento sem base	
	21:00																25 Procura de ferramenta de posicionamento/corte	
	22:00																26 Procura de acessórios de apoio à montagem	
	23:00																	
	Horas extra																	

Figura A.1: Folha de registo de Perdas de Disponibilidade

A.2 Folha de registo de Produção e Qualidade

51

Figura A.2: Folha de registo de Produção e Qualidade

Anexo B

B.1 Especificações do RTU - Advantys STBNIP2212

General Specifications		
dimensions	width	40.5 mm (1.594 in)
	height	130 mm (4.941 in)
	depth	70 mm (2.756 in)
interface and connectors	to the Ethernet LAN	RJ-45 female connector CAT5 STP/UTP twisted-pair, electrical cable(s)
	RS-232 (<i>see page 33</i>) port for device running the Advantys configuration software or an HMI panel (<i>see page 181</i>)	eight-pin connector HE-13
	to the external 24 VDC power supply	2-pin connector (<i>see page 35</i>)
built-in power supply	input voltage	24 VDC nominal
	input power range	19.2 ... 30 VDC
	internal current supply	400 mA@ 24 VDC, consumptive
	output voltage to the island bus	5 VDC nominal
	output current rating	1.2 A @ 5 VDC
	isolation	no internal isolation <i>Isolation must be provided by an external 24 VDC source power supply, which must be SELV-rated.</i>
addressable modules supported	per island	32 maximum
segments supported	primary (required)	one
	extension (optional)	six maximum
standards	Ethernet conformance	IEEE 802.3
	Transparent Ready implementation classification	B20
	HTTP	Port 80 SAP
	SNMP	Port 161 SAP
	Modbus over TCP/IP	Port 502 SAP
	electromagnetic compatibility (EMC)	EN 61131-2
	storage temperature	
operating temperature range*		0 to 60°C
agency certifications		refer to the Advantys STB System Planning and Installation Guide, 890 USE 171 00
*This product supports operation at normal and extended temperature ranges. Refer to the Advantys STB System Planning and Installation Guide, 890 USE 171 00 for a complete summary of capabilities and limitations.		

Figura B.1: Especificações RTU - Advantys STBNIP2212