

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Sistema de recolha e tratamento de dados para monitorização do OEE do setor de CNC

André Ricardo Avelar Oliveira

PARA APRECIÇÃO POR JÚRI

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Pedro Alexandre Rodrigues João

Co-orientador: Manuel Augusto Ferreira Braga Lino

2 de Outubro de 2019

Resumo

O setor industrial está em constante inovação tecnológica de modo a potenciar múltiplos processos e equipamentos. A utilização de indicadores de desempenho é uma técnica eficaz e transparente para avaliar a evolução das atividades que decorrem na empresa, incentivar os operadores através de metas e tomar decisões de alteração do processo atual.

A presente dissertação realizada no ambiente empresarial Felino S.A. pretende esboçar o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em tempo real de forma a tomar medidas preventivas. Isto porque, o processo anterior de recolha por parte da empresa era realizado pelos os operadores, levando a uma falta de rigor nos resultados obtidos. Além desta desvantagem, o tratamento da informação dado pelos os operadores seria realizado apenas no final da semana invalidando por completo a perfeição desta monitorização, pois exigiria um trabalho redobrado de registo e uma discrepância temporal elevada para apoio nas decisões de melhoria.

De modo a colmatar estes defeitos, após um período de pesquisa é implementado um sistema de fácil operação para os operadores e com capacidade automática de registo dos tempos e estados do sistema. De forma a simplificar o processo de tratamento de informação é construído uma interface muito intuitiva e com excelente nível visual para acompanhamento dos estados da ordem de produção e análise do indicador OEE do equipamento. A acrescentar a estas funcionalidades de chão de fábrica, os supervisores da empresa podem ver o registo das perdas e tempos de preparação. A ligação à máquina de Comando Numérico Computadorizado (CNC) é realizada por meio de um *Remote Terminal Unit* (RTU) que recebe os sinais digitais referentes ao estado da máquina e ao fim do programa da peça. Este dispositivo é imprescindível na ligação à aplicação através do protocolo Modbus TCP para o funcionamento em tempo real.

A validação do projeto teve um impacto firme transversalmente com uma análise crítica dos resultados estabelecidos e com implementações futuras, porém os testes de intuição para os colaboradores da empresa não foram estabelecidos devido à incapacidade de acordo de novas datas de modo a não prejudicar o fluxo produtivo.

Abstract

The industrial sector is in constant technological innovation in order to potentiate multiple processes and equipments. The use of performance indicators is an effective and transparent technique to evaluate the evolution of the activities that run in the company, to encourage operators through goals and to make changes to the current process.

This dissertation conducted in the business environment Felino S.A. intends to outline the OEE in real time to take action in a timely manner. The previous process of collection by the company was carried out by the operators, leading to a accuracy lack in the results obtained. Adding to this disadvantage the processing of information given by the operators would be carried out only at the end of the week, completely invalidating the perfection of this monitoring, as it would require a redoubled registration work and a delay in support of improvement decisions.

In order to eliminate these defects, after a period of research is implemented an easy to operate system for operators. the process of information processing is built a very intuitive interface with excellent visual management level to simplify the production process. For monitoring the production order states and analyzing the OEE indicator of the equipment. To add to these factory floor features, company supervisors can see the registration of losses and setup times. The connection to the CNC machine is performed by means of a RTU that receives the digital signals referring to the machine state and to the end piece program. This device is indispensable for connecting application through the Modbus TCP protocol for real-time operation.

The project validation had a firm impact transversely with a critical analysis of the results performed and with future implementations. However the intuition tests for company employees were not established due the inability to date agreement so as not to undermine the productive flow.

Agradecimentos

Agradecer em primeiro lugar aos meus pais e meu irmão por todo o apoio e sacrifícios que fizeram para eu estar sempre na linha de frente e preparado para todos os obstáculos que me deparava ao longo destes anos académicos. É de louvar o instinto de proteção e a vontade de quererem sempre o melhor para o meu percurso.

Um agradecimento especial a Felino S.A. por me ter acolhido de forma perfeita e me mostrar a variedade de pessoas e objetivos que as pessoas têm na vida profissional. O elo principal desta viagem na empresa, Eng. João Carvalho que me acompanhou nos trabalhos na empresa mostrando as suas opiniões, disponibilidade, sinceridade e conforto para o meu melhor rendimento no meu projeto.

De impacto igualmente importante agradecer ao meu orientador Pedro João e em especial aos professores Ricardo Batista, Paulo Portugal e José António Faria que se mostraram disponíveis para me ajudarem em várias situações recorrendo às suas experiências, ao espírito crítico e benevolência que sempre tiveram para comigo.

Em último lugar agradecer aos meus colegas de faculdade por me perspectivarem experiências únicas e me apoiarem quando eu mais precisava. Todas as viagens são feitas de altos e baixos e o importante está no reagir rapidamente às experiências menos boas de forma a superá-las o mais rápido possível.

André Ricardo Avelar Oliveira

"Innovation is the ability to see change as an opportunity rather than a threat."

Gary L. McIntosh

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	1
1.2	Motivação	1
1.3	Organização da Dissertação	2
2	Revisão Bibliográfica	3
2.1	<i>Lean Manufacturing</i>	3
2.1.1	Breve História do <i>Lean Manufacturing</i>	3
2.1.2	Aplicação do <i>Lean Manufacturing</i>	4
2.2	Princípios e Ferramentas da Filosofia <i>Lean</i>	4
2.2.1	Os Sete Desperdícios	5
2.2.2	5S	6
2.2.3	<i>Single Minute Exchange of Die</i>	7
2.2.4	Jidoka	10
2.3	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	11
2.3.1	Apresentação do Conceito	11
2.3.2	Fatores de OEE	13
2.3.3	Seis Grandes Perdas	14
2.4	Aplicação Web	15
2.4.1	<i>Model-View-Controller</i>	15
2.4.2	<i>Smarty</i>	16
2.5	Modelo de Comunicação	17
2.5.1	<i>MindConnect</i>	17
2.5.2	<i>Remote Terminal Unit</i>	17
2.5.3	Modbus TCP	18
3	Caracterização do Problema	23
3.1	Definição do Problema	23
3.2	Contextualização do Processo Atual da Empresa	23
3.2.1	Apresentação da Empresa	23
3.2.2	Fluxo de Recolha e Tratamento de Dados	26
3.3	Resumo e Conclusões	34
4	Metodologia	35
4.1	Requisitos e Design	35
4.2	Modelo do Sistema	37
4.3	Sistema Desenvolvido	38
4.3.1	Subsistema de Aquisição de Dados	39

4.3.2	Subsistema de Processamento de Dados	43
4.3.3	Manual Operador	48
5	Ações de Melhoria e Resultados	53
5.1	Aplicação da Metodologia 5S	53
5.2	Camada de Aplicação	55
5.3	Camada de Comunicação	57
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	61
6.1	Conclusões	61
6.2	Trabalhos Futuros	62
A	Anexos	65
B	Anexos	69
C	Anexos	71
	Referências	73

Lista de Figuras

2.1	Sistema toyota de produção [1].	5
2.2	Sete desperdícios.	6
2.3	Metodologia 5S [2]	6
2.4	Exemplificação do tempo de mudança de série.	7
2.5	Redução dos tempos de setup.	9
2.6	Princípios <i>jidoka</i>	10
2.7	Tempo de trabalho da empresa.	11
2.8	Tempo de produção planeado.	11
2.9	Tempo de disponibilidade dos equipamentos.	12
2.10	Tempo de funcionamento.	12
2.11	Tempo de produção.	13
2.12	Modelo de aplicações.	15
2.13	Modelo de comunicação cliente – servidor.	19
2.14	Exemplo de rede com o protocolo modbus.	19
2.15	Constituição de trama modbus [3]	20
3.1	Organograma da empresa.	24
3.2	Mapa de processos da empresa.	25
3.3	Layout setor de cnc.	26
3.4	Esquema de processo de recolha e tratamento de dados.	27
3.5	Folha de registo de disponibilidade.	28
3.6	Folha de registo de qualidade.	29
3.7	Ficheiro excel “produção”.	30
3.8	Ficheiro excel “tempoprodução teórico”.	31
3.9	Ficheiro excel “oedata”.	31
3.10	Relatório de atividade “leitura nov. 18”.	33
3.11	Relatório de atividade “evolução nov. 18 – oee total – registo pd – oee global – resumo oee máquinas cnc”.	33
4.1	Representação geral do modelo do sistema.	37
4.2	Fluxograma para interpretação da interface.	39
4.3	Máquina cnc - iniciar e parar.	40
4.4	Sinais lidos pelo sistema.	41
4.5	Esquema de comunicação ao stb.	42
4.6	Constituição dos parâmetros da função.	42
4.7	Pedido de leitura do cliente.	43
4.8	Modelo de <i>pages</i> do sistema.	44
4.9	Casos de uso da aplicação homem-máquina.	45

4.10	Diagrama de classes da aplicação.	46
4.11	Função de criação de nova ordem de produção.	47
4.12	Funções de recolha e cálculo do indicador qualidade.	47
4.13	Funções de registos de manipulação de dados.	48
4.14	Esquema de conta de utilizador.	49
4.15	Página users da interface.	49
4.16	Esquema de nova ordem de produção.	50
4.17	Página ordem produção da interface.	50
4.18	Esquema de atualização de dados do oee e produção.	51
4.19	Página oee inicial da interface.	51
4.20	Página box máquina parada da interface.	52
4.21	Página box paragens da interface.	52
5.1	Ação 5s empresa sobrado - vista geral.	54
5.2	Ação 5s empresa ermesinde - vista geral.	54
5.3	Ação 5s empresa ermesinde - vista detalhada.	55
5.4	Erro em cálculo da velocidade.	56
5.5	Registo de paragens.	57
5.6	Simulação modbus poll.	58
5.7	Receção de dados a partir <i>read multiple registers</i>	59
6.1	Modelo <i>andon</i>	62
B.1	Estudo dos sinais dos equipamentos cnc.	69
C.1	Características página 2 - stbnip2212 [4].	71
C.2	Características página 1 - stbnip2212.	72

Lista de Tabelas

2.1	<i>Six big losses</i> [5].	14
2.2	Códigos de comando modbus [6].	21
4.1	Necessidades da empresa.	35
4.2	Requisitos funcionais.	36
4.3	Requisitos não funcionais.	36
4.4	Requisitos para operador.	36
4.5	Turnos da empresa	48
4.6	Níveis para alteração dos indicadores.	52
5.1	Resultados da tabela produção	55
5.2	Resultados da tabela peça	56

Abreviaturas

ADU	<i>Application Data Unit</i>
ATC	<i>Automatic Tool Changer</i>
CNC	Comando Numérico Computorizado
IoT	<i>Internet of Things</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SGQ	Sistema Gestão Qualidade
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

Capítulo 1

Introdução

1.1 Objetivos

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

Deste modo, a construção de aplicação Web para monitorização dos processos e cálculo imediato do OEE, pretende simplificar os processos dos operadores e informar estes da eficiência e qualidade do equipamento.

Por esse motivo, é de extrema importância que as metodologias *Lean* sejam implementadas corretamente reforçando a redução de desperdícios e redução de custos, pontos fulcrais na realização deste projeto.

Como tal, para além de garantir o rigor dos dados recolhidos, é de concluir que a solução terá aspetos visuais simples e intuitivos, para que todos se sintam parte integrante do processo e que os resultados sejam apresentados no menor tempo possível para análise imediata do processo.

1.2 Motivação

A Felino S.A. tem vindo ao longo dos anos a apostar na implementação de metodologias que permitem aumentar a sua produtividade. Sendo esta uma empresa dedicada à construção de máquinas sobretudo para fins de panificação e ainda fornecimento de serviços no setor metalúrgico e metalomecânico. As várias unidades de máquinas de CNC utilizadas na empresa têm o intuito de diminuir os tempos de produção que quando comparados com as soluções convencionais são drasticamente discrepantes, além das características de precisão, velocidade e flexibilidade de utilização que reforçam ainda mais o uso de tecnologia CNC.

O acompanhamento das novas tecnologias e métodos de trabalho nos dias de hoje é essencial para o sucesso de qualquer empresa. Como tal, a inserção do indicador OEE tem como objetivo quantificar o desempenho de manufatura enquadrando-se em 3 grandes pilares: disponibilidade,

velocidade e qualidade. No entanto, o registo dos dados é feito de forma manual pelos operadores das máquinas através do preenchimento de documentos de desempenho, sendo por isso, de detetar algumas falhas humanas e essencialmente perdas de tempo do operador associadas à monitorização e à análise dos equipamentos.

Assim sendo, perante o problema apresentado, a criação de um sistema de recolha e tratamento de dados através de uma aplicação Web com propósito de registo das perdas, outros problemas associados à máquina e respetiva análise em tempo real do desempenho desta, para o melhoramento e a facilitação dos processos dos trabalhadores da empresa.

Nesse sentido, o processo identificação das causas que originam qualquer tipo redução da capacidade, qualidade ou eficácia produtiva, tem vindo a ganhar cada vez mais importância no setor da indústria.

1.3 Organização da Dissertação

O presente documento está dividido em cinco capítulos distintos.

No capítulo 1 realiza-se uma breve apresentação do projeto e metodologias da empresa, as motivações, objetivos relativos aos mesmos e organização do documento.

No capítulo 2 estabelece-se um enquadramento teórico que introduz os conceitos e tecnologias utilizadas ou que poderão ser utilizadas no desenvolvimento do projeto.

No capítulo 3 realiza-se uma breve sumarização da empresa e descrição do problema com o uso das técnicas anteriormente utilizadas pela empresa Felino.

No capítulo 4 transmite-se o plano de trabalho proposto para construção do sistema, lógica do sistema, a sua arquitetura e descrição detalhada da solução.

No capítulo 5 apresenta-se as aplicações de melhoria na empresa e os resultados da camada da aplicação e de comunicação do sistema desenvolvido.

No capítulo 6 realiza-se uma conclusão e os trabalhos futuros que poderão ser implementados juntamente com o projeto proposto.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 *Lean Manufacturing*

Não desvalorizando a concorrência entre as indústrias, o aumento das exigências do mercado consumidor, tanto a nível de qualidade como no atendimento de prazos, instiga as indústrias a obter soluções e metodologias que as tornem mais eficientes. Entre elas, o mais conhecido e bem-sucedido modelo, o *Lean Manufacturing*.

2.1.1 Breve História do *Lean Manufacturing*

Na segunda década do século XX, o modelo de produção em linha, criado por Henry Ford, serviria quando aplicado na produção, porém este modelo presencia uma limitação enorme quando aplicado na variabilidade de produtos. Quando o mercado que se está sujeito é cada vez mais complexo e competitivo, o modelo regrediu na produção de diferentes especificações de produtos, voltando a aumentar o tempo de produção e o *stock* no chão de fábrica das empresas. Em 1930, os executivos da Toyota analisaram essa situação e criaram um modelo que proporciona uma otimização do fluxo de processos de produção, e que correspondesse à diversificação na produção e procura do mercado. Assim surgiu o, Sistema Toyota de Produção (STP) - *Lean Manufacturing* [7].

O foco do *Lean Manufacturing* assenta na redução de desperdícios para que a indústria opere de forma *Lean*, e deste modo, aumente a qualidade, reduza tempo e custo, de modo a atender às demandas e incremento na rentabilidade. Além destes benefícios diretos, a lista seguinte demonstra uma série de benefícios adicionais obtidos pelas indústrias que utilizam *Lean Manufacturing* na prática:

- Maior organização no local de trabalho: Através de processos bem alinhados ou com a formação de células, havendo uma consequência natural de minimização dos recursos na produção, trasmutando o chão de fábrica para um meio mais organizado e limpo.
- Redução do espaço físico: A organização resulta de um melhor aproveitamento do espaço.

- Aumento da produtividade: O melhor aproveitamento de recursos, para um acréscimo de valor, transforma o produto final num resultado com redução de retoques e retrabalhos.
- Adequação dos recursos à demanda: A indústria que opera em excesso de capacidade afeiçoa maiores custos para processos logísticos, e ainda, perpetua um impacto no processo produtivo, na qual esta metodologia contraria, eliminando os excessos e desperdícios.
- Maior envolvimento dos operadores no processo: O trabalho do operador de chão de fábrica tem outra influência sendo este mais participativo nas ações, de maneira a tornar toda a mão de obra mais estratégica e ágil.

2.1.2 Aplicação do *Lean Manufacturing*

Aplicar *Lean Manufacturing* em indústria envolve bons procedimentos e disciplina. Um dos principais fatores para funcionamento apropriado é definir, medir e analisar constantemente os *Key Performance Indicators* (KPI), tanto em relatórios periódicos assim como em quadros de gestão visual. De uma forma breve, o *Lean Manufacturing* pratica um conjunto de boas práticas, que concerne a obtenção dos materiais corretos, no local correto com as quantidades corretas, minimizando assim o desperdício, com flexibilidade entre processos adequada e acessível a mudanças.

Manufacturing Execution System (MES) é uma tecnologia totalmente aderente ao *Lean Manufacturing*, pois este sistema integrado informatizado interliga-se com o sistema de planejamento, permitindo a consulta do plano de produção da indústria e capaz de comunicar com outra área do controlo de dispositivos de modo a visualizar indicadores de desempenho, de qualidade, de tempo de paragem, de excesso ou falta de capacidade, de desperdício de recursos, de refugo, entre outras informações que possam consolidar o processo de análise contínua. O principal intuito do MES é, em todo o caso, tornar cristalina uma informação que no passado seria difícil de mensurar na indústria, e que nos tempos atuais não há entrave na tomada de decisões de melhoria contínua sabendo as ocorrências nos vários pontos da produção e em tempo real [8].

2.2 Princípios e Ferramentas da Filosofia *Lean*

A filosofia *Lean*, segundo Womack e Jones tem como base os seguintes princípios [9]:

- Valor: Identificar o que têm maior importância para o cliente, ou seja, o que está disposto a pagar. Para isso, é indispensável conhecer as necessidades reais e latentes de forma a saber os interesses do cliente, o que pretendem, como pretendem e qual o preço que estão dispostos a oferecer.
- Cadeia de Valor: Conjunto de atividades que acrescentam ou não valor ao produto elaboradas de modo a satisfazer o negócio. Assim, com objetivo de redução de processos e etapas desnecessárias obtém-se exatamente o que os clientes desejam e consequentemente uma redução dos custos de produção do produto ou serviço disponibilizado.

- **Otimização do fluxo:** Executar um fluxo sem interrupções ou atrasos, através de sincronização de todos os meios envolvidos na criação de valor. Este patamar pode ser explorado com a reconfiguração de etapas de produção, nivelamento da carga de trabalho, criação de departamentos multifuncionais e entre muitas outras técnicas.
- **Sistema *Pull*:** Evitar a acumulação de *stock* por meio de limitação dos itens de inventário e trabalho em processo, garantindo a entrega e o fabrico do produto para o cliente *Just-in-Time*, ou seja, a criação dos produtos realiza-se no momento certo e apenas nas quantidades necessárias.
- **Perfeição:** Incutir à melhoria contínua em toda a organização, sendo rápido, eficaz e recetível. Espera-se que os resíduos sejam todos eliminados ao longo dos outros níveis, através do esforço de todos os postos de trabalho para aprender e melhorar com o desenrolar dos dias para atingir a perfeição a partir das necessidades dos clientes.

A filosofia *Lean* introduzida pelo STP como observado Figura 2.1 tem a finalidade de aumentar a qualidade dos produtos, com o menor custo possível e no menor tempo possível, eliminando ou minimizando todos os desperdícios que poderão ocorrer durante a conceção dos processos [10].

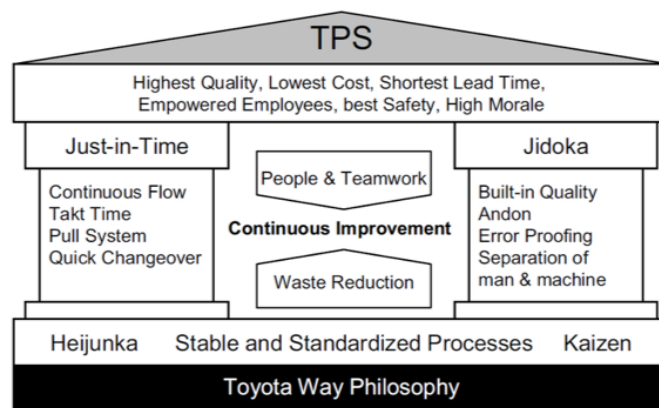


Figura 2.1: Sistema toyota de produção [1].

2.2.1 Os Sete Desperdícios

Em qualquer empresa existem dois tipos de operações: as operações que acrescentam valor ao produto e as operações que não acrescentam valor ao produto e incrementam diferentes tipos de custos. A este último tipo de operações a filosofia *Lean* designa por desperdícios.

Os desperdícios foram classificados como as “sete muda” por Taiichi Ohno e Shingeo Shingo durante o desenvolvimento do STP. Os sete desperdícios são classificados na Figura 2.2:

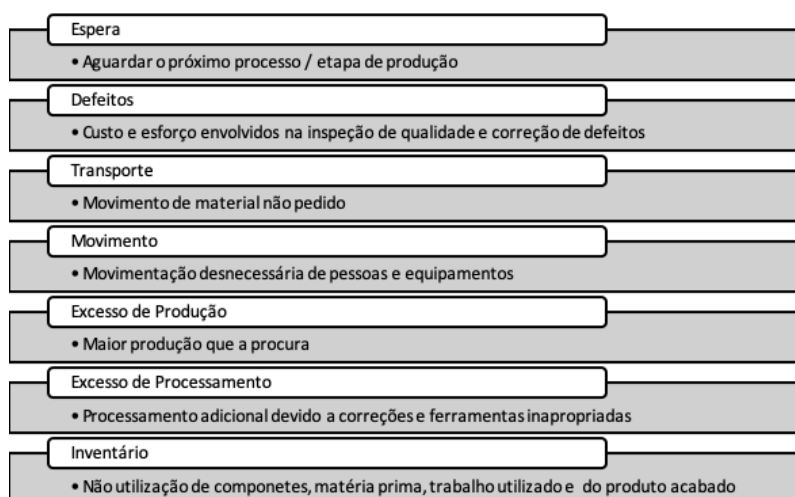


Figura 2.2: Sete desperdícios.

2.2.2 5S

A metodologia 5S tem sido desenvolvida de forma eficaz e participativa nas empresas, devido à sua capacidade de fácil compreensão e capacidade de apresentar resultados expressivos. Esta é uma ferramenta baseada em ideias simples que podem trazer grandes benefícios para as empresas.

O conceito tem por base as 5 palavras japonesas em análise na Figura 2.3, que categorizam de forma muito eficaz a identificação e a eliminação do desperdício e o aumento da eficiência. Quando aplicado corretamente, mantém o local de trabalho organizado, limpo e seguro. A execução através de controlos visuais aprimorados torna óbvio e facilmente detetável qualquer não conformidade no processo [11].

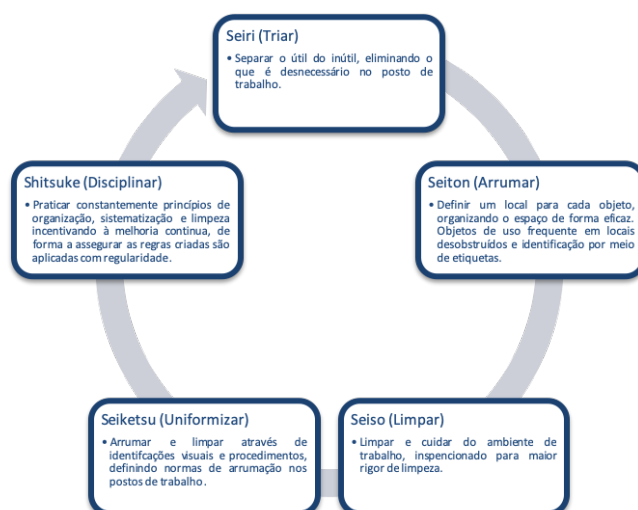


Figura 2.3: Metodologia 5S [2]

2.2.3 Single Minute Exchange of Die

2.2.3.1 Uma Breve História de SMED

O *Single Minute Exchange of Die* (SMED) desenvolvido por Shigeo Shingo teve origem na década de 1950. Um termo que apoia o processo de fabricação *Just-in-Time*, sendo uma componente chave do STP. A variedade de estratégias para identificar e eliminar desperdícios com este recurso é elevada e o seu principal objetivo é a redução dos tempos de troca para um número de minutos expresso por um único dígito (menos de 10 minutos).

A mudança de referência exemplificada na Figura 2.4, muitas vezes denominado por *change-over time* ou *setup* é definido como um processo de mudança na produção, de um determinado produto para outro de referência diferente, numa máquina ou num conjunto de máquinas ligadas. Nesta etapa recorre-se às operações de troca de peças, ferramentas ou moldes.

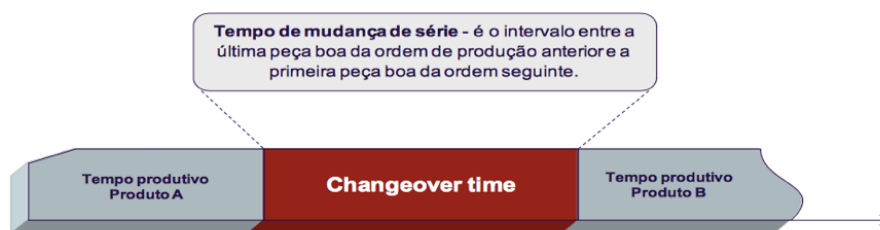


Figura 2.4: Exemplificação do tempo de mudança de série.

2.2.3.2 Princípios de SMED

Ao longo do projeto produzido por Shingo constatou que o motivo de falta de produtividade tinha como resultado os tempos de preparação das máquinas, nomeadamente o tempo necessário para a realização de uma mudança na atividade de produção. Isto é, o tempo correspondente ao momento que a última peça do lote anterior é produzida e o início da produção de nova peça, de um novo lote.

Esta ferramenta surgiu em resposta à necessidade urgente de diminuição do tamanho dos lotes de produção, relacionado com o aumento da flexibilidade imposta pela procura dos clientes, com missão de minimizar ou mesmo eliminar os tempos de mudança de referência. Depois da identificação e medição dos tempos de todas as operações referentes aos tempos de preparação, este método pode ser distinguido em duas categorias:

- Operações Internas: Acontecem quando o equipamento está parado.
Exemplo: Montagem e desmontagem de ferramentas que obrigam a máquina a estar parada.
- Operações Externas: Acontecem quando o equipamento está em funcionamento.
Exemplo: Transporte de ferramentas para junto das máquinas que devem ser realizadas enquanto a máquina está em execução.

A filmagem do processo é extremamente valiosa pois coloca à vista como a equipa lida com os detalhes do processo de forma a ajudar os líderes na identificação das áreas a ser feito a melhoria.

Uma análise cuidadosa do que será necessário e, em seguida, o pedido adequado dos materiais para que os itens necessários estejam disponíveis denomina-se de análise preditiva, fundamental para o sucesso da parte externa do SMED [12].

2.2.3.3 Vantagens da Aplicação do SMED

De seguida, é enumerado um conjunto de benefícios aquando o sucesso de aplicação do SMED:

- Menor custo de fabricação (troca rápida significa menor tempo de inatividade do equipamento).
- Tamanhos de lote menores (troca mais rápida permite alteração de produtos mais frequentes).
- Maior capacidade de resposta à demanda do cliente (tamanhos de lote menores permitem um agendamento mais flexível).
- Níveis mais baixos de stock (tamanho dos lotes menores resultam em níveis de stocks mais baixos).

2.2.3.4 Sequência do Procedimento para Mudança de Ferramentas

De acordo com a metodologia SMED, a sequência do procedimento para a mudança de ferramentas na ocasião de uma mudança de lote é a seguinte [13]:

- i. Preparação, ajustamentos e verificação de ferramentas, matérias-primas, isto é, tudo o que é necessário para a produção esteja nos seus devidos lugares e em boas condições de funcionamento.
- ii. Montagem e desmontagem de ferramentas no equipamento, ou seja, proceder à desmontagem da ferramenta anterior e à montagem da nova, necessária para o seguimento do processo produtivo.
- iii. Medições, definições e calibrações, isto é, realizar medidas e calibrações para que a produção possa começar, como exemplo medições de temperatura e caudal.
- iv. Testes e ajustamentos, exemplo a realização de testes relativos às primeiras peças de nova ordem de produção e a análise de conformidade em função dos resultados a proceder para os ajustamentos necessários. Estes são causados pela falta de precisão nas medições e calibrações da etapa anterior e ainda devido aos conhecimentos e práticas incorretos pelos operadores do equipamento.

O primeiro passo definido por Shingo passa pela definição dos procedimentos detalhados nas operações externas de modo a garantir que tudo que é necessário para executar uma mudança de ferramenta está devidamente preparado e disponível junto à máquina no momento exato da conclusão do lote anterior, ou seja, identificar as atividades externas e internas recorrendo a observação e análise em grande detalhe das operações na empresa numa fase inicial através de cronometragem, filmagem e interrogatório aos operadores.

O passo seguinte é a tentativa de conversão das operações internas em operações externas e a sistematização e otimização dos procedimentos das operações que necessariamente são executadas com a máquina parada.

Segue-se a identificação das possíveis alterações técnicas que permitem reduzir ou mesmo eliminar o maior número possível de operações internas, no ponto de vista de melhoria contínua de cada operação das atividades em evidência. Todo este processo pode ser consultado na Figura 2.5, as alterações podem ser muito simples e baratas ou, pelo contrário, obrigar ao dispêndio de elevados montantes em soluções mais sofisticadas.

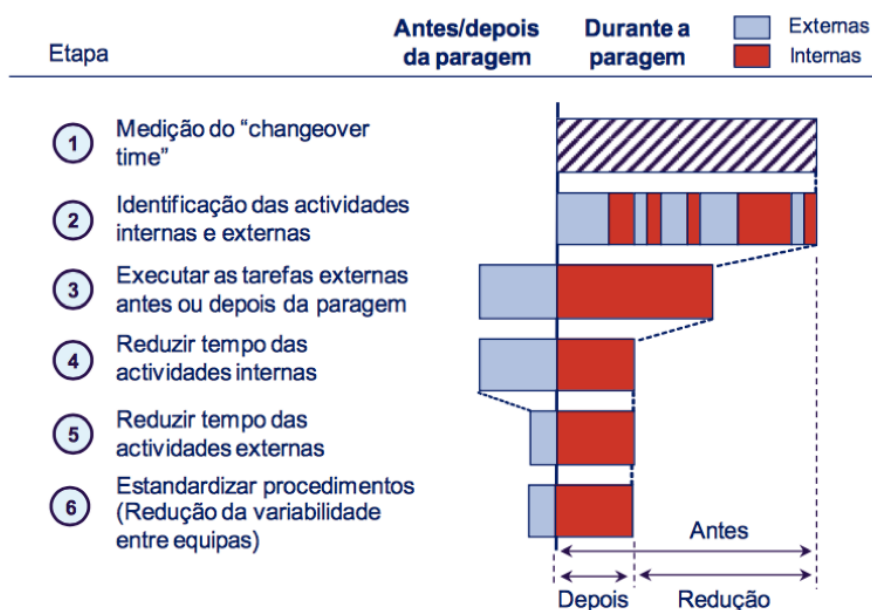


Figura 2.5: Redução dos tempos de setup.

2.2.4 Jidoka

O primeiro pilar do STP denominado por *Just-in-Time* já evidenciado em tópicos atrás, apoia a filosofia de processar ou transportar a peça certa na quantidade e com a qualidade certa no lugar e hora definido. O segundo pilar que foi evidenciado neste subcapítulo denomina-se de Jidoka ou a automação com toque humano.

A utilização da tecnologia para o controlo inteligente e o acompanhamento por todos os intervenientes de modo uniformizado é essencial para entendimento claro do fluxo da produção. A procura dos clientes é geralmente de um calibre alto e por isso é necessário perceber o porquê das ocorrências de problemas de qualidade na produção. Isso implica que os trabalhadores e as máquinas tenham inteligência para identificar erros e tomar rápidas medidas de correção evitando os defeitos na linha de produção [14].

Claro que isso só será possível se as mentes de todas as pessoas tiverem abertas e recetíveis para novos métodos de forma a perceber que a gestão visual para acompanhar o desempenho e as inspeções costumazes são necessárias para a deteção de todos os defeitos.

Para supervisão dessas anomalias existe uma metodologia *Andon* que permite ao operador parar linha de produção e expor a anomalia com o pedido de ajuda para solucioná-la. Isto permite que a intervenção seja muito mais rápida e que o problema não seja recorrente em ações futuras. Na Figura 2.6 pode ser visualizado alguns fundamentos da metodologia.

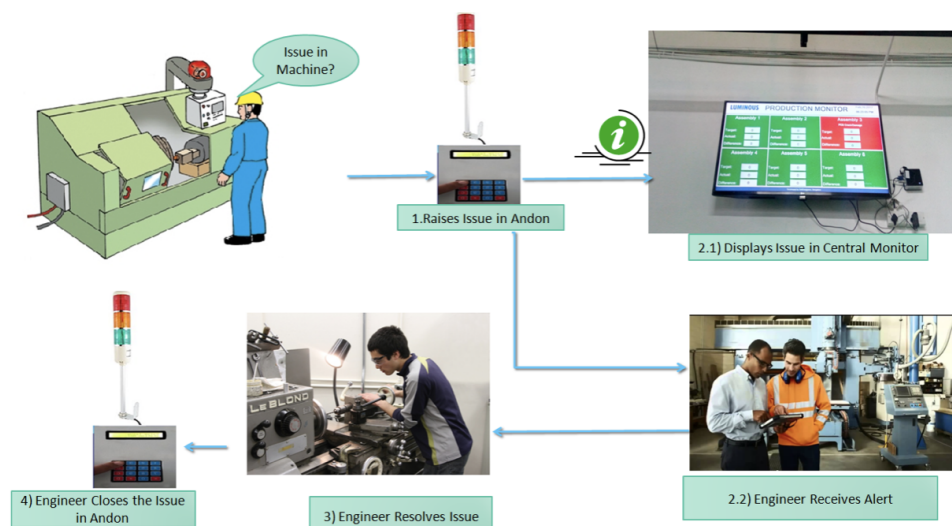


Figura 2.6: Princípios *jidoka*.

A confiança neste sistema cresceu à medida que na visão da administração surgiria a capacidade de corresponder a procura dos clientes. A transparência foi promulgada com os problemas de produção serem prontamente relatados, discutidos e analisados. Sinais visuais, como painéis de controlo, gráficos estatísticos e disponibilidade de botões eletrônicos, foram uma confirmação de que os problemas não deviam ser tratados silenciosamente e sem captar a atenção de todos.

2.3 Overall Equipment Effectiveness

O método de medição OEE é um referencial mundial com objetivo de qualificar o desempenho dos equipamentos industriais. O surgimento do indicador deve-se à introdução da política de melhoria contínua nos processos de produção, intitulada por *Lean Manufacturing*. Durante os anos 90 e início do novo século, o sistema espalhou-se por todos os Estados Unidos e pela Europa. Esta política apresenta continuamente, a capacidade de gerar melhorias significativas tanto em termos de produtividade como de qualidade, sem aparente sinais de desaceleração.

2.3.1 Apresentação do Conceito

De forma sucinta, OEE reflete as principais perdas relacionadas com o equipamento e por isso quantifica a eficiência de um equipamento na agregação de valor para o produto obtido. Este processo é comparado com um cenário ideal, com o fabrico de peças boas, o mais rápido possível, sem *Stop Time*. Tais perdas apresentam três fatores a nível de disponibilidade, desempenho e qualidade para visão das causas subjacentes da perda de produtividade. De seguida, é proposto uma breve revisão desde o *All Time* e terminando no *Fully Productive Time*, sendo este último o tempo atual de produção depois de subtraídas todas as perdas. Por isso, reforça-se que o principal objetivo do OEE seja maximizar este tempo.



Figura 2.7: Tempo de trabalho da empresa.

A análise do OEE inicia-se com o *All Time* - Tempo de Trabalho da Empresa, na qual expõe o tempo que as instalações estão abertas com disponibilidade dos equipamentos para executar as operações pretendidas.



Figura 2.8: Tempo de produção planeado.

Deste tempo referido é subtraído *Schedule Loss* – Paragem Planeada, incluindo todos os eventos que devem ser excluídos na análise de eficiência produtiva de uma empresa, departamento ou de uma máquina, tendo em vista a utilização máxima dos seus recursos.

Disponibilidade:

Este indicador inclui todos os eventos que interrompem a *Planned Production Time* – Tempo de Produção Planeado por um período apreciável de tempo, na qual é afetado por algumas paragens não planeadas na linha de produção e com um impacto direto na disponibilidade dos equipamentos. O uso da tecnologia SMED é um meio abundantemente utilizado na indústria para redução dos tempos de troca.

Para além deste modelo, o auxílio do modelo tradicional *Total Productive Maintenance* (TPM), uma abordagem global que visa a manutenção dos equipamentos e consequentemente minimização de perdas não planeadas com objetivo de alcançar o auge na produção.



Figura 2.9: Tempo de disponibilidade dos equipamentos.

O tempo restante após a perda de disponibilidade que é subtraído ao *Planned Production Time* é denominado por *Run Time* – Tempo de Disponibilidade dos Equipamentos.

Desempenho:

Numa linha de produção de uma empresa o desempenho é afetado perante a velocidade de produção ser inferior à máxima possível (velocidade que o equipamento foi projetado para executar). As perdas de desempenho estão constantemente associadas aos ciclos lentos, exemplo disso são os funcionários não treinados para operar numa determinada tarefa, o desgaste das máquinas e as pequenas paragens.



Figura 2.10: Tempo de funcionamento.

O tempo restante após a subtração da perda de desempenho ao tempo de disponibilidade dos equipamentos é denominado por *Net Run Time* – Tempo de Funcionamento.

O *Ideal Cycle Time* - Tempo de Ciclo Ideal é o tempo de ciclo mais rápido que o processo produtivo pode atingir em circunstâncias ideais. Portanto, quando este é multiplicado por *Total Count* – Número total de peças, boas e más, produzidas por uma máquina, o resultado esperado assemelha-se ao *Net Run Time*.

Qualidade:

Tendo em conta este critério, a perda de qualidade é representada pelas peças produzidas que não atendem aos padrões de qualidade decretadas para uma linha de produção, incluindo peças que exigem retrabalho.

Todos os produtos produzidos devem permanecer em conformidade com as especificações acordadas, garantindo assim a qualidade do produto. A conformidade deste indicador é reduzida pelos produtos retrabalhados e rejeições iniciais sendo posteriormente quantificados por meio de uma percentagem de refugo.



Figura 2.11: Tempo de produção.

A proporção de *Fully Productive Time* para *Net Run Time*, pode ser representado de tal forma pela razão de *Good Count* - Número de peças produzidas que cumprem com as especificações por *Total Count* [15].

Depois de retiradas todas as perdas de disponibilidade, desempenho e qualidade, o objetivo final será maximizar o *Fully Productive Time* – Tempo de Produção. Para isso deve-se, identificar as perdas relativas a um processo ou equipamento com o objetivo de melhorar o seu desempenho e fiabilidade, identificar capacidades escondidas ou subdesenvolvidas num determinado processo podendo mesmo levar ao equilíbrio do seu fluxo de produção, identificar e categorizar as principais perdas que levam à diminuição do desempenho de tal forma a estabelecer prioridades de melhoria e aspetos de sinalização e de antecipação do problema. O OEE tem um impacto enorme na monitorização da evolução da eficiência de um equipamento ao longo de um período de tempo. O acompanhamento com visão de desenvolver e melhorar a colaboração entre operações de ativos, manutenção, compras e engenharia de equipamentos de modo a identificar e eliminar das principais causas de mau desempenho.

2.3.2 Fatores de OEE

Deste modo, o indicador de eficiência dos equipamentos OEE é calculado como evidenciado em 2.1, através da multiplicação da disponibilidade, desempenho e qualidade. O fator desempenho pode ser denominado também de velocidade.

$$OEE = Disponibilidade * Desempenho * Qualidade \quad (2.1)$$

Pode ser consultado os vários patamares deste indicador pelas equações 2.2, 2.3 e 2.4 com contributo das expressões explicadas na apresentação do conceito.

$$Disponibilidade = \frac{RunTime}{PlannedProductionTime} \quad (2.2)$$

$$Desempenho = \frac{NetRunTime}{RunTime} \quad (2.3)$$

$$Qualidade = \frac{FullyProductiveTime}{NetRunTime} \quad (2.4)$$

De um modo geral, o fator disponibilidade tem a intuição de descrever as perdas não planeadas na produção como a falta de matéria prima, dedicação a outra máquina, avaria e entre outras. O fator desempenho que avalia se o fluxo da máquina está na velocidade ideal, sem debilidades ou a experiência de operadores não é apropriada. E o fator qualidade que apenas são descontadas as peças retrabalhadas e defeituosas.

2.3.3 Seis Grandes Perdas

De salientar que todas as empresas têm perdas associadas a estes indicadores e exercem técnicas enormes para o decréscimo de pequenas percentagens do indicador geral OEE. Assim, a Tabela 2.2 permite ilustrar as principais perdas existentes e que são de maior combate de um ponto vista geral em todas as empresas.

Tabela 2.1: *Six big losses* [5].

Perdas	Tipo de índice	Exemplificação
Falhas	Disponibilidade	Manutenção não planeada Falhas gerais
Preparações e Controlos	Disponibilidade	Preparação (<i>Setup</i>) Falta de operador Alterações Falta de material
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	Montagens incorretas Produtos danificados
Produtos Rejeitados	Qualidade	Desperdícios de Danos durante o processo

2.4 Aplicação Web

Uma aplicação Web consiste num programa de computador que permite aos utilizadores de uma determinada página submeter ou extrair informação de uma base de dados através da Internet por meio de um navegador Web. Normalmente as aplicações seguem a tipologia evidenciada na Figura 2.12, consistem numa combinação de scripts do lado do servidor (ASP, PHP) e de scripts do lado do cliente (HTML, Javascript, Ajax). 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 é o facto de poderem ser executadas independentemente do sistema operativo e do navegador web existentes do lado do cliente. Assim evita-se que as aplicações sejam desenvolvidas com preocupação nas restrições de um cliente específico, tornando-se assim muito mais versáteis. Esta é uma tecnologia em constante crescimento, uma vez que o número de empresas e negócios que a utilizam aumenta diariamente.

A organização do código da aplicação é imprescindível para a correto entendimento do código. Evitar a repetição e facilitar a modificação de código, de modo a ser reutilizado múltiplas vezes reduz o seu número de erros e permite detetá-los facilmente. Assim, o código PHP divide-se em 3 camadas: apresentação, lógica de negócio e acesso a base de dados. A separação da camada de apresentação (HTML) da lógica de negócio (PHP) é aconselhável para maior legibilidade e reutilização de código, embora PHP tenha a funcionalidade de conjugar as duas num só ficheiro.

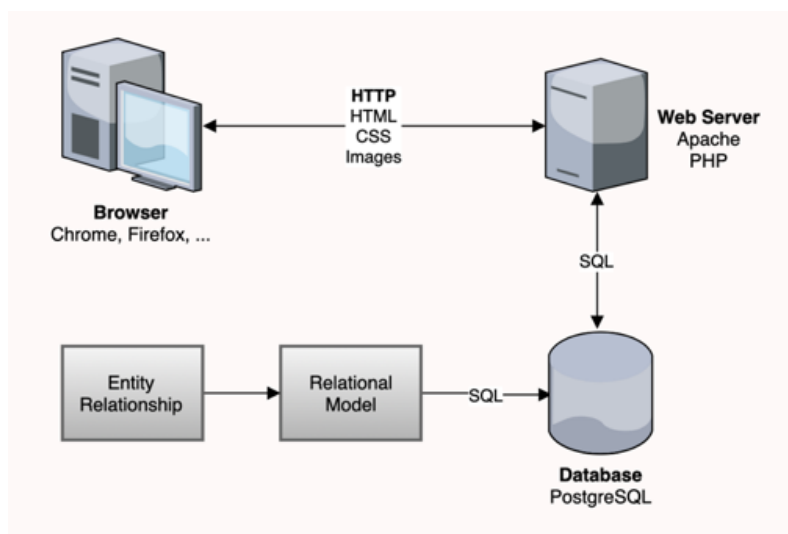


Figura 2.12: Modelo de aplicações.

2.4.1 Model-View-Controller

O *Model-View-Controller* (MVC) é uma abordagem para separação do código que depende da função a desempenhar na aplicação. O fluxo da aplicação começa com o *controller* a ser carregado e executa um método de recuperação de dados com recurso ao *model*. Depois, é novamente

o *controller* que tem o poder de decisão de qual a *view* a carregar. A *view* é camada de saída, para a visualização dos utilizadores da aplicação.

Controllers

Controller é a conexão entre o utilizador e o sistema. O *controller* é o responsável pela manipulação do *model* e da *view*, funciona como o coração do sistema interagindo indiretamente com a base de dados e utilizador. Ou seja, controla o fluxo de dados e atualiza a exibição assim que os dados são alterados. Por fim, o *controller* recebe as solicitações dos utilizadores e posteriormente trabalha esses dados, executando ações que alteram o estado de dados do *model*.

Model

Model descreve os registros da base de dados e faz a gestão dos dados da aplicação. Basicamente, este patamar contém os dados da aplicação, a definição lógica, a especificação da função e o envolvimento para as regras de negócios. Esta camada pode gerenciar os dados e também permitir a comunicação com a base de dados.

Views

View mostra os resultados dos dados contidos no *model*. A apresentação apenas dos atributos necessários e oculta os atributos desnecessários. Assim, fornece a vantagem do encapsulamento de apresentação [16].

De um ponto vista geral estas 3 componentes diferentes, onde o *model* atua como o domínio em que o software é construído, a *view* como a representação visual e o *controller* responsável pelo processamento de entrada, atuando sobre o *model* decide qual ação deve ser executada e como renderizar a visualização ou redirecionar para outra página de modo a suportar o modelo de negócios.

2.4.2 Smarty

A linguagem de programação PHP é ótima para desenvolvimento de código, mas quando misturada com HTML a sintaxe das instruções PHP torna-se confusa. *Smarty* impede este acontecimento, isolando o PHP da apresentação com uma sintaxe muito mais simples baseada em tags impondo assim uma separação clara do código PHP. Nenhum conhecimento de PHP é necessário para gerir os modelos do *Smarty*.

Geralmente, esta separação é mais importante para os *Web designers* do que para programadores *back-end* devido ao não conhecimento aprofundado por parte dos primeiros do funcionamento global das aplicações. Não há uma resposta certa ou errada para o uso de *Smarty*, pois todas as equipas de desenvolvimento tem suas próprias preferências para gerir código e modelos.

Ter a primeira camada de lógica de negócios que trata de pesquisa e manipulação na base de dados claramente separada da segunda camada de apresentação desses dados no formato HTML é muito importante, pois promove melhor legibilidade do código. Separar essas duas partes em arquivos diferentes torna notável a separação causando maior facilidade de reutilização.

Smarty possui ainda um processador *template*, este é uma componente de software projetado para combinar *templates* com modelos de dados para produzir documentos de forma estruturada. O design do *Smarty* foi em grande parte impulsionado por os objetivos evidenciados abaixo [17]:

- Separação clara da apresentação do código da aplicação.
- *PHP backend, Smarty template frontend*.
- Complementa o PHP mas não o substitui.
- Desenvolvimento e implementação rápida para programadores e designers.
- Flexibilidade para desenvolvimento personalizado.
- Segurança: isolamento do PHP.
- *Open Source*.

2.5 Modelo de Comunicação

Nesta secção foi apresentada dois exemplos de equipamentos escravos para a supervisão e controlo dos sinais das máquinas na indústria. Aliado a estes existem vários protocolos na indústria. Um dos mais fácil utilização e presente em vários dispositivos na industria é o protocolo Modbus.

2.5.1 *MindConnect*

Com a *mindconnect*, a Siemens oferece opções flexíveis para conectar uma grande variedade de máquinas, sistemas, frotas e produtos à *Mindsphere*.

A *mindsphere* transforma os dados em conhecimento e conhecimento em resultados de negócios produtivos. É um sistema operacional aberto de *Internet of Things* (IoT) baseado em nuvem que permite transformar esses dados em aplicações e serviços digitais poderosos para aumentar a produtividade e a eficiência em toda a empresa.

Tanto o *mindconnect nano* como o *mindconnect Iot2040* oferecem diferentes níveis de serviço e consequentemente níveis diferentes de preço para qualquer ambiente de produção. Ambas as unidades criam uma conexão direta e segura com a *mindsphere* para transmissão dos dados [18].

2.5.2 *Remote Terminal Unit*

RTU tem a funcionalidade de adquirir dados e enviá-los para uma estação através de um sistema de comunicação. Um dispositivo baseado em microprocessador conectado a sensores, transmissores ou equipamentos de processo para fins de telemetria e controle remoto.

Os RTU são aplicados em vários sistemas de monitorização de instrumentação remota de óleo e gás, redes de estações de bombas remotas, equipamentos de tráfego, e outros. A monitorização realiza-se em processos de produção num local remoto e sucede-se da transmissão dos dados para

uma estação central, onde são coletados todos os sinais. A RTU pode ser conectada através de portas serial (RS232, RS482 e RS422) ou Ethernet para comunicar com as estações centrais. Este equipamento é muito utilizado na indústria pois aceita vários padrões de protocolo entre os quais Modbus, IEC 60870, DNP3.

Geralmente um RTU típico inclui um processador de controlo e memória associada, entradas analógicas, saídas analógicas, entradas de contador, entradas digitais, saídas digitais, interfaces de comunicação e fonte de alimentação. De seguida foram revelados alguns aspetos do RTU:

- Recolher o estado entradas de entradas digitais, entradas analógicas, valores acumulados e transmissão para estações mestre.
- Receber e processar comandos de controlo digitais e analógicos de estações mestre.
- Aceitar mensagens de *polling*.
- Comunicar simultaneamente em todas as portas de comunicação e uso de múltiplos protocolos simultâneos.
- Transmitir dados para portas serial e portas Ethernet.
- Capacidade de inicialização automática após restabelecimento de energia, sem necessidade de intervenção manual.
- Sincronizar tempo através de mensagens recebidas pelo mestre.
- Suportar recurso a sequência de eventos.
- Atuar como um concentrador de dados para aquisição de dados de RTU escravos [19].

Estas funcionalidades não estão presentes em todos os RTU devido à enorme variedade destes e devido ao longo prazo que estes existem. Os RTU podem ser construídos ainda modularmente, trazendo uma vantagem de especificar e de reaproveitar todas as funcionalidades.

2.5.3 Modbus TCP

O protocolo Modbus foi criado na década de 70, pela Modicon, com o objetivo de partilhar dados entre autômatos programáveis. A Modicon foi posteriormente adquirida pela Schneider e os direitos sobre o protocolo foram liberados pela Organização Modbus. A simplicidade do próprio protocolo, permitiu uma correta integração, sendo este o primeiro protocolo amplamente aceite pela comunidade industrial.

Muitos equipamentos industriais utilizam o Modbus como protocolo de comunicação. Sistemas *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), controladores lógicos programáveis e outros equipamentos usam atualmente este protocolo numa vasta gama de aplicações como instrumentos e equipamentos de laboratório, automação residencial e automação de navios.

2.5.3.1 Modelo de Comunicação

O Modelo de Comunicação do protocolo Modbus foi baseado na comunicação Cliente - Servidor (Mestre-Escravo). Como tal, todas as interações são iniciadas obrigatoriamente pelo cliente que envia mensagens a solicitar ao servidor o envio dos dados que por ele estão a ser lidos. Podem ser enviados sinais com o intuito de serem escritos nas saídas, por exemplo, para controlo de atuadores. Na Figura 2.13 foi representado este modelo de comunicação.

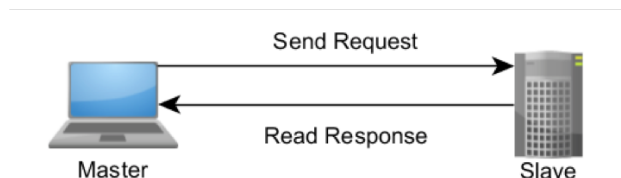


Figura 2.13: Modelo de comunicação cliente – servidor.

2.5.3.2 Exemplo e Funcionamento da Rede

Na Figura 2.14 está esboçado um exemplo de rede com o protocolo Modbus, através de um gateway a conexão entre os dois tipos de Modbus, o Serial em RS-485 e o TCP/IP em Ethernet. No mercado ainda existe a opção do gateway Modbus Wireless. O mestre da rede, envia e recebe dados dos escravos, que são posteriormente submetidos numa interface Homem-Máquina e uma interface de I/O remota Modbus [20].

A estação mestre inicia a comunicação solicitando aos escravos o envio dos seus dados, por sua vez, os escravos recebem a requisição do mestre e retornam os dados solicitados. Os dados transmitidos podem ser discretos ou numéricos, funcionalidades ideais para leitura de sinais para definição do estado em que se encontra o equipamento.

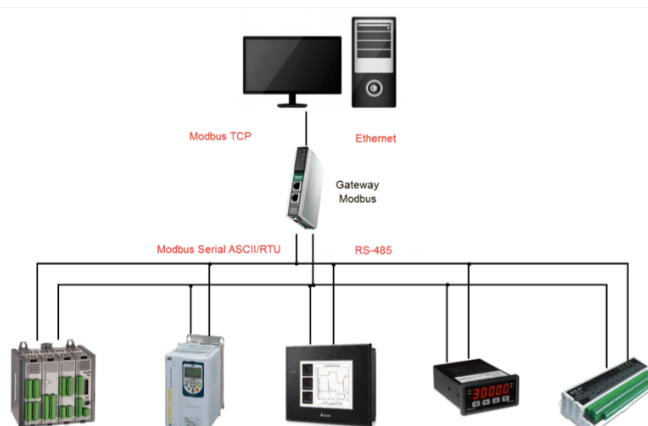


Figura 2.14: Exemplo de rede com o protocolo modbus.

O sistema de comunicação com base no Modbus TCP/IP pode incluir diferentes tipos de meios:

- Dispositivo Modbus TCP/IP cliente e servidor conectados a uma rede TCP/IP.
- Os dispositivos interconectados através de pontes, roteador ou gateway, para conexão entre a rede TCP/IP e uma sub-rede serial. E assim estabelecer comunicação Modbus Serial através da linha para os dispositivos Cliente e Servidor finais.

Este tipo de comunicações rege-se a tramas previamente definidas organizadas por endereço do servidor, o comando a ser executado, uma quantidade variável de dados e um verificador de erros como presente na Figura 2.15. O protocolo Modbus define a *simple Protocol Data Unit* (PDU) , independente das camadas de comunicação subjacentes. O mapeamento do protocolo Modbus em barramentos ou redes específicos pode introduzir alguns campos adicionais na *Application Data Unit* (ADU).



Figura 2.15: Constituição de trama modbus [3]

O cliente inicia uma transação Modbus e cria a unidade de dados do aplicativo Modbus. O código da função indica ao servidor qual tipo de ação deve ser executada.

Em tópico de exemplo, se um dado dispositivo que aceita o protocolo pretender ler as 10 primeiras entradas analógicas do endereço 0000 ao 0009 no módulo 2 e o respetivo comando de leitura de registos múltiplos analógicos, a função para esse efeito tem o código 3. Os endereços de registo são escritos de acordo com sistema hexadecimal, (equipamentos assim padronizados mas que podem ser alterados). Assim foi descrita a estrutura básica do endereço da trama de comunicação.

A resposta do escravo é uma trama semelhante que deve incluir: o endereço do escravo, o número do comando, os dez valores solicitados (para o caso que serve de exemplificação) e um verificador de erros. Em caso de erros de resposta, devido por exemplo a inexistência deste, o escravo responde com um código de erro.

2.5.3.3 Comandos Modbus

Na Tabela 2.2 são listados os comandos Modbus a par da respetiva descrição:

Tabela 2.2: Códigos de comando modbus [6].

Código do Comando	Descrição
0x01	Read Coils
0x02	Read Input Discretes
0x03	Read Multiple Registers
0x04	Read Input Registers
0x05	Write Coil
0x06	Write Single Register
0x07	Read Exception Status
0x15	Force Multiple Coils
0x16	Write Multiple Registers

O mestre especifica o tipo de serviço ou função solicitada ao escravo. Tais funções podem ser de leitura, escrita e outras funcionalidades. No protocolo Modbus, cada função é utilizada para aceder a um tipo específico de dado. Os seus atributos são melhorados com o aumento de nível das funções do protocolo, nesta tabela apenas são representadas funções de nível 0 e nível 1.

Capítulo 3

Caracterização do Problema

3.1 Definição do Problema

A Felino S.A. tem vindo ao longo dos anos a apostar em metodologias ligadas ao *Lean Manufacturing* para maior alcance de produtividade. Nesse sentido, foi necessário a montagem de um indicador que permitisse monitorizar o desempenho do seu parque de máquinas CNC. O indicador OEE mostra através de três campos distintos a afetação na produtividade do equipamento. Tal registo de dados é feito de forma manual pelos operadores das máquinas, posteriormente registado em formato digital por um responsável e de seguida alvo de análise pelo diretor responsável por manter a melhoria contínua. Esta análise é realizada semanalmente conduzindo assim à elevada perda de tempo pelos envolvidos. A sobreposição destes trabalhos com outros no setor de produção é outro fator que provoca longos atrasos, pois os intervenientes preferencialmente pretendem corresponder às necessidades impostas a curto prazo.

Para combate a estas debilidades é proposto o desenvolvimento de uma plataforma Web num tablet para os operadores, para registo das perdas da ordem de produção numa forma simples e intuitiva. O objetivo paralelo assenta na análise em tempo real do desempenho dos equipamentos de forma apelativa e esclarecedora para os *key users* através da análise de estatísticas, cruciais para a implementação de ações de melhoria, com o uso específico deste indicador de desempenho.

3.2 Contextualização do Processo Atual da Empresa

3.2.1 Apresentação da Empresa

Em 1932, Manuel Ferreira Lino constrói uma pequena oficina de fundição e serralharia que em 16 de Agosto de 1936 reformulou-se para sociedade Ferreira Lino Irmão. Em 1964 inicia-se uma completa remodelação das instalações e equipamentos existentes com vista à sua expansão.

No ano de 1988 surgiu uma sociedade anónima com a designação Felino - Fundição e Construções Mecânicas, S.A., sendo seus administradores atuais Manuel Augusto Ferreira Braga Lino e Susana Braga Lino.

A empresa dispõe de dois estabelecimentos, o de Ermesinde que inclui a sede e especializado no setor de construções mecânicas, setor de fundição em alumínio, serviços comerciais e serviços administrativos e o segundo estabelecimento localizado em Sobrado inclui apenas o setor de fundição de ferro.

Fabricante e comerciante de equipamentos para as indústrias de padaria e pastelaria, a Felino dispõe ainda serviços de subcontratação nas áreas de fundição, maquinação e montagem de componentes com 80 anos de experiência.

O rigor da Felino S.A. a severas normas de qualidade bem como a durabilidade dos equipamentos são características imprescindíveis para valores de exportação em mais de 15 países por 4 continentes.

3.2.1.1 Organização da Empresa

De acordo com a organização funcional da empresa é esboçado na Figura 3.1 a estrutura hierárquica da empresa de forma simplificada apenas com os intervenientes correspondentes a cada função.



Figura 3.1: Organograma da empresa.

Para maior percepção há uma análise de alguns cargos críticos: os Serviços de apoio, entende-se por todos os serviços prestados pela empresa que sejam transversais, como serviço de compras, serviço de higiene, serviço de segurança e ambiente, serviços administrativos, serviços de informação e entre outros; os Serviços Comerciais, pela estabilização e angariação de máquinas e planos de subcontratação aliado à gestão orçamental neste setor; a Comissão da Qualidade com o principal objetivo de rápida resposta a necessidades de evolução do Sistema Gestão Qualidade (SGQ) tendo em vista uma postura de melhoria continua, com vista a cumprir esta última característica realizando reuniões sempre que algum dos cargos o solicite ou decisões sobre aprovação de Administração por parte do responsável do SGQ; a equipa de Métodos tem uma função importante nas áreas de trabalho de orçamentos, instruções e procedimentos de fabrico e na análise, controlo e redução de custos; o Departamento de Conceção e Desenvolvimento tem o dever da projeção de novos produtos e otimização dos produtos atuais.

3.2.1.2 Processos da Empresa

O diagrama apresentado na Figura 3.2 ilustra os processos críticos da empresa. Tudo se inicia com um acordo entre cliente e empresa em termos de orçamentos e peça técnica ou máquina pretendida e como resultado final a entrega ao cliente do produto solicitado. Na segunda linha representa-se os processos *core* da empresa. Depois de uma primeira reunião com o cliente os serviços comerciais entram em contacto com o setor de produção e métodos para definir prazos para a produção da peça.

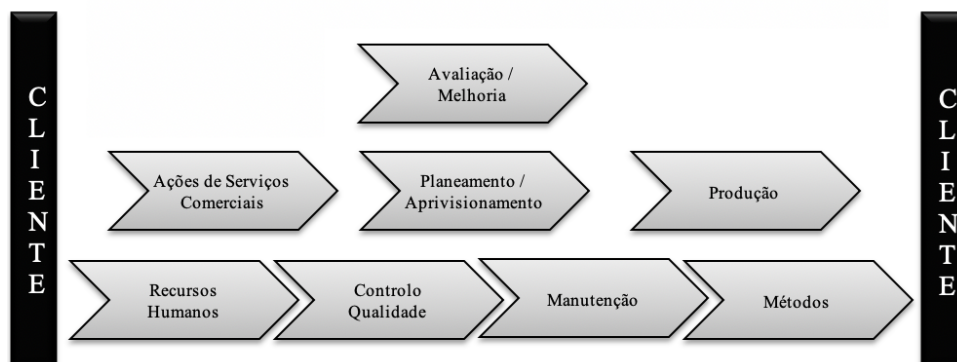


Figura 3.2: Mapa de processos da empresa.

Os processos da terceira linha não estão ordenados sequencialmente, apenas de destacar a sua função de suporte para os processos da segunda linha do diagrama. Estes processos de suporte são de carácter muito importante para a correto fluxo da empresa, sem estes os pedidos nunca chegariam com qualidade ao cliente. Ainda em vista a primeira linha representado pelos processos de gestão, essenciais para a melhoria continua e rigor das peças fabricadas.

3.2.1.3 Organização das Máquinas

A atual disposição das máquinas na Figura 3.3 baseado em perspectivas de layout celular sofreram várias alterações proporcionando uma menor movimentação de materiais, uma fortificação do conceito de grupo e salvaguardando desimpedimentos no percurso para acesso às máquinas pelos encarregados de forma ágil.

Estas ideologias são preponderantes para o correto funcionamento já que há uma diversidade de funcionários em termos de experiência e vários colaboradores responsáveis por mais que uma máquina.

O projeto enquadra-se na zona do setor CNC responsável pela maquinação de peças fundidas e outros materiais.

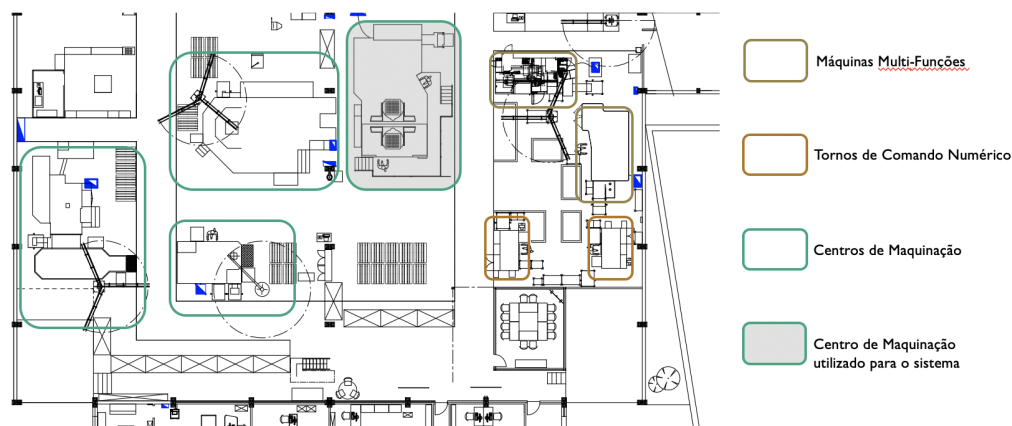


Figura 3.3: Layout setor de cnc.

O uso destas máquinas de comando numérico e centros de maquinação permite a redução das probabilidades de não conformidades nas peças e também diminuição de nível dos stocks. Para além destas máquinas, existem ainda máquinas de ferramenta convencionais. A organização deste sector, conduz à capacidade de maquinação de pequenas e grandes séries, possibilitando uma resposta rápida aos pedidos recebidos dos clientes.

Para apoio deste sector, o laboratório para controlo dimensional para complementar as inspeções efetuadas nos postos de produção, área consultada sempre que existe o controlo de 1ª peça numa ordem de produção.

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.

Na Felino existem três classificações possíveis das 8 máquinas CNC. As capacidades de maquinação abrangem uma alargada gama de dimensões, das quais importa destacar as seguintes: sector torno de comando numérico, sector multi-funções, sector centro de maquinação. A empresa no departamento de qualidade apresenta uma máquina de verificação problemas de qualidade da peça. Todas as funcionalidades destas máquinas podem ser consultadas no Anexo A.

3.2.2 Fluxo de Recolha e Tratamento de Dados

Na Figura 3.4 é observado um esquema básico do modo de funcionamento da Felino para alcançar os valores do OEE.

Nos próximos sub-capítulos foi analisado em detalhe cada processo. Estudo que foi aprofundado para perceber todos os detalhes e como a empresa captava todos os tempos e motivos de perda.

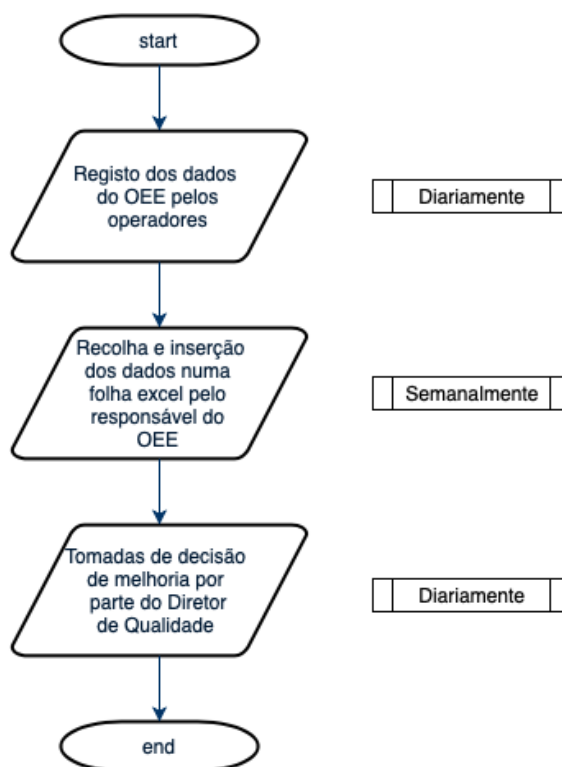


Figura 3.4: Esquema de processo de recolha e tratamento de dados.

Antes da análise e através do esquema pode-se observar uma grande debilidade no processo anterior da empresa. A recolha dos dados é realizada semanalmente impedindo que o diretor de qualidade possa tomar decisões espontâneas a respeito do registo retirado pelos operadores. Mesmo que o diretor de qualidade tenha a disponibilidade diária para tomar essas decisões, essas nunca serão tomadas a partir deste registo do OEE pelos operadores, mas sim por reuniões no chão de fábrica ou só nos momentos de alarme, situações que podiam ser prevenidas.

3.2.2.1 Registo “Lean OEE” - Operador

Para a recolha de dados de perdas de disponibilidade e qualidade existem duas folhas distintas que são preenchidas pelos operadores, a primeira de caráter diário e a segunda de caráter semanal.

O processo começa com a impressão das folhas por parte do responsável do OEE e no início de cada semana são distribuídas por todas as máquinas do centro de maquinaria e dos turnos de comando numérico as folhas de registo referidas anteriormente, sendo o preenchimento destas da responsabilidade dos operadores das máquinas.

Devido ao número de máquinas ser maior que o número de operadores estas anotações são muito pouco rigorosas ou até esquecidas pelo operador. Este tem maior prioridade em colocar em funcionamento as máquinas e o registo das perdas para os seus tempos livres, caso que não acontece muitas vezes, especialmente nas máquinas com um maior número de paletes.

Os SL-4 devido a produzirem geralmente peças de menor calibre tem um tempo de produção muito pequeno, com um operador apenas a alternar entre as máquinas descuidando muitas vezes nas pequenas pausas (caso que também acontecem noutras máquinas). A troca de turnos, a variedade de experiência e as diferentes formas de ver das categorias e problemas registados por parte operadores é outro dos casos para a falta de rigor no registo de tempos de paragem.

Folha de registo de Perdas de Disponibilidade

O indicador OEE é dividido em 3 grossos módulos, na qual este módulo responsável pela disponibilidade, ou seja, pelo cálculo do tempo de funcionamento da máquina, devido ao decremento dos tempos de paragem não planeadas na produção e seleção do motivo de cada uma nas ordens de produção. A folha da Figura 3.5 é constituída pelas categorias de paragem, problemas registados ou outras situações de perda nos quais são inseridos os respetivos tempos de perda de disponibilidade no bloco de horário em que ocorreram em minutos, servindo para futuramente análise dos motivos de paragem e cálculo do indicador.

		LEAN - OEE		Revisto _____ Assin: _____ Data: _____	
		Recolha de dados diária			
Informações gerais					
Mês: _____ Modelo: _____	Operativo Turno 1 Operador Turno 2	Turno: _____ Ano: 2018			
Segunda-feira					
Categoria	Setup (Preparação + 1ª peça) Corte de 1ª Peça Folia de operador Dedicação a outra máquina Manutenção Preventiva Avaria (Man. Curativa) Protótipo Alinhamento da ferramenta Reparação da Ferramenta Falta de máquina prima Falta de instrução de fabrico Deslocações ao armazém (Turno2) Ligar máquina + Referência (turno1) Outras Ocorrências	Idem 05:00 07:00 09:00 09:40 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00 20:00 21:00 22:00 23:00	Código	Problemas verificados: 2 Alteração a ordem de trabalho 3 Desenho trocado ou versão diferente 7 Falta informação na fiche de instruções 8 Falta ferramenta de corte 9 Reparação de ferramenta de CORTE 11 Reparação de ferramenta de POSICIONAMENTO 12 Controlador de qualidade indisponível 15 Ferramenta corte indisponível 16 Falta de acessórios de apoio à montagem 17 Correção de peças de fundição 18 Necessidade de alteração do programa 20 Peça feita pela 1ª vez no posto de trabalho 22 Controlo peça a peça por parte do operador 23 Maquinagem c/ ferramenta de CORTE danificada 24 Dificuldade na montagem de ferramenta de posicionamento sem base 25 Procura de ferramenta de posicionamento/corte 26 Procura de acessórios de apoio à montagem	Nº de vezes
Horas extras					

Figura 3.5: Folha de registo de disponibilidade.

Folha de registo de Produção e Qualidade

Outro módulo importante para o cálculo do OEE é o de qualidade. Neste parâmetro são retiradas às unidades produzidas, as unidades defeituosas e as unidades retrabalhadas na qual por algum motivo como má colocação da peça, desgaste da ferramenta ou mesmo o uso de uma ferramenta imprópria na falta da original causando por vezes estragos. A situação mais recorrente é o operador ajuizar como defeito e depois de análise da conformidade pelo departamento de qualidade arbitra se será retrabalhada, invalidada ou até a inexistência de defeito.

Esta folha da Figura 3.6 está dividida pelos dias da semana e referência das peças acompanhado pela fase da peça anotando apenas fases concluídas, defeituosas e retrabalhadas. A folha é dividida pelos dois grandes turnos diários (6h-15h e 15h-23h30) na qual para além dos dados de defeito de peças são registados os tempos de maquinação de cada peça. Este último registo muitas vezes não é efetuado devido ao fluxo de trabalho ser sobrecarregado para os operadores das máquinas não lembrado dos valores de início e fim de ordem de produção ou não querendo errar nestes valores optam por não escrever.

[illegible]

Figura 3.6: Folha de registo de qualidade.

As folhas são retiradas pelo responsável do OEE no final de uma semana e por isso esta discrepância de tempo entre o registo dos operadores e a visualização pelo responsável impede a tomada de decisão em tempo real.

peça, cliente e postos de trabalho a operar. Esta ficha pretende expor essas ideias estando organizado por peça referência, cliente e fase para o registo de quantidades de peças produzidas em cada turno do dia no decorrer das semanas 46, 47, 48 do ano. Importantes quantidades para cálculo do tempo de funcionamento.

[illegible]

Figura 3.8: Ficheiro excel “tempoproduçãoteórico”.

O tempo de produção teórico, mais corretamente tempo de ciclo ideal necessário para produzir uma peça é muito das vezes uma mera aproximação da realidade. Pelo facto de serem fornecidos pelos operadores no caso de protótipo, isto é, peças fabricadas pela primeira vez, a informação errada pois é de difícil percepção para os operadores o tempo nas condições ideais sem perdas. Noutras vezes é a equipa de métodos que assume o cargo de estimar o valor, por meio do orçamento e contrato vincado com o cliente. O tempo de funcionamento é imprescindível para o cálculo do módulo velocidade.

Como dito anteriormente, é colocado num ficheiro excel principal toda a informação, com base em dois documentos auxiliares expostos previamente e a informação dos registos dos operadores.

|--|

Figura 3.9: Ficheiro excel “oedata”.

Na figura apresentada visualiza-se o registo pelo responsável para cálculo do OEE final de um período de um mês de Novembro de 2018 dividido pelos dois turnos diários. Esta folha representa a semana 46, 47, 48 do ano referido com algumas conclusões a retirar depois da análise como:

- Registo errado do OEE final com valores acima dos 100% ou imprecisões.
- Valores aproximados dados pelos operadores dos tempos de paragem.
- Erros no registo na folha de registo de Perdas de Disponibilidade, na folha de registo de Produção e Qualidade e nos ficheiros excel.
- Resultados não credíveis para análise e ações de melhoria.
- Duplicação de registos.
- Trabalho repetitivo e cansativo, por causa das várias folhas para cada máquina (no total de 6 por máquina)
- Valores aproximados dados pelos os operadores e equipa de métodos do tempo de funcionamento de uma peça, em situações ideais.

Com isto, podemos concluir uma capacidade de imprecisão elevada e o tempo destes registos até finalização e envio do relatório de atividade é demorada, na qual compromete as decisões de melhoria pelo gabinete de qualidade ou produção, de forma oportuna e em tempo real.

3.3 Resumo e Conclusões

Tendo em vista o problema proposto e depois de uma análise atenta do projeto solicitado, pretende-se que as principais características do sistema a desenvolver seja a sua facilidade de operação para os operadores e outros que interagem do setor da produção. A compreensão por parte dos operadores e associados da espontaneidade desta solução para aspectos de tomadas de ações corretas tem um impacto importante para o incentivo, motivação e continuação de um bom trabalho no setor de produção.

A gestão do desempenho assenta em indicadores estatísticos e atua sobre o modelo do processo e a gestão operacional atua ao nível das ocorrências individuais do processo. Seguindo a gestão de desempenho e sendo o OEE um indicador estatístico alinhado com os objetivos de negócio, pretende-se que a interface para monitorização deste indicador recorra a fixação de metas e avaliação de resultados alcançados, para o objetivo final na decisão sobre as melhorias a introduzir no modelo do processo, em função dos resultados.

Deste modo, o processo adotado pela Felino anterior a este projeto, tem muitos problemas na fiabilidade dos resultados devido aos erros humanos na replicação de trabalho, a incertezas dos tempos e variabilidade na interpretação dos motivos de paragem por parte dos operadores. De modo a contornar esta situação e retirando trabalho ao operador para a realização atempada de outras tarefas pretende-se uma interface a atuar em tempo real, com a mudança súbita dos valores do indicador. Assim, os operadores e supervisores terão a percepção dos acontecimentos que afetaram a ordem produção com o decaimento da percentagem do OEE. Por causa destes acontecimentos e para uma supervisão a qualquer instante a interface terá ainda registo de histórico para que não haja dúvidas nas tomadas de decisões. Além desta recolha e tratamento de dados permanente ativa, o sistema liberta outros funcionários que teriam a responsabilidade de anotar os dados nos ficheiros excel.

Assim conclui-se que a opção de construção desta interface é viável e essencial para a melhoria contínua do desempenho operacional e para o crescimento económico sustentado, pois eliminará problemas recorrentes na produção.

Capítulo 4

Metodologia

4.1 Requisitos e Design

O levantamento dos requisitos do sistema na Tabela 4.1 foi um dos primeiros passos a ser realizado para que as funcionalidades e características do sistema satisfaçam as necessidades do cliente. No ponto de vista de trabalho a ser desenvolvido é extremamente importante a organização e foco nos principais objetivos para o cumprimento de todos os requisitos internos ao sistema a ser aplicado. A análise de requisitos envolve necessidades impostas pelo cliente e contabilizam um conjunto de requisitos para que o produto desenvolvido cumpra com o objetivo final.

Tabela 4.1: Necessidades da empresa.

Necessidades do Cliente
Interface intuitiva e simples
Medição rigorosa de tempos de paragem
Inserção de motivos de paragem
Inserção de quantidades retrabalhadas e defeituosas
Cálculo Overall Equipment Effectiveness
Comunicação aplicação Web e equipamento CNC

Para análise e planeamento é necessário dividir estes em requisitos funcionais expressos na Tabela 4.2 e requisitos não funcionais expressos na Tabela 4.3, com intuito de separar as tarefas ou ações que o sistema tem de realizar, das ideias de performance e design que este tem de suportar. O entendimento claro e desobstruído de uma análise de requisitos deve ter atenção a:

- Funções: O que sistema tem de fazer.
- Performance: O quão bem as funções devem ser executadas.
- Interface: Ambiente no qual o sistema será executado.

Tabela 4.2: Requisitos funcionais.

Requisitos Funcionais
Leitura de sinais do equipamento CNC
Aquisição dos tempos de paragem
Aquisição do <i>setup</i> (início e fim)
Identificação da ordem de produção
Quantidade total de peças a produzir
Aquisição dos motivos de paragem
Incremento de unidades produzidas
Cálculo do OEE

Tabela 4.3: Requisitos não funcionais.

Requisitos Não Funcionais
Troca de “pages” inferior a 2 segundos
Capacidade de intuição da plataforma Web
Atualização de dados a cada evento (mudança de estado)

Funcionalidades divididas em dois subsistemas de aquisição de sinais e processamento de dados, perspectiva-se uma solução do ponto vista de cliente, de fácil usabilidade e instalado num tablet ao lado direito do ecrã de cada máquina CNC. O tablet é disponibilizado pela empresa Felino.

Acrescenta-se aos requisitos anteriormente explicitados, os requisitos que o operador terá de realizar de forma a impedir que quaisquer informações operacionais sejam camufladas, isto é, que os operadores encubram de alguma forma, informações importantes no ciclo de produção e afetem a veracidade das informações retiradas. A Tabela 4.4 expõe os casos das operações inevitáveis para o operador ou outro encarregado.

Tabela 4.4: Requisitos para operador.

Requisitos para Operador
Escolha do motivo de paragem
Incremento de unidades retrabalhadas ou defeituosas
Especificar referência e nº de peças corretas da ordem de produção

É necessário que o produto desenvolvido garanta uma excelente revisão dos dados pela capacidade de processamento automático e informações sobre a performance dos equipamentos, permitindo assim uma melhor identificação de oportunidades de melhoria com tomadas de decisão assertivas e a muito curto prazo.

O aumento do indicador OEE pressupõe uma maior produção muitas vezes sem investimento para novas capacidades de fabrico. Este método fornece uma visão das atividades em tempo real que ocorrem no chão de fábrica, para um controlo antecipado e preventivo de problemas que afetam os processos de produção.

4.2 Modelo do Sistema

Neste projeto foi utilizado o STB para ligação dos sinais da torre luminosa, representando o funcionamento ou paragem da máquina e o sinal atuador M30, indicado no display da máquina CNC, correspondendo à sinalização do final do programa. O final do programa corresponde à finalização de produção de uma peça.

Posteriormente, a transmissão foi realizada via rede Ethernet (protocolo Modbus TCP) para a aplicação Web compatível para tablet, a inserir ao lado direito do display da máquina.

Dividida em três camadas a aplicação Web:

- Primeira responsável pelo lado do cliente, ou seja, aplicação no tablet para os operadores e gestores.
- Segunda camada responsável por gerar conteúdo de forma dinâmica, camada referente ao servidor de aplicação Web.
- Terceira camada responsável pelo armazenamento de toda a informação gerada pelo sistema relativa à ordem de produção e cálculo OEE armazenada numa base de dados. O servidor Web trata do processamento de dados gerados na base de dados.

De modo representativo foi esboçado na Figura 4.1 os principais fatores à vista de cliente.



Figura 4.1: Representação geral do modelo do sistema.

O objetivo final da realização deste sistema de recolha e tratamento de dados para monitorização do OEE tem como estratégia definida a diminuição da carga de trabalho por parte dos intervenientes que interagem na produção, direta ou indiretamente, e originar outras tarefas que gerem maior valor acrescentado.

A construção da interface para o operador, com capacidade imediata e automática, apenas necessário referir motivos de perdas nas ordens de produção aquando estados de paragem da máquina. Além desta funcionalidade de registo preciso e relevante de informação dos tempos de paragem e registo das perdas pelos operadores, a capacidade de supervisão pelos gestores de empresa em tempo real do OEE de forma apelativa, com rigor e ilustrativa para tomadas de decisão corretas e efetivas. Por sua vez, foi acrescentado funcionalidades auxiliares de históricos

de paragem ao longo do dia, percepção do estado da ordem de produção em termos de unidades fabricadas e diversos critérios de apresentação do indicador de desempenho OEE para monitorização de resultados da empresa. Todas estas funcionalidades são apoiadas por informações sólidas e fidedignas podendo decidir-se ações de melhoria. Como exemplo, a captação das principais razões da máquina a ficar parada, através da redução dos tempos de resposta dos supervisores apoiados por ferramentas *Lean* que solucionam problemas observados durante a produção.

A aplicação dos méritos de gestão de processos para conhecimentos de processos críticos, identificação das responsabilidades, procedimentos a otimizar e ações a tomar, para o funcionamento em melhoria contínua são medidas inovadoras presentes na Felino e que este projeto pretende englobar.

Em suma, o STB tem a funcionalidade de aquisição e conversão dos sinais de tensão para o protocolo específico (Modbus TCP) através de pedidos de leitura das entradas digitais por meio de uma função de comando e porta específica, a demonstrar em tópicos à frente. A aplicação Web é responsável pelo processamento desta informação para cálculo do OEE, históricos e inspecionar ordens de produção.

4.3 Sistema Desenvolvido

A concretização do projeto envolve aspectos com maior relevância na formação da página Web do que na parte técnica de aquisição de dados. Os requisitos a cumprir se aproximam das funcionalidades da aplicação Web de scripts de manipulação, queries e triggers a interagir com a base de dados quando a ocorrência de um evento. Isto complementa para situações: de inserção de dados relativos ao registro e *login* do utilizador, de inserção de novas ordens de produção, da atualização de dados do OEE e atualização da ordem de produção. O evento pode ser proporcionado pela operação do utilizador na interface ou apenas por um sinal lido pelo equipamento e em consequência lido pela aplicação. O seguinte fluxograma da Figura 4.2 representa o funcionamento das diferentes etapas da aplicação para o utilizador da Felino.

De notar, que outro aspecto importante e crítico na formação desta aplicação Web é a sua interação com o equipamento STB para leitura correta e atempada das suas entradas digitais. A utilização do STB foi adquirida na FEUP com propósito de não existir gastos por parte da Felino no desenrolamento do projeto.

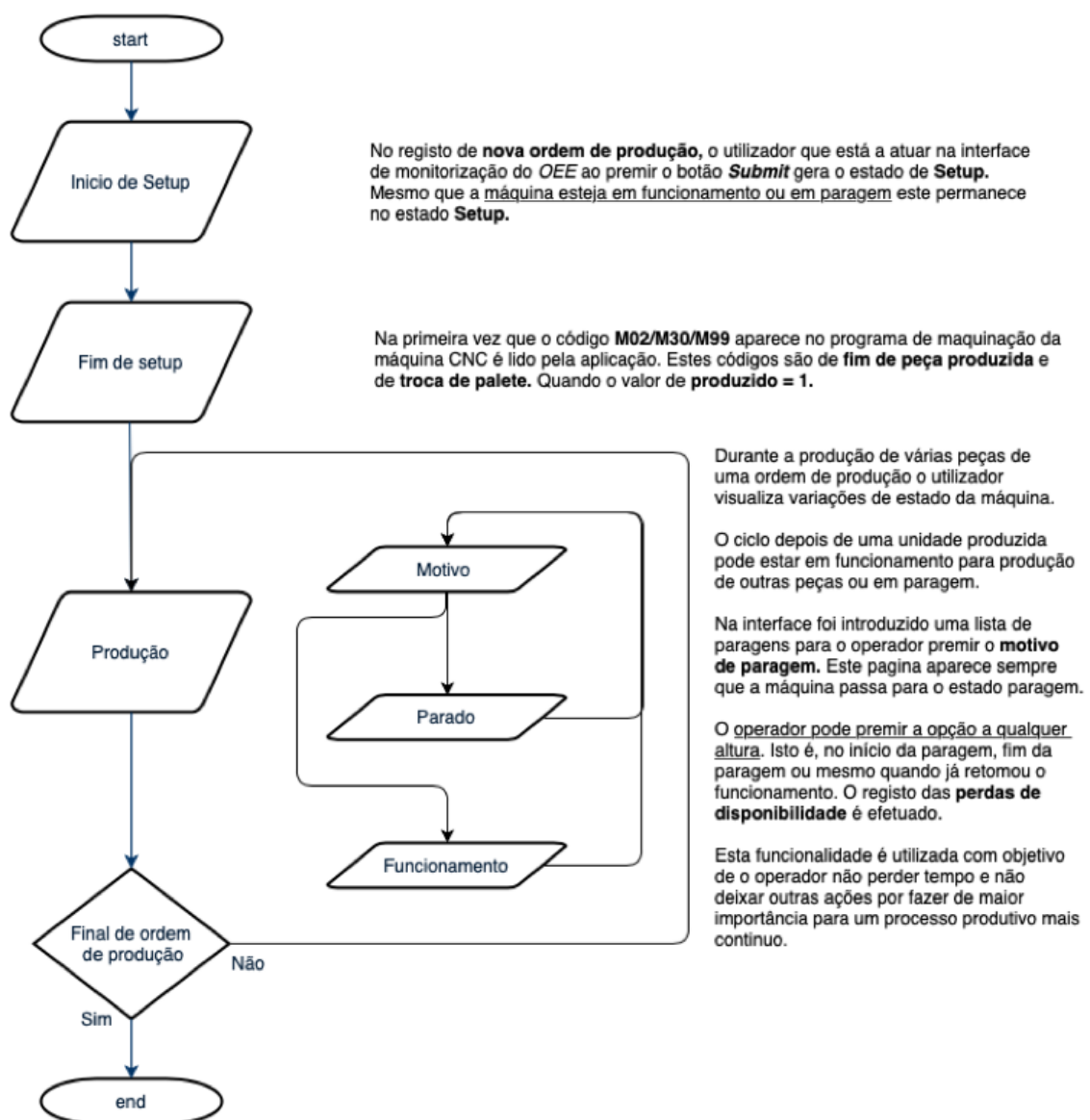


Figura 4.2: Fluxograma para interpretação da interface.

Para complementar a contextualização efetuada e com vista a especificar as funcionalidades e ramificações técnicas do sistema foi efetuado uma divisória em dois subsistemas, o primeiro de aquisição de dados e o segundo de processamento de dados a abordar nos próximos módulos.

4.3.1 Subsistema de Aquisição de Dados

Neste subsistema o seu alvo de análise foi a escolha dos sinais a retirar das máquinas CNC, as ligações ao equipamento RTU, que converte os sinais da máquina para posteriormente leitura dos sinais pela aplicação Web e os métodos computacionais utilizados.

4.3.1.1 Análise e Seleção dos Sinais do Equipamento CNC

Depois de uma longa análise de todos os sinais que a aplicação Web necessita, denota-se que os sinais precisos são os que correspondem ao estado da máquina. A máquina pode ser parada de variadas formas como se regista no Anexo B.1.

Deste modo observa-se na Figura 4.3 que tais paragens são devidas a uma ação do operador para esse efeito ou por blocos do programa da máquina a ordenar paragem do equipamento. Para todos estes sinais existe um LED no display da máquina que mostra se está ativo ou não.

Ainda deve ser prestado atenção à concorrência de sinais. Sempre que um sinal de paragem é emitido seja *feed hold*, *program end*, avaria ou outro sinal de paragem, o sinal *cycle start* é forçado a zero. Isto pressupõe que o estado de funcionamento seja quebrado.

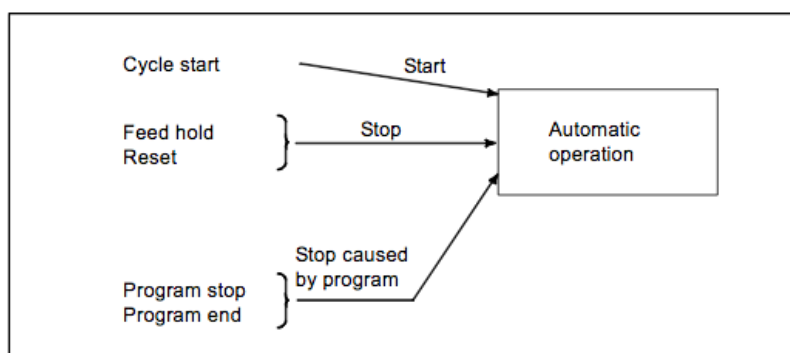


Figura 4.3: Máquina cnc - iniciar e parar.

Com a supervisão executada no chão de fábrica da empresa, apercebe-se que os operadores apenas utilizam o botão *feed hold* para parar a máquina devido a alguma perda de disponibilidade e retomando com o desligar do botão *feed hold* e com o ligar do botão *cycle start* para continuação da produção da peça.

As paragens são muito inconstantes e de tempos diversificados. Para isso, foi tomado em conta na aplicação desenvolvida que o registo das pequenas paragens não fosse descartado, e assim tornar o cálculo do indicador de desempenho o mais preciso possível.

Depois da análise criteriosa, observa-se na Figura 4.4 os sinais lidos e incorporados no sistema. O sinal luminoso, integrado à parte em todas as máquinas do setor CNC que visa identificar o estado da máquina. Este sinal é avistado através de uma torre luminosa que identifica o estado do *cycle start*. O sinal ATC HP, indicado no display da máquina corresponde ao sinal M30 do final do programa para produção de uma peça.

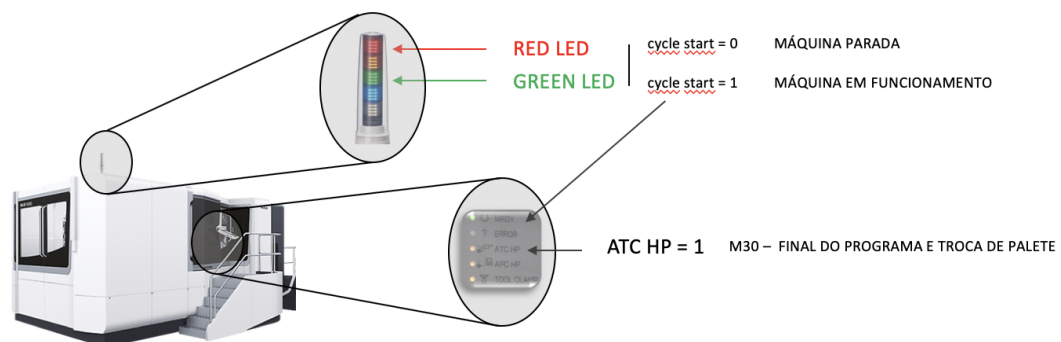


Figura 4.4: Sinais lidos pelo sistema.

4.3.1.2 Comunicação com STB

Descrição e Funcionalidade do STB

Advantys STBNIP2212 da Schneider Electric foi o RTU escolhido, uma vez que cumpria os requisitos necessários para leitura dos sinais de 24 V registados no ambiente Felino. Visto que se encontrava várias unidades disponíveis no Departamento de Engenharia Eletrotécnica da FEUP, este foi o escolhido para a realização de testes no desenvolvimento do projeto. Este equipamento pode ser visualizado na Figura 4.5 construído de forma modular por módulo de alimentação próprio, por um módulo de controlo e por módulos de cartas I/O (entradas e saídas) na qual foi introduzido os cabos dos sinais a ler da máquina [21]. O primeiro módulo do equipamento é responsável pelo envio dos pedidos da aplicação por *Ethernet* configurada para serviços Modbus TCP/IP. As principais especificações deste modelo podem ser consultadas no Anexo C.1 e Anexo C.2.

A configuração das ilhas foi relativamente simples, apenas necessário o campo de registo do IP do equipamento, 193.168.113.171 e posteriormente escolha da porta, 5391. Inicialmente, foi testado a comunicação do equipamento através do software modbus Poll e de seguida a comunicação da aplicação Web através de uma biblioteca *phpmodbus*.

Apesar de com este RTU ser possível controlar atuadores da máquina CNC, na solução implementada apenas foi necessária a funcionalidade de monitorização do equipamento. O método de comunicação utilizado baseia-se na leitura de variáveis do tipo *signed* por parte deste equipamento.

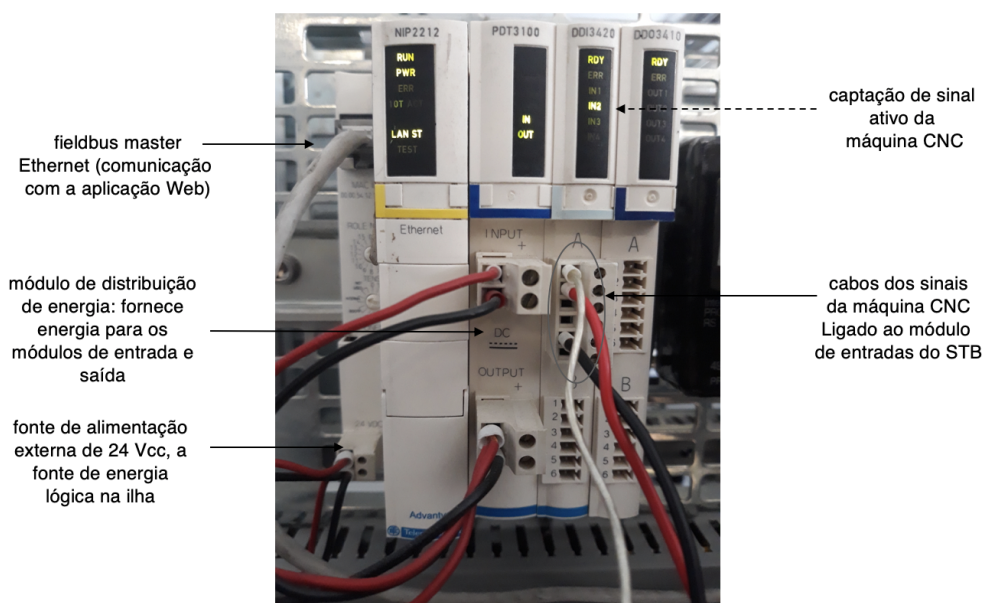


Figura 4.5: Esquema de comunicação ao stb.

Implementação do Protocolo Modbus TCP com PHP

A leitura das variáveis do equipamento RTU - STBNIP2212 foi retirado através do comando *Read Multiple Registers*, função mestre 03 Modbus implementada. Esta função é constituída como se observa na Figura 4.6 por id do dispositivo, referência de memória para leitura dos dados e quantidade de dados a serem lidos, respetivamente [22].

```
function fc3($unitId, $reference, $quantity){
    return $this->readMultipleRegisters($unitId, $reference, $quantity);
}
```

Figura 4.6: Constituição dos parâmetros da função.

Para a fazer o pedido de leitura pela aplicação primeiro é obrigatório a correta criação do *socket* específico para o protocolo TCP, de seguida ligar o *socket* a uma porta local especifica do cliente e em seguida a realização da conexão. Tudo isto foi corretamente implementado como pode ser observado no Capítulo 5, bem como o pedido do cliente para leitura das entradas e correta a receção do pedido. A Figura 4.7 demonstra o diagrama de sequência de interação da aplicação Web e STB. Este pedido é efetuado quando o *browser* da aplicação está ativo [23].

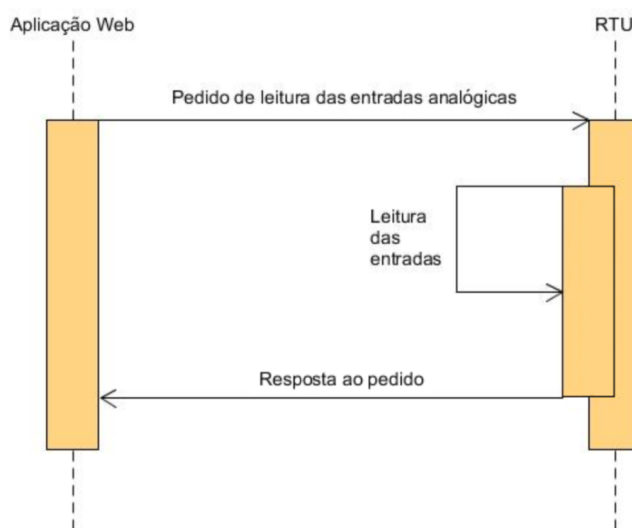


Figura 4.7: Pedido de leitura do cliente.

4.3.2 Subsistema de Processamento de Dados

Neste subsistema foi analisado a tipologia escolhida para a construção da aplicação de modo a tornar acessível a reutilização do código. As funcionalidades da aplicação e o modelo de classes essenciais para a correta estruturação e lógica do sistema também são asseguradas neste subsistema de processamento de dados.

4.3.2.1 Princípio de Funcionamento

Como já referenciado no modelo do sistema é implementado uma aplicação Web desenvolvida em php e jquery subdividida em vários patamares destinada à comunicação com o banco de dados relacionais a pedidos do utilizador (operadores ou supervisores) por meio da interface implementada e por conseguinte captação de sinais pelo sistema. A construção da aplicação foi dividida em três camadas de modo similar ao padrão de arquitetura MVC. A camada de apresentação contendo o html do ficheiro e para isso criada uma pasta *template*. A camada de lógica de negócio que gerencia o armazenamento, manipulação de dados através de mudanças de estado, para esse efeito criada a pasta *actions*. E a terceira camada responsável pelo serviço de base de dados recorrendo PostgreSQL, para interpretação das ações de entrada a pedidos do lado do cliente e envio dessas ações para modo a efetuar as operações. Para cumprir a funcionalidade desta camada foi criada uma pasta *database*. O acesso à área pessoal é efetuado através da ferramenta SAMBA que é disponibilizado pelo servidor *gnomo.fe.up.pt* dedicado para o desenvolvimento de aplicações por estudantes da FEUP. Para integração futura na empresa seria necessário a troca para o servidor local ou outro com o mesmo efeito.

4.3.2.2 Organização das Pastas

No desenvolvimento deste projeto optou-se pela organização do website através de um esquema de navegação de forma a representar todas as páginas da aplicação Web. Seguido de uma construção de scripts de ação para agilizar a interação entre páginas e a apresentação html e css para retirar ideias em termos estéticos. Para isso, procedeu-se a construção do *mockup* da aplicação para clarificar a experiência do utilizador nas páginas da interface e rever as suas boas qualidades estéticas e intuitivas para cumprimento dos objetivos.

Com o uso e reaproveitamento do modelo de navegação e *mockup* formalizou-se a organização de pastas das páginas web referido na Figura 4.8, seguindo o mesmo plano identificativo das operações a efetuar em cada página.

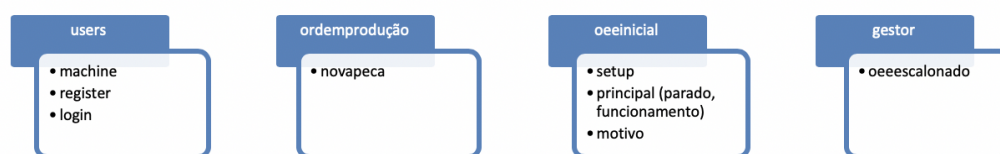


Figura 4.8: Modelo de *pages* do sistema.

De notar, que as pastas *actions* são as responsáveis pela atualização de dados e classes quando necessário. Estas são constituídas por três ficheiros de elevada importância: *GET*, *UPDATE*, *REFRESH*. O ficheiro *GET* tem a característica de recolher os dados da máquina e atualizar os estados consoante os dados que recebe. Ao ficheiro *UPDATE* é entregue a função de atualizar os parâmetros: produzido, o acabar de uma a ordem de produção ou a existência de paragens e posteriormente atualização da base de dados. O ficheiro *REFRESH* com uma atualização constante de 12,5 segundos através do Javascript.

Todos estes ficheiros evidenciados anteriormente presentes na *actions* são chamados pelo Javascript e servem exatamente para fazer a atualização das páginas sem existir qualquer *refresh* de página.

4.3.2.3 Tecnologias Computacionais

Todo este trabalho foi conseguido e aprimorado com uso de ferramentas a nível estético e também a nível de performance da aplicação.

A utilização de bootstrap teve relevância para o projeto em toda a construção de grelhas já padronizadas. A correta utilização desta em barras de navegação e outros recursos de CSS é imprescindível. Como aplicação desenvolvida é para um formato de tablet (1024*600) esta ferramenta trouxe mais vantagens devido à sua aptidão para qualquer formato de página, isto é, a criação de forma responsiva.

A *framework* jQuery é importante para todos os programadores que pretendem facilitar as funcionalidades de Javascript. Esta ferramenta presente na linguagem de programação *frontend*

funciona como um impulso e uma simplificação para todas as funções. Além dessa vantagem a jQuery consegue transformar a atualização de dados sem nenhum manuseamento do utilizador.

4.3.2.4 Funcionalidades gerais da interface do sistema

Para uma compreensão séria das funções a executar em cada página da aplicação decide-se esboçar na Figura 4.9 os casos de uso para perceber as interações homem-máquina, especificando as operações tanto dos operadores como dos gestores ou supervisores da empresa. Como é de esperar há ações que podem ser executadas por ambos os intervenientes e outras de acesso restrito. Estas últimas, pretendem enaltecer as capacidades da interface com medidas para comparação do OEE dos vários turnos, alguns registos das maiores perdas, para com maior facilidade tomar medidas assertivas e um melhor supervisionamento do processo de fabrico.

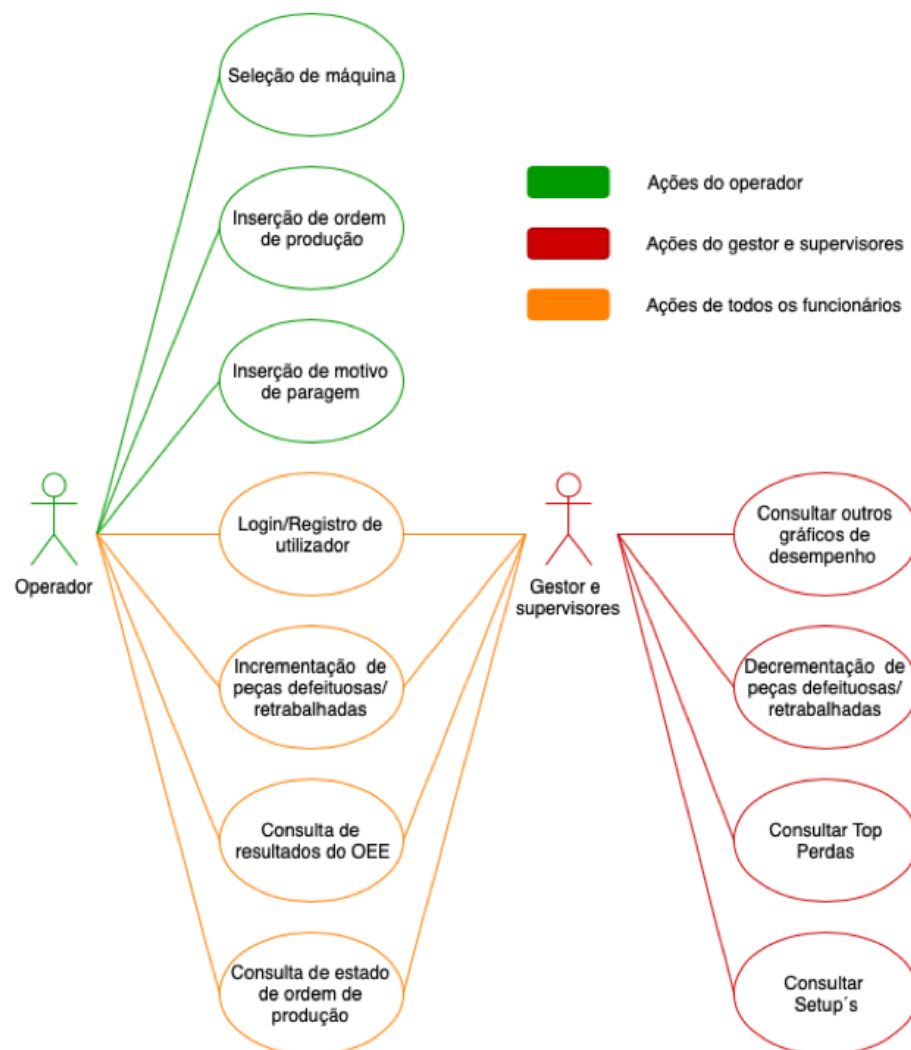


Figura 4.9: Casos de uso da aplicação homem-máquina.

4.3.2.5 Diagrama de Classes

Na Figura 4.10 foi esboçado as classes do sistema e desta forma, foi criado um histórico de informação relativo ao equipamento em questão, que permite o cálculo do indicador desejado. Este modelo é elaborado para que o sistema consiga corresponder a todas as funcionalidades, de forma autónoma com o correto armazenamento de toda informação gerada pela aplicação.

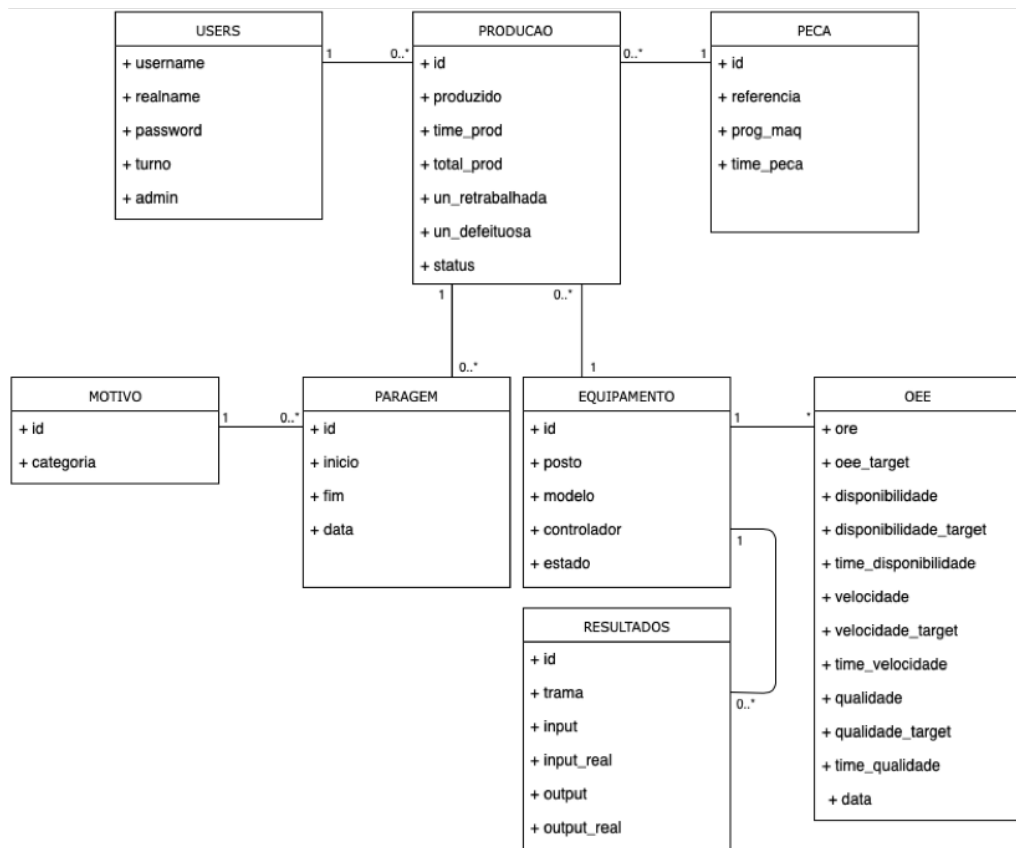


Figura 4.10: Diagrama de classes da aplicação.

4.3.2.6 Scripts de manipulação de páginas e acesso a base de dados

O acesso à base de dados para registos de paragens, atualizações de estados e registos de ordem de produção é realizado através de linguagem de manipulação de dados *Structured Query Language* (SQL) como se evidencia alguns casos na Figura 4.11, Figura 4.12 e Figura 4.13.

A Figura 4.11 representa a inserção na base de dados de nova ordem de produção. Primeiro esta função pesquisa se o id da peça já existe, no caso de não existir é inserido o novo id da peça, id do equipamento e número de peças a produzir. O *status* é igual a 2, pois este número é indicatório de entrada em *setup* da produção.

A Figura 4.12 expõe o tratamento do indicador qualidade do OEE.

```

function createNovaOrdem($referencia,$total_produzir)
{
    global $conn_pdo;

    $id_pecas = getIdPecaByRef($referencia);

    $id Equipamento = getIdMachineByModel($_SESSION['maquina']);

    if(!$id_pecas){
        $id_pecas = addPeca($referencia);
    }

    if(is_numeric($id_pecas)) {
        $query = "INSERT INTO producao (id_pecas,id Equipamento,total_prod,status)
                VALUES ('$id_pecas','$id Equipamento','$total_produzir',2)";
        $result = $conn_pdo->query( $query);

        if (!$result) {
            return array('result' => false, 'message' => "Erro de acesso à base de dados.\n");
        } else {
            $id_prod = $conn_pdo->lastInsertId();

            insertProdUser($_SESSION['username'],$id_prod);
            updateStatusEquip($id Equipamento,2);

            return array('result' => true, 'data'=>array('id'=>$id_prod,'total_prod'=>$total_produzir,
            'id_pecas'=>$id_pecas), 'message' => "Item de produção inserido com sucesso.");
        }
    }else
        return array('result' => false, 'message' => "Artigo errado.\n");
}

```

Figura 4.11: Função de criação de nova ordem de produção.

```

function getQualidadeData($id_maquina,$id_prod=null){
    global $conn_pdo;
    $query = "SELECT * FROM producao WHERE id Equipamento='$id_maquina' AND id = '$id_prod'";

    $result = $conn_pdo->query($query);
    $data = $result->fetchAll();
    foreach ($data as $item){
        $id = $item['id'];
        $id_pecas = $item['id_pecas'];
        $un_retrabalhada = $item['un_retrabalhada'];
        $un_defeituosa = $item['un_defeituosa'];
        $produzido = $item['produzido'];
        $time_prod = $item['time_prod'];
        $data_inicio = $item['data_inicio'];
        $data_fim = $item['data_fim'];

        return array('un_retrabalhada'=>$un_retrabalhada,'un_defeituosa'=>$un_defeituosa,
        'produzido'=>$produzido);
    }
}

function qualidade($id_maquina,$id_prod=null){

    $data = getQualidadeData($id_maquina,$id_prod);
    if($data['produzido']>0) {
        $qual = 1-(($data['un_retrabalhada']+$data['un_defeituosa']) / $data['produzido']);
        return $qual;
    }else
        return false;
}

```

Figura 4.12: Funções de recolha e cálculo do indicador qualidade.

A primeira função faz o levantamento dos dados da produção corrente e envia os dados necessários para o cálculo e a segunda apenas faz o cálculo do indicador através da formula ??.

Já na Figura 4.13 encontra-se exposto algumas funções de atualização de dados no decorrer da produção de peças.

```
function updateStopReason($id,$reason){
    if(!is_numeric($id)) return false;
    global $conn_pdo;
    $query = "UPDATE paragem SET id_motivo = ' ".$reason." ' WHERE id = '$id'";
    $result = $conn_pdo->query($query);
    return $result;
}

function updateStatusEquip($id,$status_id){
    global $conn_pdo;

    $status = getStatusProd($status_id);

    $query = "UPDATE equipamento SET estado = '$status' WHERE id = '$id'";
    $result = $conn_pdo->query($query);
    return $result;
}

function updateProdFinish($prod_id){
    global $conn_pdo;

    $prod = getProd($prod_id);
    $data_inicio = date('Y-m-d H:i:s',strtotime($prod['data_inicio']));
    $now = date('Y-m-d H:i:s');

    $datetime1 = new DateTime($data_inicio);//start time
    $datetime2 = new DateTime($now);//end time
    $interval = $datetime1->diff($datetime2);
    $time_diff = $interval->format('%H:%i:%s');

    $query = "UPDATE producao SET time_prod='$time_diff', data_fim = '$now' WHERE id = '$prod_id'";
    return $result = $conn_pdo->query($query);
}
```

Figura 4.13: Funções de registos de manipulação de dados.

4.3.3 Manual Operador

Inicialmente foi criado uma página *Users*, ou outra denominação *standard* página *home*, para *login* do utilizador. Funcionalidades expressa na Figura 4.14. Se este não tiver registado antes, terá de o fazer antes do login e só de seguida efetuar o login como num processo normal de outra conta website.

O registo do utilizador e máquina servirá para identificar o operador responsável pela máquina, identificar da máquina e à posteriori para comparação dos resultados do OEE por operador ou turno. A realização destes procedimentos pretende-se que seja efetuado pelos operadores no início de cada turno correspondente. Pode ser observado os turnos da Felino na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Turnos da empresa

Turno 1	6h - 15h	Turno 2	8h - 17h	Turno 3	15h - 23h30
----------------	----------	----------------	----------	----------------	-------------

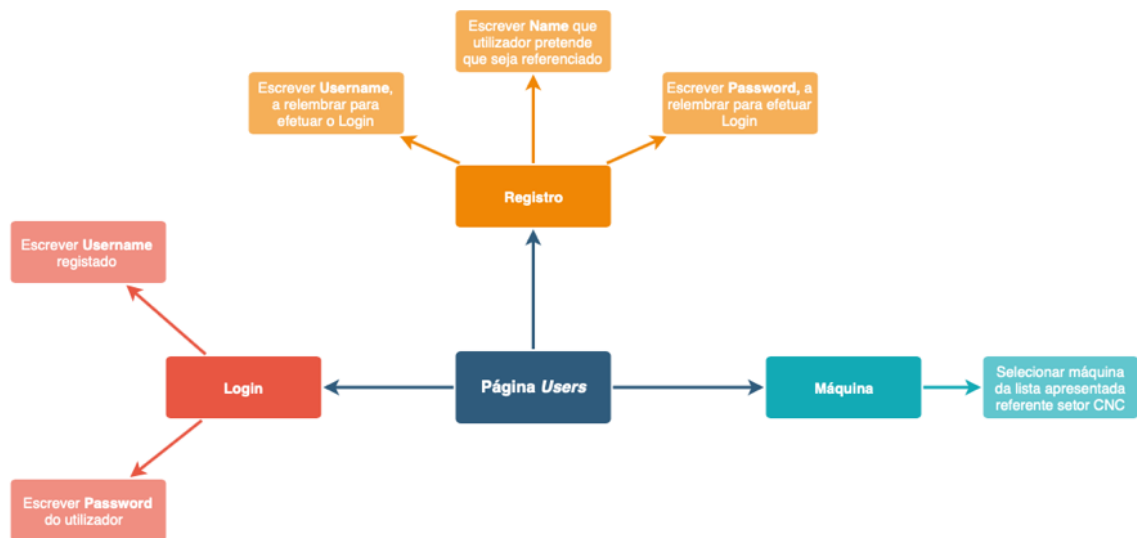


Figura 4.14: Esquema de conta de utilizador.

Para o correto *login* do utilizador é necessário o preenchimento de todos os campos evidenciados na Figura 4.15.

Figura 4.15: Página users da interface.

De seguida, é solicitado o registo na página da Ordem Produção com as operações presentes na Figura 4.16. O gabinete de produção é o encarregado para o agendamento atempado das fichas de ordem de produção e depósito destas numa prateleira especificado por máquina. O operador depois do levantamento da ficha com uma nova ordem pode inserir os dados.

Como no caso anterior, é necessário que todos os campos, referência e nº de peças a produzir



Figura 4.16: Esquema de nova ordem de produção.

sejam preenchidos. A visualização da página de inserção de nova ordem de produção é representada na Figura 4.17.

O botão *Submit* tem um papel importantíssimo além de gerar uma nova ordem de produção também inicia o *setup* do equipamento. Por isso, o operador deve premir este botão quando começa a fazer a preparação da peça. Ainda a reforçar, que através de uma tabela auxiliar na base de dados é possível interromper uma ordem de produção e começar com outra, sem perda dos dados da anterior. Apenas necessário realizar a submissão da nova ordem de produção e permissão do botão de confirmação da interrupção. O recomeço da ordem interrompida pode ser efetuado a qualquer momento, apenas com botão de confirmação de continuação da ordem ou o começar de uma nova com a mesma referência pois pode ser um novo pedido de cliente.

Figura 4.17: Página ordem produção da interface.

Na página principal do sistema, denominada OEE Inicial tem a utilidade de demonstrar de uma forma precisa os resultados do OEE como visa a Figura 4.19. A acrescentar a este ponto recorre-se de forma apelativa ao uso de cores identificativas do valor percentual de cumprimento dos indicadores OEE, disponibilidade, velocidade e qualidade.

No *header* desta página temos a opção para o logout da conta para troca de utilizador. A máquina e o operador também são campos apresentados no *header*.

No acompanhamento da ordem de produção e principalmente no tempo de preparação da primeira peça o operador tem em sua posse uma ficha de instruções de fabrico para perceber

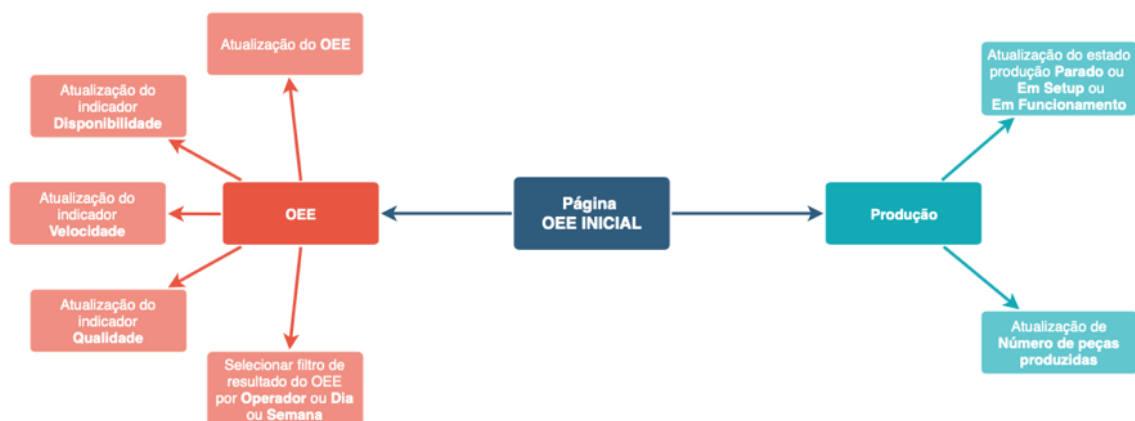


Figura 4.18: Esquema de atualização de dados do oee e produção.

alguns detalhes de ferramentas, calibrações e posicionamento das peças a utilizar. Esta ficha tem um caráter importante e futuramente seria aconselhado a sua integração na aplicação.

Assim esta página é encadeada pela captação dos sinais de estado da máquina e constante atualização de valores referidos. O fim do *setup* é registado sempre que o sinal M30 é captado pela primeira vez depois da inserção da nova ordem de produção. Isto é, o nº de peças produzidas tomar o valor 1.

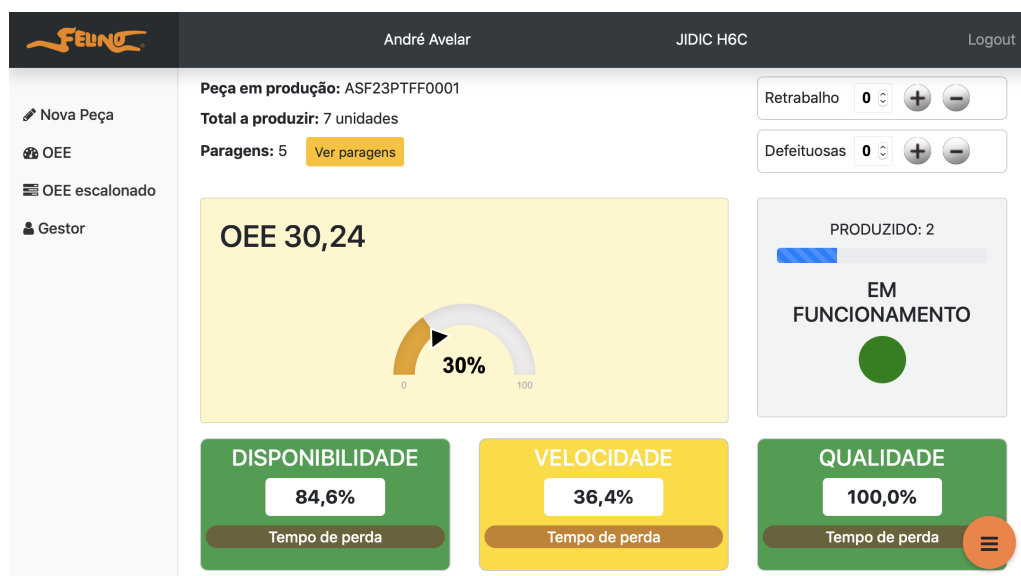


Figura 4.19: Página oee inicial da interface.

O gráfico gauge em tempo real do indicador global de desempenho OEE para aviso aos operadores e associados do quão perto estão de atingir novos níveis. A mudança de cor segue o padrão da Tabela 4.6. O operador para além do registo em tempo real dos indicadores também pode ser visualizado a ordem de produção em atividade. Esta é uma vantagem pois permite saber o estado da máquina, o decorrer das unidades produzidas e o número de paragens da ordem de produção.

Tabela 4.6: Níveis para alteração dos indicadores.

Cores	Níveis
Vermelho	$0 < x < 25$
Amarelo	$25 < x < 50$
Verde	$50 < x < 100$

A nível de ações, nesta página central, a efetuar pelo operador ou supervisores das peças que são fabricadas é dividido pelas perdas de qualidade e perdas de disponibilidade.

No que diz respeito às perdas de qualidade é possível incrementar peças retrabalhadas e defeituosas. A opção de decrementar também é exposta pois pode surgir situações de falha humana.

Para as perdas de disponibilidade há duas formas de escolher o seu motivo. A ideal expressa na Figura 4.20 na qual é pedido que selecione um motivo de uma lista de categorias de paragem e posteriormente guarde a alteração. De forma similar na Figura 4.21 através do botão "Ver paragens", presente na página principal do sistema, pode selecionar o motivo de várias paragens que anteriormente não foram selecionadas enquanto a máquina esteve parada.

A interface 'Máquina parada' apresenta o título 'Máquina parada' com um ícone de fechar. Abaixo, indica a data e hora de parada: 'Parou em: 2019-07-23 22:07:36'. Segue-se o campo 'Motivo da paragem:' com uma lista suspensa que atualmente mostra 'Avaria'. No canto inferior direito, há um botão azul 'Guardar alterações'.

Figura 4.20: Página box máquina parada da interface.

A interface 'Paragens' tem o título 'Paragens' e um ícone de fechar. Um aviso no topo diz: 'Caso esta página não indique o mesmo número de paragens por favor [clique aqui para atualizar a lista](#)'. Abaixo, há uma tabela com as seguintes colunas: '#', 'Parou em', 'Resolvido em' e 'Motivo'. A tabela contém três linhas de dados, cada uma com um campo de seleção de motivo. No canto inferior direito, há os botões 'Fechar' e 'Guardar alterações'.

#	Parou em	Resolvido em	Motivo
3	2019-07-23 22:02:12		Selecionar um motivo
2	2019-07-23 22:00:12	2019-07-23 22:00:42	Selecionar um motivo
1	2019-07-23 21:58:04	2019-07-23 21:59:42	Selecionar um motivo

Figura 4.21: Página box paragens da interface.

Capítulo 5

Ações de Melhoria e Resultados

Em contexto empresarial o *kaizen* consiste na busca contínua de eliminação de desperdício e redução de custos com foco nas necessidades do cliente. Este é composto por um conjunto de ferramentas (5S, SMED, TPM) que promovem a participação e interatividade entre todos os elementos envolvidos numa organização.

Com isso no âmbito do projeto, o foco foi sempre aplicação de melhorias para que erros na produção e imprevistos recorrentes na Felino deixassem de acontecer.

A metodologia 5S é um dos resultados que trouxe melhoria no fluxo da empresa. Aliado a esta metodologia, a opção da construção de interface para aumento do visual e rigor da empresa, a formalização de uma ficha de ferramentas para perceber as ferramentas em utilização em cada máquina, a opção de visualização das perdas mais abundantes para reforçar as técnicas de manutenção e a opção de visualização em várias perspectivas das imagens de ficha de instruções de fabrico foram algumas das melhorias implementadas no decorrer do projeto.

5.1 Aplicação da Metodologia 5S

Nos breves meses de projeto a metodologia de 5S foi aplicado nos dois estabelecimentos da Felino de modo a otimizar e desobstruir o fluxo tanto de informação como de pessoas. Na Figura 5.1 demonstra-se a vista geral da empresa de Sobrado antes (do lado esquerdo) e depois (do lado direito) da ação de 5S.



Figura 5.1: Ação 5s empresa sobrado - vista geral.

No setor de soldagem na empresa de Ermesinde observado na Figura 5.2 também foi efetuado uma ação de 5S. A participação de várias pessoas de diferentes setores teve um grande impacto, pois desta forma foi possível dar o conhecimento, a todos que intervieram, do impacto que a triagem, arrumação, limpeza e uniformização têm para funções futuras.



Figura 5.2: Ação 5s empresa ermesinde - vista geral.

A Figura 5.3 é um dos exemplos de como a utilização desta metodologia é um sucesso nas indústrias. Os resultados foram implementados com sucesso, pois estas ações tornaram o ambiente mais aberto no setor facilitando a passagem de pessoas e trouxe uma maior capacidade de identificação das peças e utilização destas. Todos estes processos efetuados só trazem melhorias se existir um esforço por parte colaboradores em manter limpo as suas bancas e o seu local de trabalho de modo a aumentar a disciplina.

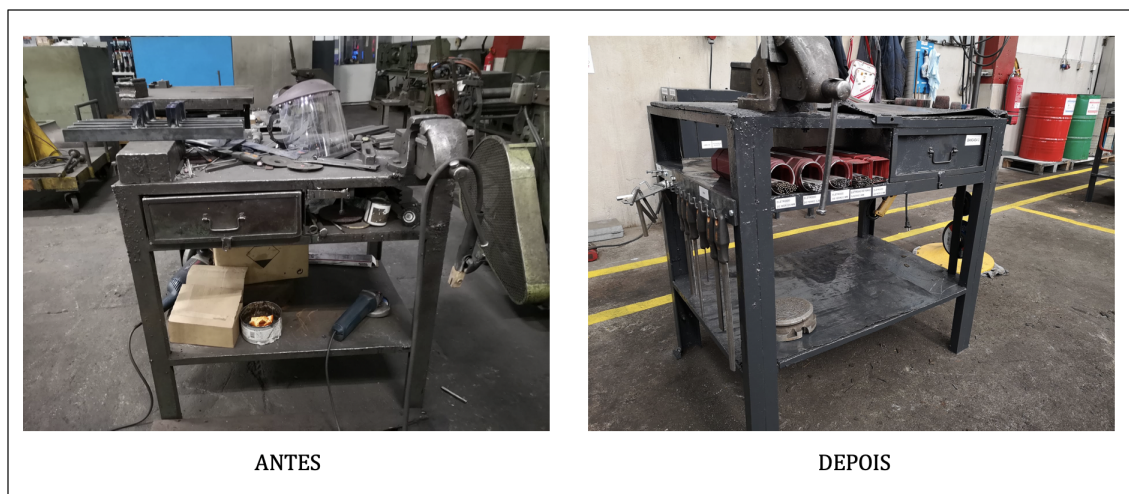


Figura 5.3: Ação 5s empresa ermesinde - vista detalhada.

5.2 Camada de Aplicação

Como objetivo principal da empresa e da realização desta interface foi o rigor dos tempos retirados pela aplicação. Este teste foi cumprido à regra. Na interface sempre que haja um *refresh* tanto a partir de ações do operador ou dos sinais captados, a página é totalmente e automaticamente atualizada com novos registos ou novas funcionalidades a realizar. Na Tabela 5.1 permite ver os resultados várias produções em curso no dia 22/07/2019. Repara-se que nesta tabela não foi evidenciado o id equipamento, unidades retrabalhadas, unidades defeituosas e id da produção embora também pertençam a este conjunto de colunas da tabela produção.

Tabela 5.1: Resultados da tabela produção

Id.peca	Produzido	TimeProd	TotalProd	DataInicio	DataFim
30	10	00:38:06	10	11:42:48	12:20:54
39	23	00:30:55	23	19:42:44	20:13:39
42	1	<i>NULL</i>	12	21:12:37	<i>NULL</i>

Os resultados mostram que os tempos de produção variam muito com o tipo de peça a fabricar. A última linha refere-se a uma ordem de produção que foi interrompida e daí não ser possível calcular o seu *TimeProd* - Tempo de produção de todas as peças de uma ordem de produção .

No caso seguinte da Tabela 5.2 foi demonstrado a anotação do *TimePeca* - Tempo teórico de produção da 1ª peça. Este tempo é registado a partir do *setup* de uma ordem de produção e serve para o cálculo do indicador velocidade.

Um dos resultados mais importantes a reter na construção da interface e de erros anteriores por parte da Felino foi o cálculo de tempo de produção teórico. Este tempo tem um carisma importante pois através deste devia ser possível prever o tempo em situações ideais de produção, e posteriormente, estabelecer as metas através deste tempo. Este tempo foi calculado em situações

Tabela 5.2: Resultados da tabela peca

Id	Referência	ProgMq	TimePeca
30	SPEC11	NULL	00:04:46
39	da	NULL	00:03:43
42	asf33da32pt	NULL	00:01:08

não ideais demonstrando posteriormente erros no cálculo do OEE. As situações para cálculo do tempo são: na fabricação da peça pela primeira vez, ou seja, em protótipo, na qual é efetuado a contagem do tempo total que a peça demorou a ficar produzida ao invés de registrar apenas os tempos reais de produção desta; ou calculado no *setup* da peça na qual surge o mesmo erro. A interface ficou debilitada em raras situações pelo mesmo caso como se pode evidenciar na Figura 5.4.

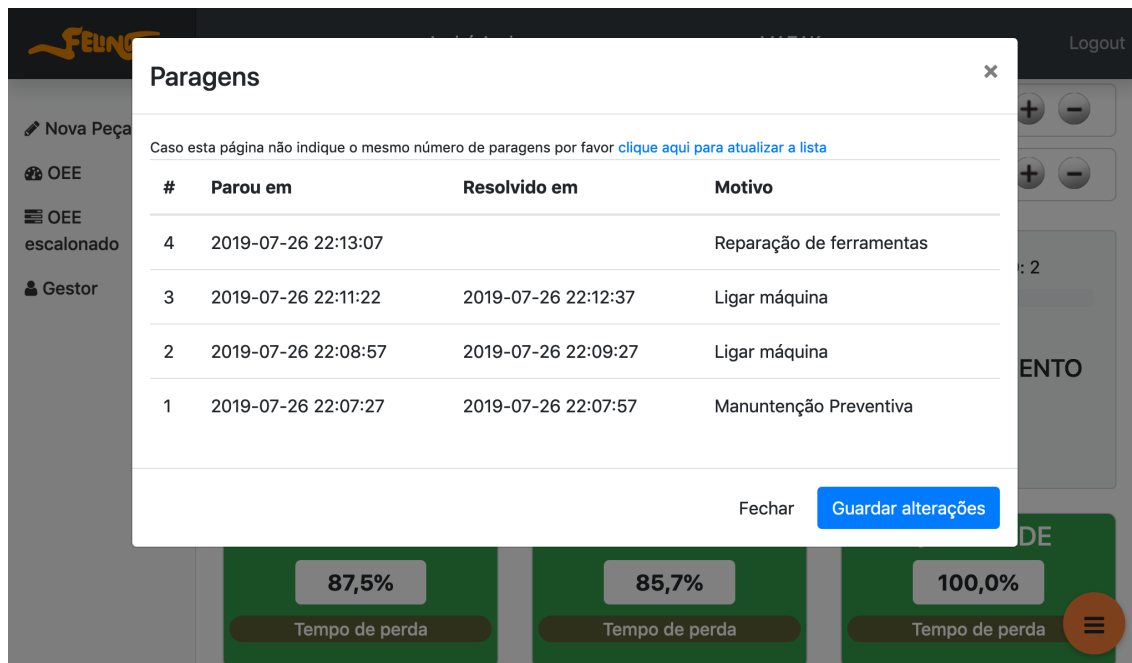


Figura 5.4: Erro em cálculo da velocidade.

O resultado da velocidade pode ser corrigido se trocarmos o tempo de ciclo ideal que precisamos por um tempo muito mais próximo do que o tempo total de *setup*. Para isso existe uma solução que não foi completa. O tempo de peça seria registrado apenas através do tempo ativo de produção sem paragens da 2ª peça. Embora seria possível escolher este tempo na produção da 1ª peça, o tempo não seria o máximo aproximado do *Ideal Cycle Time* - Tempo de ciclo ideal pois no *setup* é realizada várias calibrações e ajustes retirando algum tempo de atividade para estas mesmas ações.

Todos os tempos de paragens são registrados através de aplicação. Esta é uma vantagem enorme para o rigor do cálculo do OEE quando comparado com a solução anterior da Felino. Para esse

efeito na Figura 5.5 foi exposto vários testes de modo a contabilizar as paragens e definir os motivos desta, de forma a futuramente serem analisadas e corrigidas pelos supervisores e responsáveis na produção.



Paragens

Caso esta página não indique o mesmo número de paragens por favor [clique aqui para atualizar a lista](#)

#	Parou em	Resolvido em	Motivo
4	2019-07-26 22:13:07		Reparação de ferramentas
3	2019-07-26 22:11:22	2019-07-26 22:12:37	Ligar máquina
2	2019-07-26 22:08:57	2019-07-26 22:09:27	Ligar máquina
1	2019-07-26 22:07:27	2019-07-26 22:07:57	Manutenção Preventiva

Fechar Guardar alterações

87,5% 85,7% 100,0%

Tempo de perda Tempo de perda Tempo de perda

Figura 5.5: Registo de paragens.

Os resultados da aplicação para o indicador OEE retirados no dia, são consequência do rigor dos tempos de paragem e produção registados. Verifica-se que o indicador de qualidade não é afetado quando comparado com os valores da empresa já que este depende apenas das peças invalidadas, mas no indicador disponibilidade é detetado uma grande discrepância.

5.3 Camada de Comunicação

Modbus Poll é um simulador mestre Modbus para ajudar os programadores de dispositivos escravos a testar e simular o protocolo Modbus. O serviço Modbus pode monitorizar vários escravos ao mesmo tempo daí a sua relevância nos tempos atuais, tornando-se um modo de comunicação simples e seguro. Neste dispositivo apenas é necessário associar o ID do escravo, a função que pretendemos testar no equipamento, o endereço, o tamanho e *timeout* de resposta. Como o objetivo do projeto é ler as entradas do equipamento RTU, que contém os sinais do equipamento CNC, utilizou-se para esse efeito a função 03 - *Read Multiple Registers*. Apesar de com o IP: 192.168.113.171, quando instalado na FEUP, e utilização da porta 502 já ser suficiente para identificação do escravo, o protocolo Modbus associa sempre um ID apenas de carácter extra de identificação do escravo neste caso.

Parâmetros utilizados para a simulação da Figura 5.6.

- ID: 1.
- Endereço: 5391.
- Quantidade: 1.

	Alias	05390
0		
1		1
2		0
3		0
4		0
5		0
6		0
7		
8		
9		

Figura 5.6: Simulação modbus poll.

Nesta simulação o tamanho foi limitado a 1 pois para validação apenas é necessário visualizar a correta leitura na imagem presente acima visualiza-se o correto registo dos dois sinais. Posteriormente, o tamanho foi modificado para 6 para interpretação dos dados pela aplicação Web.

Os dados de registo da mensagem de resposta são compactados no formato *array*. Como é visível na Figura 5.7 é testada a comunicação da aplicação Web com o equipamento STB NIP2212 de modo a ler as entradas deste equipamento. Foi apresentada na tela do *browser* a constituição da variável *\$recData* que possui os parâmetros recolhidos do equipamento.

Deste modo, é visível que todos os testes de comunicação se realizaram com sucesso, tanto na aquisição dos sinais da máquina CNC, como no correto registo pela aplicação Web destes valores. Este teste seria critico para o correto funcionamento uma vez que optou-se por declarar a *\$recData* e definir um posição para cada sinal lido.

- *\$estado* = *\$recData*[3];
- *\$pecaend* = *\$recData*[7];

A variável *\$estado* é de tipo binário, com valor 0 quando o estado da máquina é "parado" e valor 1 quando o estado da máquina é "em funcionamento". Este valor além do seu carácter identificativo do estado de produção da máquina é importante para registo do tempo inicial e final de todas as paragens e o tempo inicial e final de cada ordem de produção.

```
require_once dirname(__FILE__) . '/../Phpmodbus/ModbusMaster.php';

// Create Modbus object
$modbus = new ModbusMaster("192.168.113.171", "TCP");

try {
    // FC 3
    $recData = $modbus->readMultipleRegisters(1, 5391, 6);
}
catch (Exception $e) {
    // Print error information if any
    echo $modbus;
    echo $e;
    exit;
}

echo "</br>Data: $i</br>";
print_r($recData);
echo "</br>";
```

Figura 5.7: Receção de dados a partir *read multiple registers*.

A variável *\$pecaend* é de tipo binário. Sempre que a variável toma o valor igual a 1 significa o final de produção de uma peça. Assim, pode ser atualizado as unidades produzidas com incremento de uma unidade sempre que este sinal estiver ativo.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalhos Futuros

6.1 Conclusões

Ao longo do desenvolvimento do projeto foi possível perceber as debilidades que acontecem todos os dias no ambiente de empresa. O método, disciplina e conversação de todos os acontecimentos na linha de produção e outros postos de trabalho é de extrema importância para que nada de inesperado aconteça.

No final desta dissertação foi construída uma interface automática de monitorização do OEE e do estado da produção. Com recurso a plataforma Web cedeu-se uma a desmaterialização enorme de recursos humanos e materiais. Tal sistema criado potenciou o planeamento de manutenção e ações de melhoria pois com esta solução permitiu a obtenção de taxas de falhas recorrentes na produção. De notar que o acompanhamento da produção é muito mais explícito e torna-se possível o acompanhamento de cada ordem de produção percebendo as causas que levariam a incorreções futuras nas peças.

O acesso dos dados é imediato, adicionando ainda um requisito de possível consulta da ficha de fabrico da peça na interface que ajudaram a cumprir os objetivos principais na formalização do sistema. No decorrer do projeto apenas foi integrado o sistema para uma máquina, mas a sua integração nas outras máquinas é possível através da duplicação material fornecido pela FEUP ou através da compra de outros equipamentos similares ao utilizado no projeto, mas menos dispendiosos e atuais.

As principais características do sistema são o seu modelo apelativo de cores para fácil deteção dos estados do sistema. A construção do gráfico do OEE central tem intuito de criar nos operadores uma vontade de alcançar metas em níveis superiores e para isso apressar as suas ações quando o equipamento CNC está parado. A fácil utilização deste equipamento com ações simples foi um critério alcançado, testado em várias ordens de produção embora não testado por vários operadores de modo a recolher outras perspetivas que seriam interessantes para integração no sistema.

Para concluir ajuíza-se como uma excelente plataforma de modo a compreender vários erros na linha de produção em tempo real podendo ser complementada com vários registos do indicador de modo a entender as diferenças entre turnos ou mesmo entre máquinas. Tais capacidades seguem

os fundamentos *Lean* e uma mentalidade certa para uma solução apelativa e com simplicidade de movimentos.

6.2 Trabalhos Futuros

Na aplicação Web criada deverá ser implementada novas funcionalidades para fora do chão de fábrica, isto é, para administradores da empresa e associados. Nessa perspetiva, a utilização do indicador OEE noutros formatos descritos por mês, semana e operador. Ainda associado a este indicador poderá ser feito um campo de pesquisa para visualizar o OEE por tipo de peça (código que está presente em letras da referência da peça). A acrescentar a interface, através de um diagrama de pareto a ilustração da percentagem de perdas de disponibilidade mais abundantes, seria assim facilmente perceptível.

Evidentemente, quanto à disposição do tablet com a plataforma Web e instalação do equipamento para leitura dos dois sinais deverá ser alargada a todas as máquinas do setor CNC por duas razões principais: a motivação de todos os colaboradores em sintonia, retirando situações de desvantagem e confrontos perante outros; e a qualidade e monitorização efetiva em todos os postos de trabalho para conhecimento geral de todos os problemas.

Tendo em vista o foco principal da dissertação realizada ser a melhoria contínua. A aplicação de um painel central (*Andon*) para controlo global de todas as máquinas é uma das próximas apostas que a Felino tem a apostar. Para isso foi desenvolvido um modelo protótipo que pode servir de aplicação futura em representação na Figura 6.1 com correta disposição das máquinas CNC.

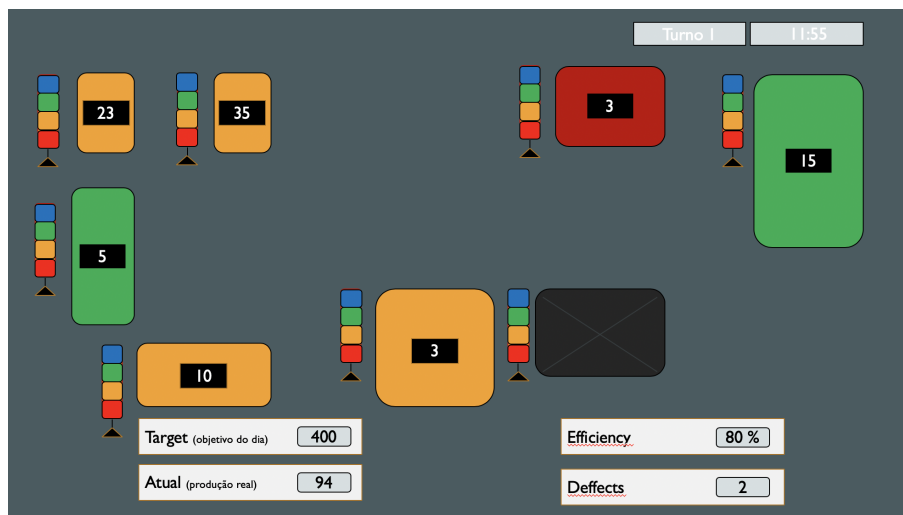


Figura 6.1: Modelo *andon*.

Este modelo pretende através dos semáforos saber o estado da máquina se está em avaria, parada, em funcionamento, ou sem ordens de produção entregues à máquina. O número de peças produzidas em cada máquina e a cor desta a referenciar o estado do OEE, ou noutra preferência a

referenciar o número produzido está próximo do *target* da máquina. Ainda é bom realçar aspetos gerais de *target*, produção atual, OEE, defeitos e hora, para de uma forma simples retirar boas conclusões do todo o processo de produção.

Anexo A

Anexos

Especificação das máquinas estudadas na empresa Felino:

Setor torno de comando numérico

TOCN1 SL-4

Máquina constituída com controlador FANUC 10TE-F, apenas com 1 palete (peça colocada na máquina uma por uma) e funcionalidades apenas em 2 eixos. Estas máquinas bastante antigas são limitadas pela capacidade de armazenamento de programas de maquinação, na capacidade de extração dos sinais destas e pela capacidade de ATC de 10 ferramentas.

TOCN2 SL-4

Máquina em tudo similar à referida em cima, apenas com controlador FANUC 10TE-FS. São máquinas antigas(1980), como tal, um pouco limitadas ao nível de capacidade de armazenamento de programas de maquinação e da comunicação com a máquina para efeitos de extração de informação.

Setor multi-funções

Centro Multi-tarefas OKUMA MULTUS B400W

Máquina equipada com controlador OSP P200LA, apenas com 1 palete e a versatilidade da maquinação é garantida através do eixo B que tem um curso de -30 a 195, existem ainda os eixos X, Y e Z e os eixos de rotação e translação da segunda bucha. Características mais tecnológicas e eficientes quando comparado com os tornos de comando numérico e juntando ainda as características de cabeça de fresagem giratória, bucha principal, bucha secundária e ATC de 80 ferramentas. Permite tornear peças até um diâmetro máximo de 710mm, com uma distância entre pontos de 1500mm.

Centro Multi-tarefas OKUMA MULTUS U3000

Máquina equipada com controlador OSP P300S-H com as mesmas características principais da OKUMA em cima referenciada e são máquinas mais recentes e bastante mais versáteis do que os TOCN. Permite tornear peças até um diâmetro máximo de 650mm, com uma distância entre pontos de 1500mm. A versatilidade da maquinagem é garantida através do eixo B que tem um curso de -30 a 210.

Setor centro de maquinação

Centro de Maquinação MAZAK FH4800

Centro de Maquinação com controlador MAZATROL 640M, equipado com 2 paletes de 400*400mm, perdas associadas a troca de peça são maioritariamente das vezes eliminadas. Cursor máximo de eixos: X = 560mm, Y = 610mm e Z = 710mm, ferramentas de tamanho ISO 40 e carrossel de 40 ferramentas. Esta máquina em específico foi a menos prioritária devido a informação deste não ser de carácter Open Source.

Centro de Maquinação MITSUI SEIKI H6C JIDIC

Máquina equipada com controlador FANUC 11M-Model F, sendo esta a máquina mais antiga na empresa com funcionamento de 2 paletes com 800*800mm, importante na particularidade associada à troca de peça pois este tempo pode ser eliminado e permite maquinar peças com dimensões nos eixos: X = 1300mm, Y = 1000mm e Z = 850mm, com ferramentas de tamanho ISO 50 e carrossel de 60 ferramentas.

Centro de Maquinação MITSUI SEIKI HT4A

Máquina equipada com controlador FANUC 15M-Model B, equipado com 10 paletes de 500*500mm, permite maquinar peças com dimensões nos eixos: X = 720mm, Y = 600mm e Z = 700mm, com ferramentas ISO 40, ATC de 120 ferramentas e carrossel com 10 paletes. Outra das mais antigas localizada nos centros de maquinação.

Centro de Maquinação DMG MORI NHX 10 000

Máquina equipada com controlador FANUC 31i-Model A, está equipado com 2 paletes de 1000*1000mm e permite-nos maquinar peças com dimensões nos eixos: X = 1700mm, Y = 1400mm e Z = 1510mm, com ferramentas tamanho ISO 50 e carrossel de 60 ferramentas. O equipamento mais recente adquirido pela Felino na qual seria possível a aquisição de sinais por Modbus TCP, posteriormente invalidado este processo devido à não compatibilidade com as outras máquinas.

Máquina de medição de qualidade

Máquina de Medição por coordenadas 3D Zeiss Contura G2

Máquina de estrutura-ponte de cerâmica sintética e réguas de vidro ZEISS de alta resolução, funcionamento manual motorizado. Dimensões de 1000*1200*600mm. Esta a mais tecnologicamente evoluída para verificação de problema de qualidade da peça com uma incerteza de 0,6 m, cabeça giratória RDS-CAA e sensor VAST XXT TL3 de scanning até 150 pontos/s. Cabeça de apalpação giratória automática RDS-C-CAA com 20 736 posições distintas e capacidade para trabalhar diretamente com todas as suas posições com uma só calibração automática de 12 ângulos distintos. Permite troca automática de apalpadores e seu software CALYPSO, que lhe confere alta performance na programação de planos de medição.

Anexo B

Anexos

- Program stop (M00)

Memory operation is stopped after a block containing M00 is executed. When the program is stopped, all existing modal information remains unchanged as in single block operation. The memory operation can be restarted by pressing the cycle start button. Operation may vary depending on the machine tool builder. Refer to the manual supplied by the machine tool builder.

- Optional stop (M01)

Similarly to M00, memory operation is stopped after a block containing M01 is executed. This code is only effective when the Optional Stop switch on the machine operator's panel is set to ON. Operation may vary depending on the machine tool builder. Refer to the manual supplied by the machine tool builder.

- Program end (M02, M30)

When M02 or M30 (specified at the end of the main program) is read, memory operation is terminated and the reset state is entered.

In some machines, M30 returns control to the top of the program. For details, refer to the manual supplied by the machine tool builder.

- Feed hold

When Feed Hold button on the operator's panel is pressed during memory operation, the tool decelerates to a stop at a time.

- Reset

Automatic operation can be stopped and the system can be made to the reset state by using  key on the MDI panel or external reset signal. When reset operation is applied to the system during a tool moving status, the motion is slowed down then stops.

- Optional block skip

When the optional block skip switch on the machine operator's panel is turned on, blocks containing a slash (/) are ignored.

- Cycle start for the multi-path control

For the multi-path control, a cycle start switch is provided for each path. This allows the operator to activate a single paths to operate them at the same time in memory operation or MDI operation. In general, select the path to be operated with the path selection switch on the machine operator's panel and then press the cycle start button to activate the selected path. (The procedure may vary with the machine tool builder. Refer to the appropriate manual issued by the machine tool builder.)

Figura B.1: Estudo dos sinais dos equipamentos cnc.

Anexo C

Anexos

Environment

Electromagnetic compatibility	Immunity to electromagnetic interference conforming to IEC 61131-2
Product certifications	ATEX Cat 3G CSA C-Tick FM Class 1 Division 2 UL
Pollution degree	2 conforming to IEC 60664-1
Operating altitude	<= 6561.68 ft (2000 m)
IP degree of protection	IP20 conforming to EN 61131-2 class 1
Ambient air temperature for operation	-13...158 °F (-25...70 °C) with derating factor 32...140 °F (0...60 °C) without derating
Ambient air temperature for storage	-40...185 °F (-40...85 °C)
Relative humidity	95 % at 140 °F (60 °C) without condensation
Vibration resistance	5 gn (f = 58...150 Hz) on 35 x 15 mm symmetrical DIN rail 3 gn (f = 58...150 Hz) on 35 x 7.5 mm symmetrical DIN rail +/-0.35 mm (f = 10...58 Hz)
Shock resistance	30 gn for 11 ms conforming to IEC 88 reference 2-27

Ordering and shipping details

Category	18215 - ADVANTYS STB I/O
Discount Schedule	PC32
GTIN	00785901509448
Nbr. of units in pkg.	1
Package weight(Lbs)	0.39
Product availability	Stock - Normally stocked in distribution facility
Returnability	Y
Country of origin	FR

Figura C.1: Características página 2 - stbnip2212 [4].

Product data sheet

Characteristics

STBNIP2212

standard Network Interface Module STB - Ethernet - 10 Mbit/s

Product availability: Stock - Normally stocked in distribution facility



Main

Commercial Status	Commercialised
Range of product	Modicon STB distributed I/O solution
Product or component type	Standard Network Interface Module
Concept	Transparent Ready
Port Ethernet	10BASE-T
Number of segments	1 primary, maximum 6 extensions
Number of devices per segment	0...256
Transmission rate	10 Mbit/s for bus length of 0...3280.84 ft (0...1000 m) with ConneXium cabling system 10 Mbit/s for bus length of 0...328.08 ft (0...100 m) according to 802.3 standard 10 Mbit/s for bus length of >= 9842.52 ft (3000 m) with fiber optic connection
Structure type	Industrial LAN

Complementary

Number of addressable I/O module	0...32 per island
Communication service	BootP/DHCP protocol Embedded web (configuration, diagnostics and access to variable) Modbus TCP/IP messaging SNMP agent
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Power supply type	SELV
Supply current	>= 700 mA
Supply voltage limits	19.2...30 V
Input current	430 mA for supply circuit
Nominal output current	0.575 A (140...158 °F (60...70 °C)) 1.2 A
Output voltage	5.25 V DC (tolerance: +/- 0.21 %) for logic bus
Marking	CE
Overvoltage category	II
Status LED	1 LED yellow for test mode 1 LED red for module error (ERR) 1 LED green for power supply (PWR) 1 LED green for island state (RUN) 1 LED green for 10T 1 LED green for status
Depth	2.76 in (70 mm)
Height	1.57 in (40 mm)
Width	5.05 in (128.3 mm)
Product weight	0.29 lb(US) (0.13 kg)

Figura C.2: Características página 1 - stbnip2212.

Referências

- [1] Jeffrey K. Liker e James M. Morgan. The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 2006. doi:10.5465/amp.2006.20591002.
- [2] Quality-one, international discover the value. URL: <https://quality-one.com/5s/>.
- [3] Protocol Model, Modbus On Tcp, I P Application, Data Unit, Mbap Header, Modbus Functions, Codes Description, Functional Description, Modbus Component, Architecture Model, T C P Connection Management, Modbus Modes, e Server. Modbus Messaging on Tcp / Ip Implementation Guide. páginas 2–14, 2004.
- [4] Port Ethernet, Standard Network, Interface Module, e Transparent Ready. STBNIP2212 standard Network Interface Module STB -. páginas 1–3, 2019.
- [5] Anil S. Badiger e R. Gandhinathan. A proposal: evaluation of OEE and impact of six big losses on equipment earning capacity. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 2008. doi:10.1504/ijpmb.2008.017962.
- [6] Andy Swales. Open Modbus / Tcp Specification. (March):1–26, 1999.
- [7] Jorge Luis García-Alcaraz, Aidé Aracely Maldonado-Macías, e Guillermo Cortes-Robles. *Lean manufacturing in the developing world: Methodology, case studies and trends from Latin America*. 2014. doi:10.1007/978-3-319-04951-9.
- [8] Michael McClellan. *Applying Manufacturing Execution Systems*. 2018. doi:10.4324/9781498714891.
- [9] Annalisa L Weigel. A Book Review : Lean Thinking by Womack and Jones. *Review Literature And Arts Of The Americas*, 2000.
- [10] Christer Karlsson e Pär Åhlström. Technological level and product development cycle time. *Journal of Product Innovation Management*, 1999. doi:10.1016/S0737-6782(98)00066-6.
- [11] Alberto Bayo-Moriones, Alejandro Bello-Pintado, e Javier Merino Díaz de Cerio. 5S use in manufacturing plants: Contextual factors and impact on operating performance. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 2010. doi:10.1108/02656711011014320.
- [12] Six sigma daily, your everyday fix. URL: <https://www.sixsigmadaily.com/single-minute-exchange-of-die-smed-definition-example/>.
- [13] Pablo Guzmán Ferradás e Konstantinos Salonitis. Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. Em *Procedia CIRP*, 2013. doi:10.1016/j.procir.2013.06.039.

- [14] George L. Hodge, Kelly Goforth Ross, Jeff A. Joines, e Kristin Thoney. Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning and Control*, 2011. doi:10.1080/09537287.2010.498577.
- [15] Vorne-Industries. The Fast Guide to OEE. *the Fast Guide Oee*, 2008.
- [16] M Jailia, A Kumar, M Agarwal, e I Sinha. Behavior of MVC (Model View Controller) based Web Application developed in PHP and .NET framework. Em *2016 International Conference on ICT in Business Industry & Government (ICTBIG)*, páginas 1–5, 2016. doi:10.1109/ICTBIG.2016.7892651.
- [17] Smarty, template engine. URL: https://www.smarty.net/about_smarty.
- [18] Getting Started. MindSphere with MindConnect Nano and MindConnect IoT2040. (August 2017):1–96.
- [19] ÅAC Microtec. Remote Terminal Unit RTU™ 300 series. (March):1–26, 2012. URL: <http://www.soletop.com/data/products/rtu{ }low.pdf>.
- [20] I D A Modbus. Modbus application protocol specification v1. 1a. *North Grafton, Massachusetts (www.modbus.org/specs.php)*, página 51, 2004.
- [21] Applications Guide. Advantys STB. *Memory*, 2008.
- [22] Modbus tcp and udp based protocol using php. URL: <https://code.google.com/archive/p/phpmodbus/>.
- [23] Operating Model, T C P Connection, Access Control Module, I P Stack, B S D Socket, Communication Application Layer, Modbus Client, Modbus Server, Implementation Guideline, Object Model Diagram, Implementation Class Diagram, Sequence Diagrams, Classesmethods Description, Modbus Server Class, Modbus Client Class, Interface Classes, e Connexion Management. *Modbus Messaging on Tcp / Ip Implementation Guide*. páginas 15–20, 2004.