

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**Desenvolvimento de um sistema *Andon* para
sistemas de produção *Lean***

Ricardo de Araújo Barros Greenfield

VERSÃO PROVISÓRIA

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: José António Faria
Co-orientador: Valter Ribau

28/06/2009

Resumo

Este documento apresenta a concepção de um sistema *Andon* para sistemas de produção *Lean*, neste caso concreto para o sistema de produção utilizado na Bosch Termotecnologia, SA (Vulcano) nomeadamente o *Bosch Production System*.

Inicialmente é introduzido o conceito do sistema *Andon* e em que contexto este é utilizado. De seguida procura-se valorizar quais os requisitos que o sistema *Andon* deverá respeitar de acordo com as filosofias *Lean* e BPS. Os conceitos mais importantes ao *Andon* apresentados são, entre outros, a gestão visual no chão de fábrica e os sistemas de reacção rápida.

O desenvolvimento do sistema *Andon* é conseguido através da metodologia da engenharia de sistemas. Segundo esta metodologia é feita uma análise de requisitos, seguida de uma análise funcional. A partir desta análise são identificadas 4 funcionalidades principais nomeadamente as funcionalidades Pull-Cord, Eficiência, Gestão Horária e Histórico.

Finalmente são analisadas as soluções possíveis para implementar as funcionalidades identificadas de acordo com os requisitos identificados anteriormente. Tendo sido identificadas as melhores soluções faz-se uma breve descrição de como os módulos funcionais ficaram implementados.

Este documento foca o desenvolvimento de um sistema *Andon* simples e fiável, conforme requisitado pelos princípios BPS. No final do documento ainda é comentado o impacto que o sistema teve na empresa e na célula de produção.

Página em branco

Abstract

This document focuses on the implementation and design of an Andon system for Lean production systems, in this case for the production system used in Bosch Termotecnologia SA (Vulcano) known as the Bosch Production System.

Initially the concept behind the Andon system is introduced along with context in which it is used. One tries to determine which are the fundamental requirements an Andon system should embody in order to be successful by analysing BPS philosophies and concepts. The most important notions are in this case for the Andon visual management and quick reaction systems.

The Andon system is developed through a standardized method known as systems engineering. According to this methodology a requirements analysis is first made, followed by a functional analysis. From this functional analysis it is possible to identify 4 main functionalities namely the Pull-Cord functionality, Efficiency, Time-Table Management, and History.

After this, possible solutions to implement these four functionalities are identified and compared with the requirements determined before. Having the best solutions been identified one makes a brief description of how the different functionalities were implemented.

This document focuses on the development of a simple and reliable Andon system, according to what is specified by the BPS principles. At the end of the document the impact this system has on the production cell and on the company is discussed.

Página em branco

Agradecimentos

Com os melhores agradecimentos aos meus orientadores nomeadamente ao Professor José António Faria pelo apoio prestado no decorrer da tese, ao Engenheiro Valter Ribau pela orientação dada na Vulcano e à Engenheira Carla Cardoso pelo apoio oferecido na empresa.

Queria também agradecer à equipa da Manutenção da Vulcano pelo apoio técnico oferecido no decorrer do trabalho desenvolvido, sem o qual não teria sido possível o projecto ter tido o sucesso pretendido.

Página em branco

Índice

Capítulo 1	1
1 Introdução.....	1
1.1 - Sistema Andon: Conceito	1
1.2 - Enquadramento e objectivos	2
1.3 - Organização do documento	2
1.4 - Metodologia utilizada	3
Capítulo 2	5
2 Filosofia BPS e Sistema de Produção.....	5
2.1 - Princípios BPS	5
2.2 - Gestão Visual	6
2.3 - Sistemas de reacção rápida	7
2.4 - Melhoria contínua	9
2.5 - PULL vs PUSH.....	10
2.6 - Standard Andon	10
2.7 - Sistema de produção.....	12
Capítulo 3	17
3 Especificação e análise de requisitos	17
3.1 - Levantamento de requisitos	17
3.2 - Síntese das necessidades	19
3.3 - Especificação detalhada dos Requisitos.....	21
3.4 - Interfaces do sistema	23
Capítulo 4	29
4 Análise Funcional.....	29
4.1 - Pull-Cord	29
4.2 - Eficiência	32
4.3 - Gestão Horária	34
4.4 - Histórico	35
Capítulo 5	39
5 Síntese e Desenvolvimento	39
5.1 - Arquitectura geral do sistema	39
5.2 - Determinar família e tempo de ciclo.....	43
5.3 - Registo automatizado de paragens	48
5.4 - Interligação com o sistema central	49
5.5 - Arquitectura final do sistema.....	49
5.6 - Implementação dos módulos funcionais	50

5.7 - Documentação do sistema Andon.....	53
Capítulo 6	56
6 Conclusão e perspectivas	56
Referências.....	59

Lista de figuras

Figura 1 -System Breakdown Structure de alto nível	3
Figura 2 Word Breakdown Structure	4
Figura 3 Chão de fábrica antes(esquerda) e depois(direita) de aplicar os 5Ss	6
Figura 4 Sequenciador de produção com Kanbans.....	7
Figura 6 Papel do <i>Andon</i> num sistema de reacção rápida	8
Figura 5 Detecção de defeito num círculo de reacção rápida a partir do momento em que este ocorre.....	8
Figura 8 Funcionamento do <i>Andon</i> conforme especificado pelo standard	11
Figura 7 Informação base a ser exibida pelo <i>Andon</i>	11
Figura 10 Representação dos diferentes tipos de tempo para o cálculo do OEE	12
Figura 9 O sistema FIFO apresenta a seguinte informação: paragens nos postos 1 e 10. Pedido de ajuda no posto 5	12
Figura 11 Representação de uma célula em que cada operador é responsável por 3 postos ..	14
Figura 12 Interface do WPAR_LIN	15
Figura 13 Luz indicadora da produção de um automático à saída da célula	16
Figura 15 Pedido de ajuda do posto 139, seguido de um pedido de paragem do posto 140 na interface FIFO(esquerda) e na interface Layout(direita).....	24
Figura 14 Pedido de ajuda po posto 139 na interface FIFO(esquerda) e na interface Layout(direta)	24
Figura 16 Pedido de ajuda do posto 140, seguido de um pedido de paragem do posto 141 com o aviso de silenciamento da sirene.....	24
Figura 18 Interface do <i>Andon</i> com eficiência média	25
Figura 17 Interface do <i>Andon</i> com eficiência baixa	25
Figura 19 Interface do <i>Andon</i> com boa eficiência	26

Figura 20 Interface para gerir o horário de trabalho na célula. O sistema acima está a funcionar em apenas 2 turnos. O 3º está inactivo.	26
Figura 21 Interface para apresentar o historial da célula para cada turno passado. Também é exibida informação sobre o turno actual para comparação	26
Figura 23 Aviso na interface do Andon para indicar o decorrer de uma paragem planeada...	27
Figura 22 Aviso na interface do Andon para indicar o decorrer de uma paragem planeada...	27
Figura 24 Botoneiras utilizadas pelo <i>Andon</i> para implementar a funcionalidade <i>Pull-Cord</i> (esquerda), e semáforos com buzina para alertar o chefe de linha(direita)	27
Figura 25 -Módulos funcionais	29
Figura 26 -Interface de introdução dos dados para o módulo gestão horária.....	34
Figura 27 -Ligação entre sub-módulos	38
Figura 28 -Arquitectura centralizada	40
Figura 29 -Arquitectura Distribuída	41
Figura 30 -Constituição simples do sistema	43
Figura 31 -Ligação Modbus ao sistema de Informação da célula.....	44
Figura 32 -Forma de obter referências através da base de dados central	45
Figura 33 -Montagem de um cabo sniffer.....	46
Figura 34 -Implementação do cabo sniffer para descobrir trama com referência	46
Figura 35 -Sistema Andon complexo	50
Figura 36 -Diagrama de Blocos para o funcionamento geral do Pull-Cord.....	51
Figura 37 -Diagrama de blocos para o funcionamento geral do módulo Eficiência	52
Figura 38 -Diagrama de blocos para o funcionamento geral do módulo Histórico	53

Lista de tabelas

Tabela 1 Requisitos de execução	21
Tabela 2 Requisitos de instalação e configuração.....	22
Tabela 3 Requisitos Estatísticos.....	23
Tabela 4 Requisitos de Manutenção	23
Tabela 5 Requisitos não-funcionais.....	23
Tabela 6-Descrição do FIFO.....	30
Tabela 7-Descrição do Painel Lateral <i>Pull-Cord</i>	30
Tabela 8-Descrição do Layout <i>Pull-Cord</i>	31
Tabela 9-Descrição do Aviso Sonoro	31
Tabela 10-Descrição do módulo Produção.....	32
Tabela 11-Descrição do módulo Eficiência Painel Lateral	33
Tabela 12-Descrição do Módulo Tciclo	33
Tabela 13-Descrição do módulo Gestão Horária.....	34
Tabela 14-Descrição do Módulo OEE.....	35
Tabela 15-Descrição do módulo Layout Histórico	36
Tabela 16-Descrição do módulo Histórico Geral.....	37
Tabela 17-Descrição do módulo Histórico de Paragens.....	37
Tabela 18-Comparação de diferentes Arquitecturas.....	41
Tabela 19-Comparação das soluções para identificar referências em produção	46

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

ADS	Protocolo utilizado por autómatos Beckhoff
BPS	<i>Bosch Production System</i>
CIP	Continuous Improvement Process
CL1	Célula 1 de montagem de automáticos de gás para o modelo Confort
CL2	Célula 2 de montagem de automáticos de gás para o modelo Confort
FIFO	First In First Out
MOE1	<i>Departamento responsável pela montagem</i>
OEE	Overall Equipment Efficiency
PC	Personal Computer
PDCA	Plan Do Check Act
PPMS	Partes Por Milhao
SBS	System Breakdown Structure
SCADA	Sistema de supervisão controlo e aquisição de dados
TPS	Toyota Production System
WBS	Work Breakdown structure

Capítulo 1

1 Introdução

Esta dissertação foca o desenvolvimento de um sistema *Andon* para a Bosch Termotecnologia SA (Vulcano), em Aveiro, de acordo com os requisitos e filosofia da empresa. Neste capítulo começamos por introduzir o conceito *Andon* após o que é apresentado o enquadramento geral do trabalho na Vulcano e os seus objectivos. Na parte final do capítulo é apresentada a organização do documento.

1.1 - Sistema Andon: Conceito

O *Andon*, tendo o significado literal de "lanterna" em japonês, teve origem nos sistemas de produção japoneses onde inicialmente consistia apenas num sinal luminoso, utilizado para pedir assistência nos postos de trabalho. Esta prática cresceu associada à filosofia de produção *Lean* e ao *Toyota Production System*, que contam com ferramentas de gestão visual e de melhoria contínua.

De acordo com o TPS (*Toyota Production System*), o *Andon* é também um elemento fundamental do conceito *Jidoka*. Este conceito opõe-se à automação industrial pura e enfatiza a importância da forte ligação entre os operadores e as máquinas utilizadas na produção; ou seja, os operadores não existem apenas para garantir o bom funcionamento das máquinas, mas estão integrados no próprio sistema de produção. É necessário os operadores terem conhecimento do estado global do processo produtivo, o que os ajuda a orientarem-se e a ter uma maior motivação. Isto é conseguido em parte através de ferramentas da gestão visual.

Para além disto, segundo o conceito de *Jidoka*, também é vital que a interacção homem - máquina permita aos operadores pararem a produção quando são detectados defeitos, permitindo analisar e corrigir o problema imediatamente. A informação da ocorrência de qualquer problema deverá ser espalhada pelo chão de fábrica onde for relevante, o mais rapidamente possível.

Actualmente o sistema *Andon* tem fundamentalmente dois grandes objectivos: dar o alerta para problemas que possam surgir na célula, permitindo a sua resolução rápida, e

auxiliar a orientação dos operadores da célula informando-os da eficiência da produção para que estão a contribuir.

Para além do funcionamento base também é possível utilizar o sistema *Andon* para guardar dados sobre o funcionamento da célula, de modo a permitir analisar o seu desempenho à posteriori. Um exemplo de um parâmetro qualificador é o OEE (*Overall Equipment Efficiency*).

A eficácia da contribuição do *Andon*, para o funcionamento de uma célula ou linha, reside na transparência e relevância da informação disponibilizada aos operadores durante o tempo de produção, e na importância e veracidade dos dados registados para análises posteriores. Em função destes factos é imprescindível que as diversas funcionalidades do sistema sejam projectadas dando grande importância à fiabilidade dos dados, e à interacção destes com os operadores.

Existem ainda alguns sistemas *Andon* na indústria que apresentam uma maior complexidade em termos de funcionamento: estes sistemas mais evoluídos permitem mesmo fazer um planeamento da produção directamente no *Andon*. Embora úteis em alguns casos, perdem muito em simplicidade que é um requisito fundamental dos *Andon* em sistemas de produção *Lean*.

1.2 - Enquadramento e objectivos

Para a Vulcano, o resultado final deste trabalho deverá consistir num sistema *Andon* desenvolvido e instalado numa célula de produção, que neste documento será referida como a CL1. Para além disso, deverá existir o software e documentação adequados, de modo a ser possível instalar o sistema noutras células da fábrica. Em caso do sucesso do projecto, este sistema poderá ainda vir a ser a base para o standard utilizado pela Vulcano para futuros *Andons*.

Como constituinte do Grupo Bosch, a Vulcano utiliza um sistema de produção *Lean* próximo do TPS designado por *Bosch Production System* ou BPS. É portanto de grande importância que as filosofias e conceitos do BPS sejam devidamente estudados e considerados ao desenvolver o sistema pretendido.

Dada a complexidade funcional do sistema *Andon* e a necessidade de satisfazer os conceitos BPS, foi utilizada uma abordagem mais cuidada para desenvolver o sistema e garantir o seu sucesso: Inicialmente foram explorados os conceitos do sistema de produção assim como o ambiente industrial em que a célula alvo se encontra; neste contexto foram também considerados objectivos mais específicos à célula. Depois de a informação relevante estar toda devidamente recolhida, prosseguiu-se à especificação e ao desenvolvimento do sistema *Andon* segundo o processo de Engenharia de Sistemas.

1.3 - Organização do documento

Tendo em conta o acima referido, a presente dissertação encontra-se estruturada nos seguintes capítulos:

1. Introdução e metodologia utilizada - Breve descrição da metodologia utilizada
2. BPS e Sistema de produção - Introdução e análise aos conceitos e contexto que ronda o sistema *Andon*
3. Determinação de requisitos - Análise e síntese dos requisitos finais assim como esboço de interfaces do sistema
4. Análise Funcional - Determinação das diferentes funcionalidades esperadas pelo sistema
5. Síntese e Desenvolvimento - Discussão e implementação de soluções para suportar as funcionalidades determinadas
6. Conclusão e perspectivas - Conclusões sobre o trabalho realizado bem como perspectivas finais

1.4 - Metodologia utilizada

Dado o sistema a desenvolver ser um sistema com uma funcionalidade complexa e para além disso possuir uma forte ligação a standards e filosofias da empresa, optou-se por abordar o desenvolvimento do sistema segundo uma metodologia sistemática nomeadamente a metodologia de engenharia de sistemas.

Como tal tomou-se como primeiro passo a análise das filosofias e conceitos que deveriam influenciar os requisitos do sistema. De seguida identificou-se os *stakeholders* e os requisitos que o sistema deveria cumprir. Isto deu origem à síntese de requisitos e ao esboço de interfaces funcionais que o sistema deveria implementar.

Tendo os requisitos fixados foi possível identificar uma estrutura funcional modular sob a forma de um *system breakdown structure* de alto nível:

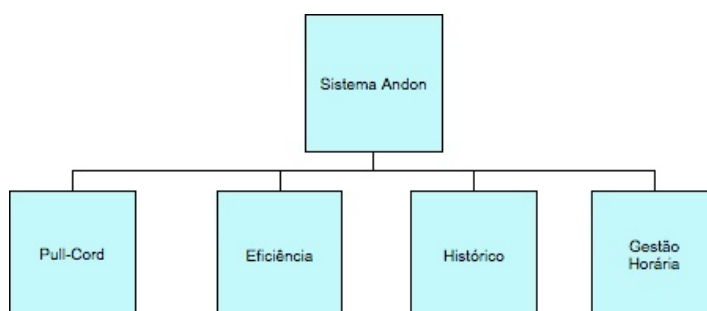


Figura 1-System Breakdown Structure de alto nível

As quatro grandes funcionalidades definidas foram portanto *Pull-Cord*, Eficiência, Gestão horária e Histórico. O conceito de cada um destes módulos irá ser explicado mais à frente. Cada um destes módulos é constituído por sub-módulos funcionais. Cada um destes está definido no capítulo da análise funcional.

Proseguiu-se à implementação progressiva das funcionalidades do sistema através de soluções avaliadas com os requisitos até se ter definido a arquitectura física e funcional do sistema a implementar. Ao ter uma noção global do sistema a implementar foi possível desenvolver o *work breakdown structure* e passar à implementação e instalação do sistema com uma noção das tarefas a desenvolver:

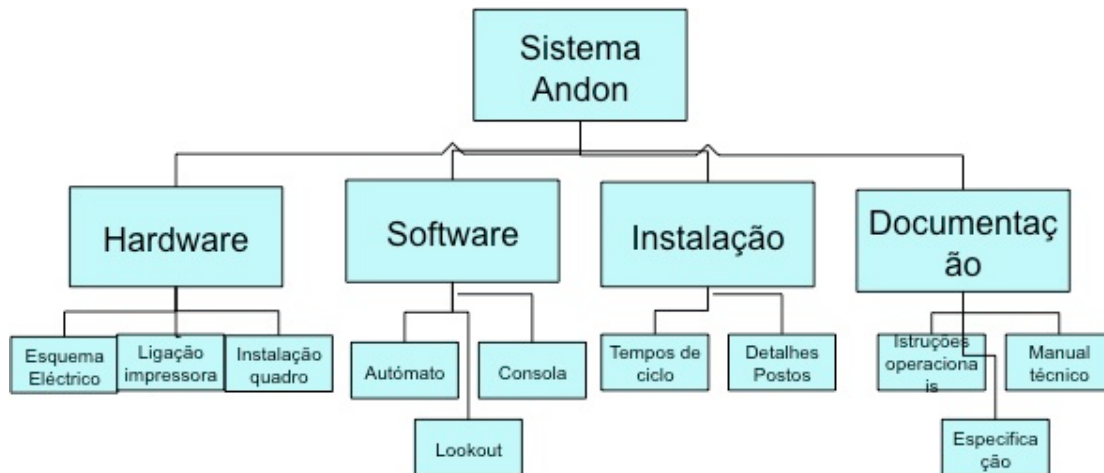


Figura 2 Word Breakdown Structure

Após a instalação do sistema final prosseguiu-se a um segunda instalação do sistema numa outra célula de produção. Seguem-se os diferentes passos da metodologia utilizada.

Capítulo 2

2 Filosofia BPS e Sistema de Produção

O sistema de produção BPS tem como objectivo principal a eliminação do desperdício na empresa. Para este efeito conta com várias ferramentas e princípios próprios dos sistemas *Lean*. No entanto, o objectivo deste capítulo não é de estudar o BPS mas apenas os princípios e conceitos que podem dizer respeito ao sistema *Andon* a ser desenvolvido. Segue-se uma explicação dos princípios fundamentais do BPS, assim como um aprofundamento dos conceitos BPS que são mais relevantes. Posteriormente irá ser caracterizado o ambiente de produção em que a célula CL1 se encontra inserida.

2.1 - Princípios BPS

O objectivo base do BPS consiste na eliminação de qualquer tipo de desperdício ao longo da cadeia de valor do produto. Isto é conseguido através de vários conceitos que vão desde a eliminação de problemas relacionados com a qualidade à identificação das tarefas que não adicionam valor ao produto final do ponto de vista do cliente. Assim o BPS assenta em 8 princípios fundamentais:

1. Orientação ao Processo
2. Sistema Pull
3. Normalização
4. Qualidade Perfeita
5. Flexibilidade
6. Processos Transparentes
7. Processo de Melhoria Contínua
8. Envolvimento dos colaboradores e concessão de autonomia

Segundo o BPS o *Andon* deverá contribuir para a transparência nos processos, o envolvimento e concessão de autonomia aos colaboradores e o processo de melhoria contínua. Segue-se um aprofundamento de conceitos BPS que apoiam estes 3 últimos princípios nomeadamente os sistemas de gestão visual, de reacção rápida e o processo de melhoria contínua no chão de fábrica.

2.2 - Gestão Visual

A gestão visual apoia directamente os princípios de normalização, transparência nos processos e o envolvimento e concessão de poder de decisão aos colaboradores. Um chão de fábrica com boas ferramentas de gestão visual permite uma boa orientação, num ambiente estruturado, aos colaboradores.

Um sistema de gestão visual usufrui do facto de 83% da informação que assimilamos do exterior ser visual e 11% auditiva, e recorre aos sentidos da visão e audição de uma forma holística. Isto significa que uma pessoa se deve poder orientar no chão de fábrica com o mínimo de informação adicional.

Para ilustrar este conceito recorre-se à expressão “*status at a glance*” que traduzido significa “situação actual num relance”. Esta expressão reforça a noção de que qualquer operador deverá conseguir identificar o estado dos processos produtivos de uma forma rápida e intuitiva, tirando partido dos sistemas de gestão visual.

Uma ferramenta muito associada aos sistemas de produção *Lean* é a metodologia dos 5S's . Esta ferramenta permite a organização do local de trabalho de uma forma sistemática e sustentada. (Do japonês: Seiri - triar, Seiton - ordenar, Seison- limpar, Seiketsu- normalizar, Shitsuke- disciplinar) Isto não só permite uma boa orientação no chão da fábrica, mas também permite visualizar desperdícios mais facilmente.



Figura 3 Chão de fábrica antes(esquerda) e depois(direita) de aplicar os 5Ss

Para além disso, os sistemas de gestão visual permitem também um acompanhamento do estado dos processos produtivos. Um exemplo destes sistemas são os cartões *Kanban*. Cada cartão *Kanban* equivale ao pedido de um determinado produto. Este produto apenas irá ser produzido se existir um *Kanban*. Assim é possível controlar visualmente o número de quantidades produzidas.



Figura 4 Sequenciador de produção com Kanbans

Isto permite aos operadores terem uma noção do impacto que estão a ter no resultado final do processo. Um requisito importante para este tipo de sistemas, para além de funcionarem de forma intuitiva, é apresentarem informação fiável, ou seja reflectirem sempre a realidade. Só assim se garante a confiança do ser humano no sistema.

Um *Andon* sendo uma ferramenta de gestão visual tem portanto que ser fiável, intuitivo, transparente, permitindo reconhecer o “*status at a glance*”, de modo a garantir o seu sucesso na célula de produção.

2.3 - Sistemas de reacção rápida

Uma característica dos sistemas de produção *Lean* e do BPS é a resolução de problemas que vão ocorrendo no chão de fábrica de forma rápida, minimizando assim os danos causados na produção. Segue-se uma apresentação dos sistemas de reacção rápida e da importância do sistema *Andon* para estes sistemas.

Um problema a detectar define-se como um desvio ao standard de produção. Estes desvios ao standard podem ser de várias naturezas. A detecção destes standards dá-se em duas etapas:

1. Um operador apercebe-se de um desvio ao standard, ou através da observação directa, ou indirectamente através de uma sinalização de um aparelho dentro da célula.
2. O operador utiliza o *Andon* para comunicar o desvio do standard para fora da célula

Os sistemas de reacção rápida baseiam-se em pequenos círculos de resolução de problema cujo objectivo é identificar o desvio na standard de produção e o comunicá-lo para fora da célula no menor tempo possível. O seu funcionamento está explicado na imagem abaixo.

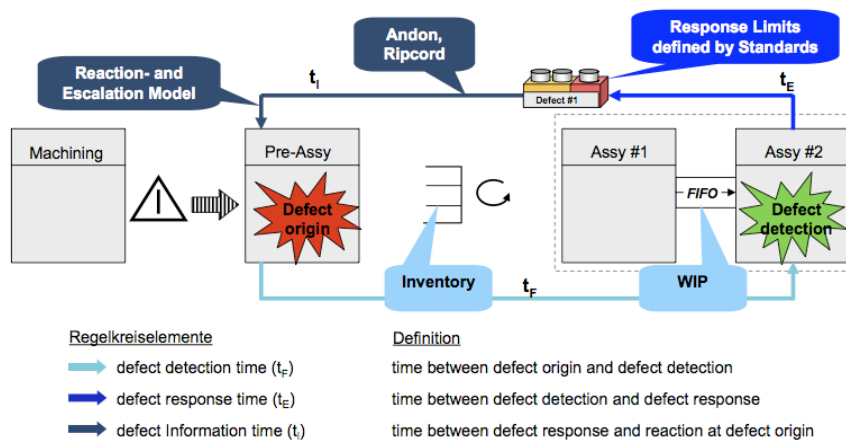


Figura 5 Detecção de defeito num círculo de reacção rápida a partir do momento em que este ocorre

O sucesso de um início de um sistema de reacção rápida, ou seja a comunicação às entidades indicadas de um problema existente, deve-se portanto essencialmente a dois factores: o problema ser correctamente detectado, e a informação sobre a ocorrência do problema ser exposta o mais transparentemente possível.

Nos círculos de reacção rápida, o *Andon* tem a responsabilidade funcional de permitir ao operador passar a informação da avaria detectada para fora da célula da forma mais fiável e transparente possível. A utilização do *Andon* para este fim recorre às seguintes etapas:

1. Um desvio ao standard é detectado pelo operador ou indirectamente pela máquina
2. O operador ou a máquina accionam o *Andon*
3. O *Andon* torna o problema visual para que todos tomem conhecimento dele
4. O chefe de equipa dirige-se imediatamente à linha para resolver o problema

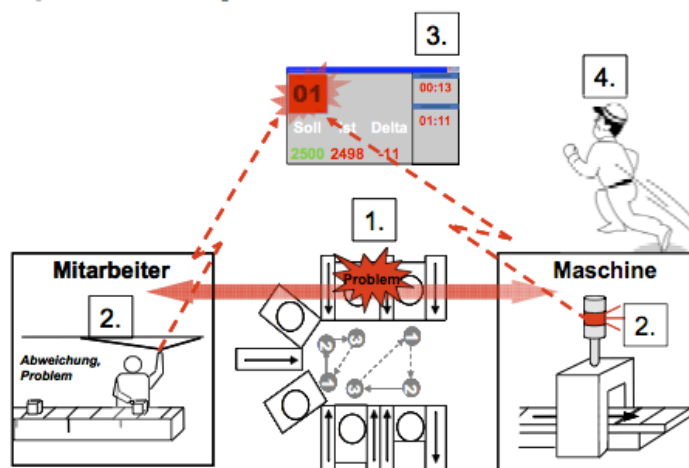


Figura 6 Papel do *Andon* num sistema de reacção rápida

Esta funcionalidade do *Andon* designa-se como *Pull-Cord*. Utiliza-se este nome pois enfatiza o papel do *Andon* como sistema de pedido de auxílio em caso de emergência. Pode-se imaginar que o operador com necessidade de auxílio puxa uma corda de emergência, pedindo assim ajuda.

2.4 - Melhoria contínua

A melhoria contínua é uma filosofia mantida pelo BPS e tem o objectivo de aumentar a eficiência da produção por pequenos incrementos e evitar que os desvios ao standard de produção ocorram tão frequentemente. Permite também resolver os problemas combatidos através dos sistemas de reacção rápida de uma forma controlada, evitando o designado “*fire-fighting*” dos operadores. Isto é os operadores concentrarem-se em “apagar o fogo” constantemente, sem nunca se preocuparem em “*como o fogo foi provocado*”. Para isto conta-se com diversas ferramentas de análise e diagnóstico dos problemas.

Para além da necessidade da existência de uma boa análise do problema, existe também a necessidade de comunicação estruturada entre os operadores, chefe de equipa e engenheiros de produção. Para este efeito existe uma reunião diária onde é analisada a informação recolhida sobre as ocorrências do dia anterior nomeadamente a reunião *Point CIP*. Nesta reunião, o chefe de equipa apresenta diversos valores recolhidos para discussão. Estes valores são para cada turno de produção, a quantidade de peças realmente produzidas e as idealmente produzidas até ao final do turno; a eficiência atingida de produção; o nº de peças defeituosas produzidas com o respectivo valor de PPMS (partes por milhão- $PPMS = (peças_defeituosas / peças_produzidas) * 1000000$). Para além disto ainda são comunicadas as diferentes paragens que ocorreram durante o tempo de produção e as razões que pode ter havido para isto acontecer. As causas das paragens entram em 6 categorias diferentes:

1. Abastecimento
2. Qualidade do Produto
3. Qualidade de Componentes
4. Processo
5. Equipamentos e Ferramentas
6. Segurança

Toda a informação analisada e recolhida das reuniões *Point CIP* pode dar origem a pequenos ciclos de melhoria chamados PDCA (*Plan Do Check Act*). Estes ciclos ajudam a actualizar e melhorar os standards de produção de forma sustentada e a estabilizar os processos produtivos.

Dada a importância da comunicação estruturada e dado o sistema *Andon* ser um sistema sempre presente na célula de montagem seria vantajoso se o sistema a desenvolver tivesse informação suficiente para poder caracterizar o comportamento da célula nos turnos anteriores, e apresentá-la de forma transparente.

2.5 - PULL vs PUSH

Apesar de não estarem directamente ligados ao desenvolvimento do sistema *Andon*, é necessário perceber a diferença entre o sistema de produção *Push* e *Pull* para perceber completamente o funcionamento da célula de montagem CL1. Como tal será apenas feita uma pequena introdução aos conceitos não sendo necessária uma análise aprofundada.

Pull e *Push* são conceitos de produção que são opostos no seu modo de funcionamento. O sistema *Push* é o sistema mais utilizado tradicionalmente nas indústrias ocidentais. Neste caso, os produtos são produzidos baseados apenas em previsões e no plano de produção e “empurrados” para o cliente. Considera-se que o cliente pode não apenas ser o cliente final mas também uma outra célula de produção que utiliza os componentes produzidos. A utilização do sistema *Push* pode dar origem a um grande desfasamento produtivo entre as diferentes células produtivas, ou mesmo até à produção de produtos que já não são precisos.

Em contraste o sistema *Pull* estipula que só é produzido quando o cliente pede produção. Assim só são produzidos os produtos certos, na quantidade certa, na altura desejada. Para além disto é estabelecido um fluxo de materiais ao longo de todo o processo produtivo entre as diferentes células de produção, permitindo identificar mais rapidamente problemas que possam obstruir o fluxo.

No caso do sistema *Pull* o pedido de produção é feito através de um cartão *Kanban*. Este cartão é transportado à célula e apenas é produzido na altura em que o cartão é lido por um leitor de código de barras no primeiro posto. Este código contém toda a informação sobre a referência a produzir.

No caso de um sistema *Push* existe localmente na célula a informação sobre o plano de produção. As referências a serem produzidas são alocadas pelo chefe de linha.

Apesar das vantagens do sistema *Pull* existem células de produção na Vulcano que ainda não foram passadas para o funcionamento *Pull*, trabalhando em modo *Push*. Para um sistema que possa ser espalhado pela fábrica, como é o caso do sistema *Andon*, é fundamental que estas diferenças entre os dois sistemas de produção sejam contabilizadas.

2.6 - Standard Andon

Sendo o sistema *Andon* utilizado por todo o mundo Bosch existe, com o objectivo de manter a consistência entre as diferentes fábricas, um standard *Andon* BPS que gere alguns dos pormenores da interface do sistema, a metodologia de utilização e alguns dos dados a disponibilizar. Cada fábrica Bosch pode porém definir o seu próprio standard desde que este seja baseado no standard BPS. Segue-se uma apresentação das funcionalidades e interfaces obrigatórias ao *Andon* da Bosch.

Segundo o standard BPS o *Andon* tem duas funcionalidades principais:

1. Visualização do volume de produção da linha
 - a. Produção actual
 - b. Produção planeada no final do turno
 - c. Desvio entre a produção actual e a produção ideal
2. Visualização da condição da linha(PULL-CORD)

- Mostrador da condição de cada posto da linha
- Sinal de pedido de ajuda para cada posto da linha
- Mostrar o tempo de paragem actual, ou mais recente no caso da linha não estar parada
- Mostrar o tempo de paragem acumulado do turno

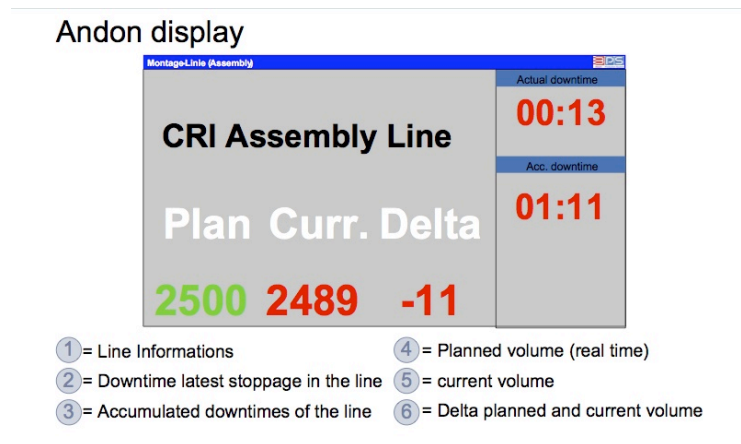


Figura 7 Informação base a ser exibida pelo *Andon*

A interface do painel deverá conter a informação acima exibida. O standard BPS também permite a colocação de informação adicional no painel lateral.

O funcionamento *Pull Cord* do *Andon* também está especificado no standard. A maneira como o *Andon* é utilizado em caso de paragem da linha está especificada pelos seguintes passos:

1. Operador detecta desvio ao standard
2. É accionada a paragem da linha pelo operador
3. O *Andon* apresenta o posto parado e faz soar um alarme
4. O Chefe de linha silencia o alarme e tenta resolver o problema
5. Quando o problema foi resolvido, o chefe de linha roda uma chave limpando assim os pedidos de ajuda ou de paragem efectuados

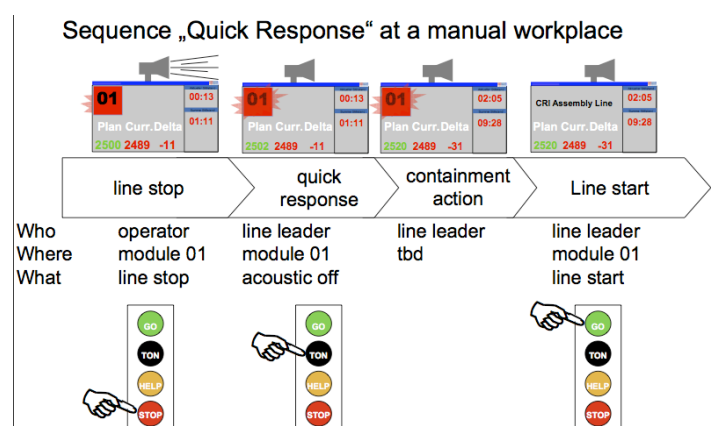


Figura 8 Funcionamento do *Andon* conforme especificado pelo standard

Em caso de pedido de chamada ou pedido de atendimento o *display* deverá ir inserindo os eventos com um quadrado vermelho ou amarelo indicando o nome do posto segundo a lógica *first in first out* (FIFO) como na figura abaixo.

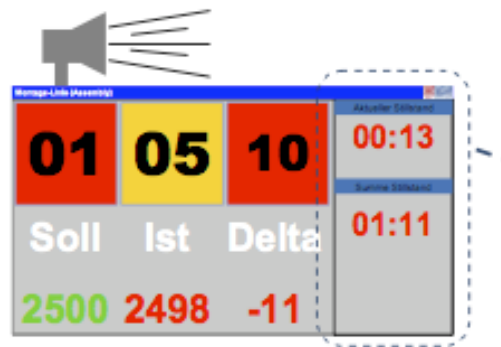


Figura 9 O sistema FIFO apresenta a seguinte informação: paragens nos postos 1 e 10. Pedido de ajuda no posto 5

Para garantir o sucesso do projecto é imprescindível que o sistema a desenvolver respeite o standard *Andon*.

2.7 - Sistema de produção

Já foram analisadas acima as filosofias do sistema BPS, no entanto, de modo a completamente contextualizar o funcionamento do sistema *Andon*, será feita uma apresentação de outros conceitos do sistema produtivo.

2.7.1 - Overall Equipment Efficiency

O *Overall Equipment Efficiency*(OEE) ou Eficiência Operacional é uma medida caracterizadora do estado de produção da célula. Esta medida é composta pela multiplicação de 3 parâmetros: a Disponibilidade, a Velocidade e a Qualidade.

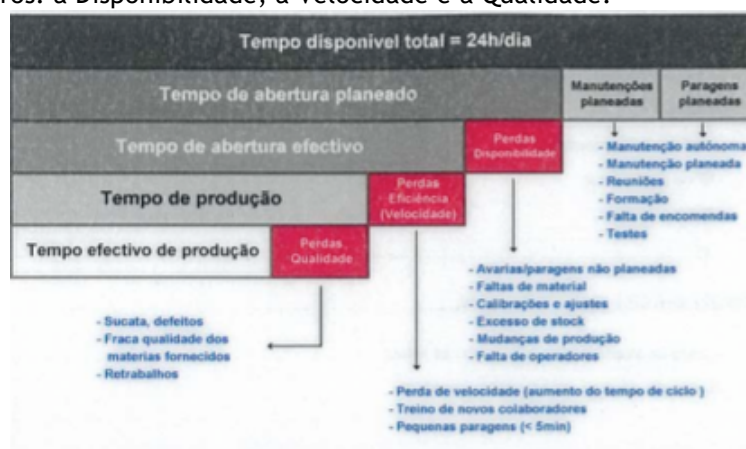


Figura 10 Representação dos diferentes tipos de tempo para o cálculo do OEE

2.7.1.1 - Disponibilidade

A disponibilidade permite-nos saber quanto o OEE foi prejudicado devido a paragens na célula de montagem, ou seja, uma disponibilidade baixa diz-nos que uma célula esteve parada muito tempo. A disponibilidade é uma percentagem calculada da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade} = \text{Tempo_de_abertura_efectivo} / \text{Tempo_de_abertura_planeado}$$

Como representado na figura 9, o tempo de abertura planeado consiste no tempo total do turno menos o tempo para paragens planeadas (Exemplo: Reuniões, Manutenções programadas). O tempo de abertura efectivo indica-nos o tempo que de facto existiu para produzir, ou seja, subtrai os tempos perdidos devido a paragens não planeadas.

2.7.1.2 - Velocidade

A velocidade diz-nos, dado o *tempo de abertura efectivo*, se a velocidade a que as peças estão a ser produzidas está de acordo com a velocidade standard, ou se a peça está a ser produzida de acordo com o tempo de ciclo estipulado para a produção. O tempo de ciclo representa a cadência a que uma peça acabada sai da célula.

$$\text{Velocidade} = (\text{n}^\circ \text{ de peças produzidas} * \text{tempo de ciclo}) / \text{tempo de abertura efectivo}$$

2.7.1.3 - Qualidade

A qualidade diz-nos, dadas o número de peças produzidas, quais as peças que foram produzidas sem defeitos.

$$\text{Qualidade} = \text{n}^\circ \text{ peças boas} / \text{n}^\circ \text{ peças produzidas}$$

Apesar do OEE nos dar uma noção do estado da célula, deve-se analisar os 3 parâmetros do OEE de modo a perceber com melhor detalhe onde reside o problema na produção.

Estes três parâmetros têm a vantagem de poderem ser utilizados como caracterização do histórico de funcionamento de uma linha, e ao mesmo tempo caracterizarem o seu funcionamento de uma forma rápida

2.7.2 - Balanceamentos na célula de produção

Uma das vantagens de utilizar células de produção é a sua agilidade em termos de capacidade de produção. Dada a estrutura da célula, é possível que um operador esteja a trabalhar em mais de que um posto ao mesmo tempo.

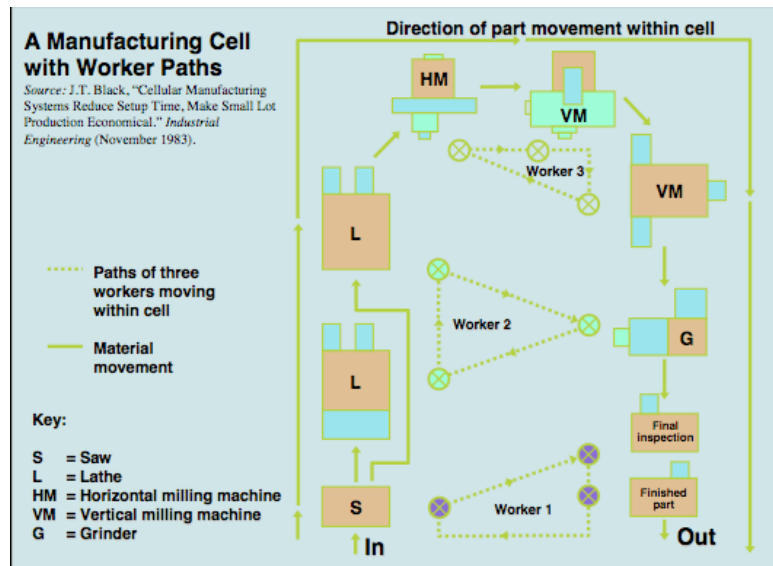


Figura 11 Representação de uma célula em que cada operador é responsável por 3 postos

Isto permite alocar mais ou menos operadores a uma célula, mantendo o funcionamento normal, e alterar a capacidade de produção e o tempo de ciclo. Isto permite acompanhar diferentes quantidades de pedidos ao longo do dia. É da responsabilidade do chefe de linha assegurar que o balanceamento de operadores está correcto ao longo do turno.

O tempo de ciclo de produção consoante o balanceamento da célula depende do nº de tarefas que estão a ser executadas pelos operadores. Por vezes, como consequência de uma acção de melhoria é possível encurtar uma tarefa, ou removê-la completamente. Isto vai automaticamente encurtar o tempo de ciclo de produção dos produtos.

Dada a possibilidade do balanceamento ser alterado a meio do turno e como consequência altera-se o tempo de ciclo e capacidade de produção. Logo, é necessário o sistema Andon lidar com estas acções de modo a representar a informação da maneira mais fiável possível.

De seguida serão apresentadas as células de produção CL1 e CL2 que como discutido na introdução foram as células alvo para a instalação do sistema Andon.

2.7.3 - As células de produção CL1 e CL2

A célula CL1 produz para as células finais 1 2 e 3 e para CKDs (*Completely Knocked Down*). Os componentes que produz são automáticos de gás para o esquentador do modelo *Confort*. Estes automáticos são produzidos em lotes de 16 unidades. O automático de gás é responsável por acender a chama do esquentador. Existem 3 famílias de automáticos fabricados nas células CL: os automáticos de piezo, automáticos a baterias e automáticos com hidrogeradores que caracterizaremos neste documento respectivamente com os códigos PA, PB e PD. Cada uma das famílias tem muitas referências diferentes que podem ter pequenas diferenças entre si. No entanto o tempo que demora a fabricar automáticos da mesma família é igual, sendo apenas diferente entre famílias.

Existe um sistema informático instalado nos equipamentos das células. A informação é passada entre postos através de uma *tag* RFID colocada em cada automático no primeiro posto, e pelo protocolo ADS da *Beckhoff* utilizado pelos autómatos dos equipamentos. Este sistema tem sempre a informação acerca da referência do automático que está a ser produzido. Para além disso, este sistema permite realizar um diagnóstico de cada referência

que foi produzida. Para este efeito existe um PC em cada uma das células que gera um ficheiro de texto *.txt* com o código da referencia respectiva. Este ficheiro *.txt* contem informação sobre todas as operações efectuadas sobre o automático. A informação dos ficheiros é lida e passada para a base de dados através do processo informático que será chamado ENV_FIC. Este processo também é responsável por eliminar os ficheiros de texto.

A informação sobre os defeitos também deve ser inserida num sistema informático através da aplicação aqui denominada por QAL_GS. Esta aplicação serve para ajudar a analisar a qualidade de produção nas células. O operador responsável por inserir os dados é o operador a trabalhar no posto de recuperação.

Para além das funções normais do chefe de linha, em caso de paragem não planeada este tem como função de a caracterizar na aplicação aqui chamada REG_PAR a seguir à paragem ter sido resolvida. Os dados a recolher neste caso são:

1. Data
2. Turno
3. Hora
4. Duração da paragem
5. Razão da paragem
6. Referencia implicada na paragem
7. Observações

Secção	Linha	Turno	Manutenção
851	1	3	S
851	2	1	S
851	2	2	S

Figura 12 Interface do REG_PAR

No entanto ocorre o problema do chefe de linha não ter tempo de preencher todos os dados em tempo real, e até se esquecer por vezes de caracterizar devidamente a paragem. Isto faz com que a informação introduzida possa não ser a mais fiável.

O chefe de linha é ainda responsável pelo acompanhamento da produção actual e planeada de meia em meia hora.

Ainda é relevante realçar que as células CL1 e CL2 trabalham em *Push*. Dado não existir o mecanismo de picar o cartão *Kanban* no início da célula, o número da referência a ser produzida é introduzido no início de cada lote no primeiro posto. É desta forma que o sistema de informação da célula recebe a informação da referencia em produção.

À saída da célula de montagem, a produção de um automático sem defeitos provoca a impressão de uma etiqueta com o número de série e de referência do automático. Para além disso é acendida uma luz verde como forma a indicar ao operador que o automático foi produzido com sucesso. A informação para este procedimento é fornecida através da leitura da *tag* do automático de gás.



Figura 13 Luz indicadora da produção de um automático à saída da célula

No próximo capítulo irão ser analisados os requisitos para o sistema *Andon* a desenvolver. Alguns destes assentam nos pontos discutidos anteriormente.

Capítulo 3

3 Especificação e análise de requisitos

De modo a determinar os requisitos do sistema *Andon* a desenvolver de forma correcta foram inicialmente definidos os *stakeholders* do projecto. Procedeu-se em seguida ao levantamento dos requisitos de cada *stakeholder* seguido de uma síntese dos mesmos. Finalmente completaram-se os requisitos finais com uns esboços de interfaces, definindo os casos de uso do sistema *Andon*.

3.1 - Levantamento de requisitos

Foram definidos no total 3 *stakeholders*, nomeadamente o departamento MOE1, o departamento BPS e o departamento de informática, e procedeu-se a um levantamento dos requisitos que cada um especificou.

Como *stakeholder* principal foi definido o MOE1 dado ser este o departamento responsável pelo projecto; no entanto, existem pedidos e condições impostas pelos outros 2 departamentos que têm que ser contabilizados. Segue-se uma apresentação de cada um dos departamentos envolvidos.

3.1.1 - Departamento de montagem MOE1

O departamento MOE1 é responsável pela produção nas células CL1 e CL2 e foi sob a orientação do MOE1 que o sistema foi realizado. Segundo o MOE1 o sistema *Andon* deveria ser instalado inicialmente na célula CL1 e posteriormente na célula CL2. Em caso de disponibilidade das verbas necessárias, o sistema deverá ser ainda instalado em mais duas células de produção também pertencentes ao MOE1. Para este facto é importante que se consiga instalar o sistema o mais facilmente que for possível.

Para além das funcionalidades básicas estipuladas pelo standard BPS ainda é necessário que sempre que ocorra uma paragem num posto, o *Andon* indique visualmente a localização do posto parado no *layout*, permitindo uma melhor orientação do chefe de linha dentro da célula.

No painel lateral do *display* do *Andon* existe ainda a necessidade de mostrar a eficiência da célula, calculada a partir do rácio entre a quantidade produzida e a quantidade que deveria ter sido produzida idealmente:

$$\text{Eficiência} = (\text{produção actual}) / (\text{produção actual ideal})$$

Esta informação permite aos engenheiros de produção que passem pela célula e se informem mais rapidamente do seu estado produtivo. Também foi requisitada a colocação de um *smiley* que muda de cor de acordo com a eficiência: verde para eficiência entre 95% e 110%, amarelo para eficiência entre 80% e 95% ou maior que 110%, vermelho para os restantes. O objectivo deste *smiley* é tornar a informação do *Andon* mais intuitiva e aumentar a motivação dos operadores. Para este efeito, foi ainda requisitada uma seta ao lado do indicador da eficiência, que reflecta a tendência de crescimento da eficiência. Isto permite para além da informação adicional, uma melhor motivação dos operadores dentro da célula, no caso da eficiência estar baixa, mas com tendência para aumentar. É de realçar que a eficiência poderá baixar devido a uma paragem não planeada. Ainda existe a necessidade da exibição da referência da peça em produção, da respectiva família e tempo de ciclo de produção.

Na óptica de uma melhor orientação dos engenheiros de produção no chão de fábrica, surgiu o requisito de haver um pequeno histórico a curto prazo que pode ser consultado directamente no *Andon*. Este histórico deverá conter a seguinte informação para cada um dos 3 turnos anteriores: Data, Objectivo de produção, Produção, Eficiência, Número de paragens, Número de pedidos de atendimento, os 3 parâmetros do OEE e o nº de PPMS. No final do dia o histórico dos 3 turnos deverá ser guardado numa base de dados para consultas futuras. Ainda foi requisitado que no *display* do histórico fosse disponibilizada informação sobre o estado de produção do turno actual, nomeadamente a hora, o turno, o tempo útil disponível de produção, a família da peça a produzir, o tempo de ciclo, o número de operadores, a produção alvo no final do turno, a produção ideal actual, a produção actual e a eficiência.

Dado que o horário de produção da célula pode ser alterado em alturas de baixa necessidade do produto, é necessário ainda haver a possibilidade de fazer a gestão horária dos turnos.

Como o sistema *Andon* representa um papel importante ao lidar com situações de paragem, o *Andon* tem portanto por defeito a obrigação de gerar certas informações sobre as paragens que vão ocorrendo na célula, nomeadamente a duração, o posto e a hora. Surgiu como consequência deste facto a ideia do *Andon* fazer o registo directo das paragens no REG_PAR, libertando assim tempo precioso ao chefe de linha. O REG_PAR é o software utilizado para registar as paragens, apresentado na secção 2.6.3.

Notou-se de implementações anteriores de sistemas *Andon* que por estarem muito ocupados a resolver os problemas de um certo posto, os chefes de linha se esquecem por vezes de limpar o pedido de paragem com a chave após à resolução do problema, dando origem a uma informação inconsistente com a realidade no *Andon*. Para resolver este problema vai ser implementado um som de aviso que soa durante 2 segundos de 2 em 2 minutos. Este tempo deverá ser o suficiente para lembrar ao chefe de linha, em caso de esquecimento, que a paragem ainda não foi limpa, mas ao mesmo tempo suficientemente curto para não se tornar irritante durante a resolução do problema.

Finalmente foi requisitado pelo MOE1 que o projecto final fosse entregue acompanhado de documentação. Esta documentação divide-se em 3 níveis:

1. Instruções operacionais para os utilizadores

2. Instruções operacionais para a manutenção do sistema.(Exemplo: Como proceder em caso de uma de avaria de hardware)
3. Documentação detalhada necessária para expansão do sistema actual

Como necessidades não funcionais foi ainda requisitado que o sistema fosse bastante fiável e robusto, com tolerância a falhas da alimentação eléctrica. Para além disso o custo do projecto deveria ser o mais baixo possível, sendo este idealmente zero.

Foi especificada ainda a restrição em relação ao software a utilizar para o desenvolvimento do sistema. É obrigatório que este seja comprado a um fornecedor certificado pelo mundo Bosch.

De seguida serão apresentados os requisitos propostos por parte do departamento BPS.

3.1.2 - Departamento BPS

O departamento BPS é responsável por garantir que o *Andon* seja especificado de acordo com o standard BPS. Como tal, os requisitos deste departamento em relação à especificação do *Andon* consistem em garantir que este cumpra o standard, e respeite os conceitos BPS de gestão visual e sistemas de reacção rápida.

Ao recolher os requisitos do departamento BPS foi detectado um conflito de requisitos entre o standard e o requisito de surgir o *layout* da célula assinalando o posto parado. No entanto, pode-se resolver este problema da seguinte forma: quando ocorre um pedido de paragem ou ajuda do operador, o *display* do *Andon* mostra o *layout* durante 5 segundos, permitindo assim ao operador orientar-se. De seguida mostra o painel de acordo com o que o standard BPS especifica.

Esta solução foi aprovada pelo MOE1 e pelo BPS.

3.1.3 - Departamento de Informática

O departamento de informática é responsável pela segurança da informação nos PCs. Para este efeito existem algumas regras de segurança que o sistema *Andon* irá ter que respeitar:

- Nunca pode estar uma sessão de conta aberta sem que esteja presente alguém
- Em caso de abandono do posto, o computador terá que ser sempre bloqueado, só podendo ser desbloqueado com a conta actual
- Caso exista a necessidade de um PC trabalhar com a conta de utilizador aberta, então esta conta de utilizador deverá consistir numa conta apenas criada localmente, sem acessos à rede geral

3.2 - Síntese das necessidades

Este capítulo apresenta uma síntese dos requisitos apresentados anteriormente assim como os requisitos dos sistemas baseados no BPS.

Nas fábricas cujo funcionamento é baseado numa filosofia de produção BPS, é de grande importância de existir informação sobre o estado de produtividade da célula em termos de eficiência e qualidade. Esta informação serve não apenas para alertar os engenheiros de produção para anomalias que possam eventualmente ir surgindo, mas também serve como sistema de auto-controlo e motivação para os operadores, fornecendo-lhes feedback imediato

do seu comportamento na linha. Serve também como apoio ao responsável de turno pois permite-o acompanhar as ocorrências da célula.

Para este efeito são utilizados elementos característicos da Gestão Visual, que permitem a qualquer colaborador que passe pela célula (Engenheiro de Produção, Responsável de turno ou Operadores da Célula) ter rapidamente uma noção do seu estado. Existe portanto a necessidade da informação exibida ser clara e transparente informando o estado da célula com informação reduzida, mas directa e precisa.

Dada a forte colaboração, integração e interoperabilidade que deverá existir entre os operadores e a automação das células, é vital que exista uma grande confiança do ser humano na fiabilidade da informação exibida.

Os *Quick Reaction Systems*, que facilitam e/ou permitem a resolução de problemas que possam surgir na linha, o mais rapidamente possível, devem também estar implementados no funcionamento da célula. Estes sistemas devem permitir a resolução de um problema detectado de modo a este ser resolvido o mais rapidamente possível. Estes problemas podem ser detectados directamente por uma máquina ou por um operador. Geralmente o operador detecta um problema nos seguintes casos:

- Quando existe o risco de que as peças utilizadas para a montagem acabem; neste caso, será necessário um reabastecimento não programado.
- Quando ocorre uma anomalia que provoca a paragem da linha de produção ou são detectados demasiados defeitos; neste caso, o responsável do turno terá que rapidamente socorrer o operador e resolver o problema ou desencadear um processo de resolução.

Existe também a necessidade de recolher informação sobre a eficiência e eficácia da produtividade da célula. Esta informação é depois analisada e utilizada nas reuniões *Point-CIP*, no dia seguinte, de forma a estabelecer projectos de melhoria. Como tal é importante que esta informação seja fiável e permita um bom diagnóstico do sistema.

O OEE (*Overall Equipment Efficiency*) é uma boa medida para o comportamento da linha pois permite caracterizar a linha, o seu equipamento, e operadores envolvidos em termos de Disponibilidade, Velocidade e Qualidade de produção. De modo a determinar estes parâmetros com precisão é necessário contabilizar para além das paragens originadas por ocorrência de defeitos ou erros nas máquinas, as paragens planeadas e intervalos.

Existem ainda problemas na linha que podem ser melhorados com o sistema a desenvolver. Um deles sendo o facto do responsável de turno ter que introduzir manualmente toda a informação caracterizadora das paragens não planeadas no programa REG_PAR, altura em que o responsável de linha dá naturalmente uma maior prioridade à resolução do problema.

No interesse de aproveitar boas práticas de funcionamento do sistema, a maior parte dos sistemas de gestão e tecnológicos de apoio à produção devem ser expansíveis para o resto da fábrica e compatíveis com os restantes sistemas implementados o que implica o respeito da filosofia e standards da empresa, assim como as regras de segurança de informação.

O sistema deverá estar de acordo com os outros *Andons* instalados no Mundo Bosch, o que implica que este esteja de acordo com o standard *Andon BPS*. Para além disso o sistema deve também disponibilizar a informação e funcionalidades de acordo com o que foi pedido pelo MOE1.

Para o sistema poder ser mantido e operado de forma eficaz, existe a necessidade de documentação suficiente para este efeito.

As necessidades para este sistema a desenvolver são portanto:

1. O sistema deverá permitir boa orientação dos operadores e engenheiros de produção, através de informação sobre a produção e eficiência
2. O sistema deverá auxiliar uma resolução rápida de problemas na linha, ao informar o chefe de linha de forma visual e sonora a ocorrência de paragens e pedidos de auxílio
3. O sistema deve contar com o erro humano e ajudar a preveni-lo
4. O sistema deve ser fiável e de confiança
5. O sistema deve ser fácil de instalar e manter
6. O sistema deve ser desenvolvido de acordo com os requisitos de segurança e standards da fábrica
7. O sistema deve calcular o OEE e guardar o historial da célula
8. O sistema deve ser de baixo custo

3.3 - Especificação detalhada dos Requisitos

De modo a melhor organizar os requisitos, estes foram agrupados em 4 grupos de requisitos: Instalação e Configuração, Manutenção, Execução e Estatístico. Para além destes requisitos, existem os requisitos não funcionais como ser de baixo custo, respeitar as regras de segurança de informação e ser fiável. Existe ainda a restrição de apenas utilizar software certificado pelo Mundo Bosch.

Tabela 1 Requisitos de execução

Requisito de execução	
Requisito	Necessidade
O sistema deverá utilizar uma interface como especificado no standard BPS	1,2,6
A informação a dispor deverá conter a produção actual, produção alvo, e desvio entre a produção ideal e a actual	1,2
O sistema deverá apresentar informação sobre a eficiência actual	1,2
O sistema deverá ter uma seta que indica a tendência da eficiência	1,2
O sistema deverá mostrar um <i>smiley</i> que varia a sua cor conforme a alteração da eficiência	1,2,3
O sistema deverá identificar a referência a ser produzida e respectiva família	1,2
O sistema deverá identificar o tempo de ciclo dependendo do balanceamento e da família a ser produzida	1,2

O sistema deverá exibir os eventos de paragens e atendimento num painel formato FIFO como especificado pelo BPS	1,2
A cada ocorrência da paragem ou atendimento novo deverá ser exibido o <i>layout</i> com a origem do evento assinalado.	1,2
O <i>Layout</i> também deverá mostrar um pequeno histórico das paragens em cada posto: número de paragens, número de atendimentos, tempo total de paragem acumulada	1,2
Deverá soar um tom sonoro a cada vez que um evento é actuado	1,2,3
Deverá ainda existir um semáforo de sinalização que fique verde em funcionamento normal, amarelo para pedido de assistência e vermelho para paragem	2
O som deve poder ser silenciado para não incomodar os operadores ao resolver o problema	1,2,3
Mesmo após ter sido silenciado o som continuará a tocar intermitentemente durante 2s de 2 em 2 minutos	1,2,3
Existe uma chave que permite ao chefe de linha limpar os pedidos de atendimento ou paragem	1,2
O sistema deverá libertar o chefe de linha de ter de registar as paragens no REG_PAR	1,2,3
Deverão existir instruções operacionais sobre a utilização do sistema	3
Em caso de intervalo ou paragem para reunião deverá aparecer uma sinalização indicadora e a produção deverá ser parada	1,2

Tabela 2 Requisitos de instalação e configuração

Requisitos de instalação e configuração	
Requisito	Necessidade
A célula, a secção e nomes dos postos devem ser parâmetros configuráveis	5
A interacção com os sistemas da célula deve ser simples e estes devem ser pouco específicos à CL1	5,8
A gestão horária deve ser configurável	5

Tabela 3 Requisitos Estatísticos

Requisitos Estatísticos	
Requisito	Necessidade
O sistema deverá registar dados referentes às paragens dos postos: Posto, hora duração, causa, referência	7
O sistema deverá calcular e guardar os parâmetros do OEE	7
O sistema deverá guardar os seguintes parâmetros no final de cada turno: Data, Produção Objectivo, Produção real, eficiência, número de paragens, número de chamadas, PPMS e os 3 parâmetros do OEE	7

Tabela 4 Requisitos de Manutenção

Requisitos Manutenção	
Requisito	Necessidade
O sistema deverá trabalhar em funcionamento contínuo, com tolerância a falhas de alimentação	5,4
O funcionamento base (requisitos de execução) deverão estar sempre garantidos	4
Deverá existir documentação para ser possível expandir o projecto ou compor avarias de hardware	5

Tabela 5 Requisitos não-funcionais

Requisitos não-funcionais	
Requisito	Necessidade
O sistema deve ser de baixo custo. Idealmente 0.	8
O sistema deverá ser fiável e reflectir a realidade do que se passa na célula de produção	4
O sistema deverá respeitar as regras de segurança de informação	4,5

3.4 - Interfaces do sistema

Na fase final da análise dos requisitos foi elaborado um esboço das interfaces a apresentar pelo Andon para os vários eventos que podem ocorrer na célula. Por razões de segurança de dados da empresa os dados utilizados nas interfaces abaixo são fabricados. Os nomes reais da célula de produção e das famílias encontram-se tapados.

A sequência de eventos a apresentar é a seguinte:

Em termos de funcionalidade do Pull-Corde layout com dados sobre as paragens:

1- Operador pede assistência no posto 139 (Figura 14):

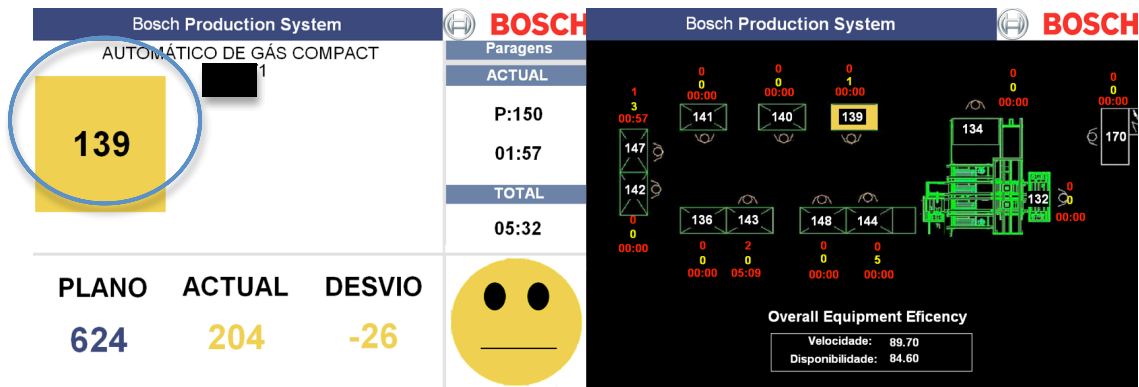


Figura 13 Pedido de ajuda po posto 139 na interface FIFO(esquerda) e na interface Layout(direta)

2-Operador pede paragem no posto 140:

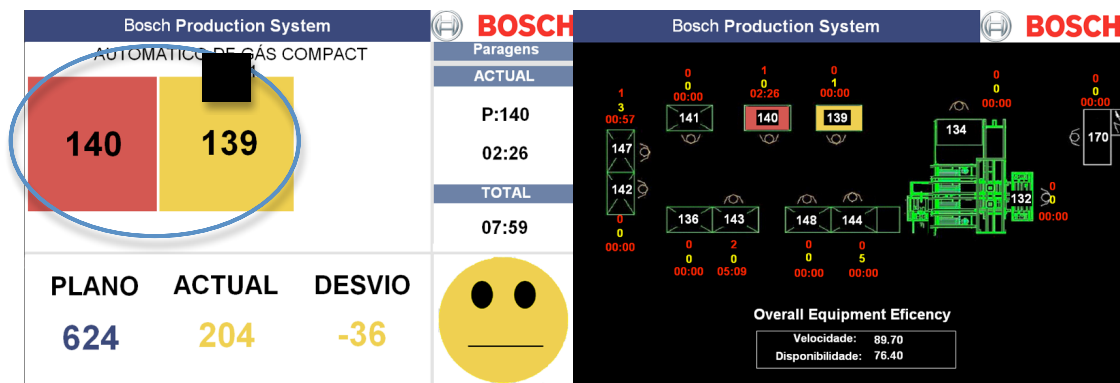


Figura 14 Pedido de ajuda do posto 139, seguido de um pedido de paragem do posto 140 na interface FIFO(esquerda) e na interface Layout(direita)

3-Silenciamento da sirene:

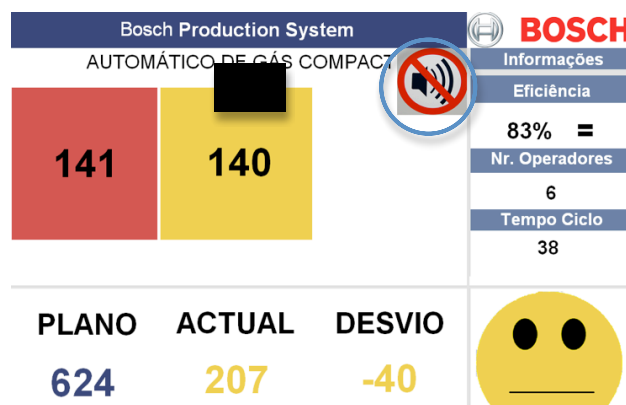


Figura 15 Pedido de ajuda do posto 140, seguido de um pedido de paragem do posto 141 com o aviso de silenciamento da sirene

4-Operador roda a chave de reset para apagar os eventos.

É de reparar que no painel lateral da figura 15 são exibidos 3 parâmetros nomeadamente o posto da última/actual paragem e a duração da mesma.

Em termos de funcionamento de eficiência foram especificadas as seguintes interfaces e comportamentos:

1-Eficiência <80% sem tendência para subir nem para descer:

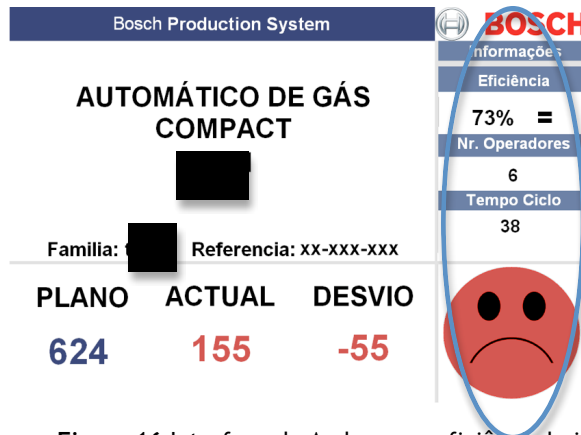


Figura 16 Interface do Andon com eficiência baixa

2-Eficiência entre 80% e 95% com tendência para descer

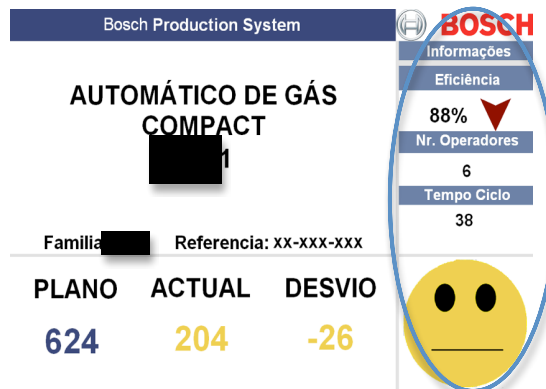


Figura 17 Interface do Andon com eficiência média

3-Eficiência entre 95% e 110%, com tendência para subir:

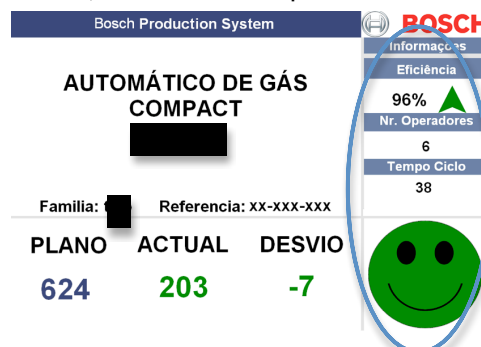


Figura 17 Interface do Andon com boa eficiência

Foram ainda especificadas as interfaces para a gestão horária, histórico, e paragens planeadas e intervalo apresentados respectivamente nas figuras :

Gestão Horaria

	Turno1	Turno2	Turno3
Início:	06:00:00	13:30:00	21:00:00
Intervalo:	09:30:00	17:30:00	01:30:00
Intervalo Fim:	09:40:00	17:40:00	01:40:00
Fim:	13:30:00	21:00:00	04:30:00
Activo:	🚫 ●	🚫 ●	🚫 ●

Figura 17 Interface para gerir o horário de trabalho na célula. O sistema acima está a funcionar em apenas 2 turnos. O 3º está inactivo.

Histórico				Actual	
	Turno1	Turno2	Turno3		
Data:	01/06/09	01/06/09		Hora Actual: 15:32	
Objectivo:	573	336	0	Turno Actual: 2	
Produzido:	426	221	0	Tempo útil disponível: 03:14	
Eficiência(%):	74.3	65.8	0.0	Família: █████	
Nº Chamadas:	4	2	0	Tempo de ciclo: 45.0	
Nº Paragens:	5	0	0	Nr. de Operadores: 6	
Disponibilidade(%):	85.6	100.0	0.0	Produção Alvo: 624	
Qualidade(%):	98.6	98.2	0.0	Produção Ideal: 247	
Velocidade(%):	88.4	66.4	0.0	Produção Actual: 207	
OEE(%):	74.6	65.2	0.0	Eficiência(%): 83.8	
PPMS:	14084	18099	0		
Overall Equipment Efficiency					
Velocidade(%): 62.2					
Disponibilidade(%): 100.0					

Figura 17 Interface para apresentar o historial da célula para cada turno passado. Também é exibida informação sobre o turno actual para comparação

Bosch Production System

AUTOMÁTICO DE CÁS COMPACT

PARAGEM PLANEADA

PLANO	ACTUAL	DESVIO
624	207	-40

BOSCH

Informações

Eficiência

83% =

Nr. Operadores

6

Tempo Ciclo

38

Figura 17 Aviso na interface do Andon para indicar o decorrer de uma paragem planeada

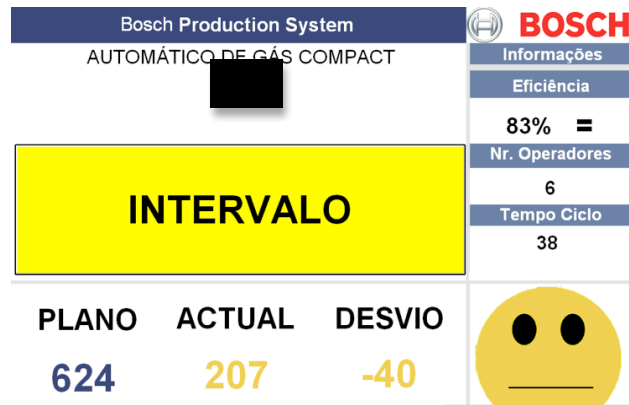


Figura 18 Aviso na interface do Andon para indicar o decorrer de uma paragem planeada

Para além do *display* do *Andon* também é necessário especificar as botoneiras para pedidos de auxilio e paragem e o semáforo luminoso com buzina:

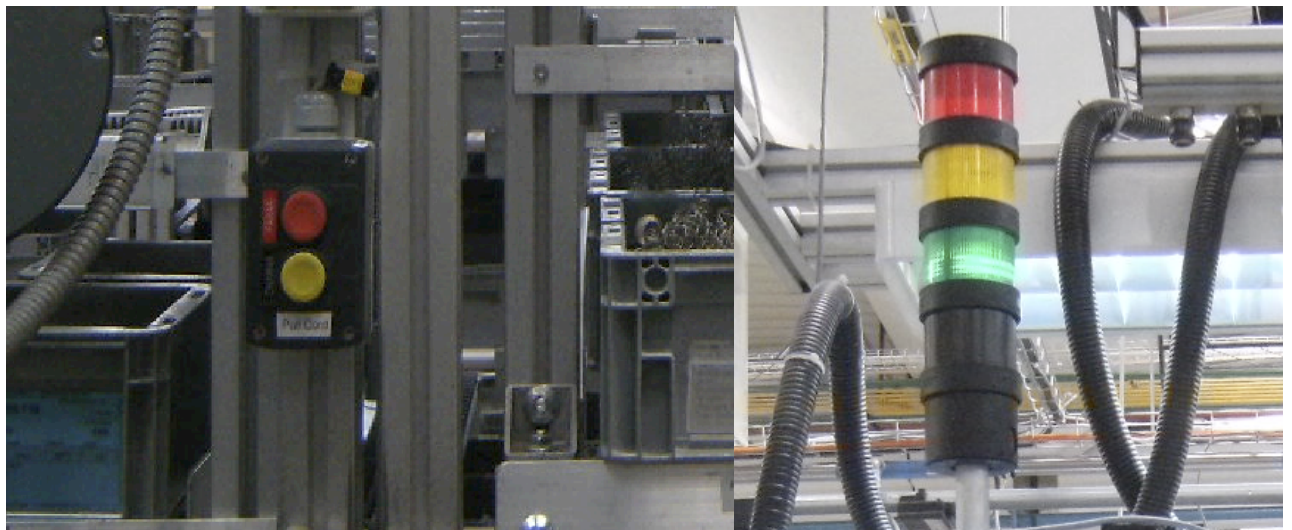


Figura 19 Botoneiras utilizadas pelo *Andon* para implementar a funcionalidade *Pull-Cord* (esquerda), e semáforos com buzina para alertar o chefe de linha(direita)

No capítulo seguinte serão apresentados blocos funcionais que permitem suportar as interfaces especificadas e implementar os requisitos determinados.

Capítulo 4

4 Análise Funcional

A partir da análise de requisitos do capítulo anterior foi elaborada a arquitectura funcional do sistema, que está organizada em quatro módulos principais como indicado na figura abaixo:

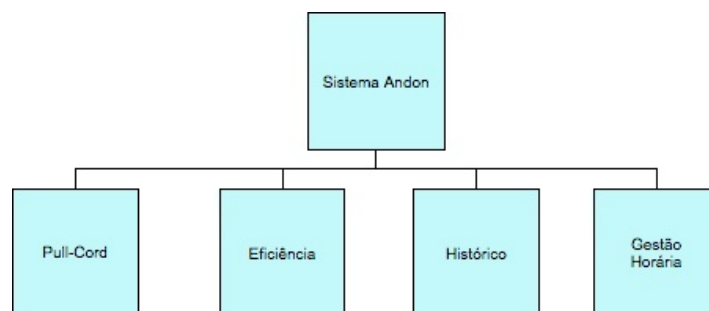


Figura 20-Módulos funcionais

Cada um dos quatro módulos é constituído por módulos funcionais mais pequenos. Cada módulo é descrito numa tabela que apresenta as entradas, saídas, algoritmo, e display. Isto permite mais facilmente perceber o funcionamento dos módulos como um conjunto. Enquanto alguns módulos têm o objectivo de disponibilizar informação nas interfaces especificadas na parte display, outros têm apenas o objectivo de disponibilizar sinais de saída para alimentar as entradas de outros módulos; em alguns dos casos não é necessário especificar um algoritmo pois o funcionamento é suficientemente simples.

Segue-se uma descrição de cada um dos módulos assim como uma descrição detalhada dos sub-módulos constituintes.

4.1 - Pull-Cord

Este módulo trata o modo de funcionamento e exibição da informação relevante aos pedidos de paragem e atendimento dos operadores, e aviso dos chefes de linha em tempo real da mesma forma como foi discutido no standard Andon na secção 2.5. O *Pull-Cord* é constituído pelos seguintes sub-módulos:

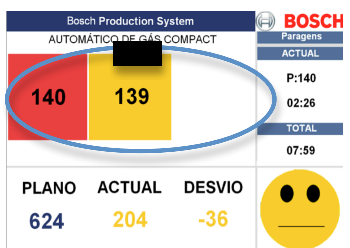
4.1.1 - FIFO:

Descrição:

Sempre que se carrega num botão de ajuda ou paragem, o FIFO exhibe o último acontecimento no lado mais à esquerda, deslocando os restantes uma casa para a direita. Caso surja um pedido de paragem da linha vindo de um posto, quaisquer pedidos de atendimento vindos do mesmo posto deverão ser eliminados. Caso a linha esteja parada por pedido de um posto, e seja feito um pedido de atendimento proveniente do mesmo posto, este pedido irá ser ignorado.

Ao rodar uma chave, os eventos presentes no FIFO serão limpos.

Tabela 6-Descrição do FIFO

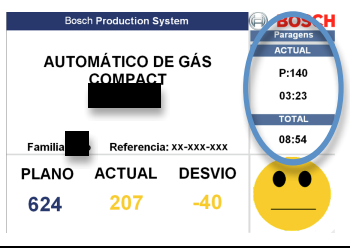
FIFO		
Entradas	Saídas	Display
<ul style="list-style-type: none"> -Nomes dos postos -Sinal de atendimento(um por posto) -Sinal de paragem(um por posto) -Chave de RESET 		
Algoritmo		
<ul style="list-style-type: none"> -Utilizar uma stack que funcione segundo o First in First Out -Sinal de atendimento ou sinal de paragem provoca a inserção de um novo elemento na stack.(Contar com os casos em que os atendimentos devem ser ignorados. Contar com os casos em que os atendimentos devem ser removidos) -Este elemento deverá conter a informação sobre o tipo de paragem e o posto associado. -Os diversos elementos da stack são lidos e conforme a sua posição e tipo são atribuídos no monitor FIFO as diferentes figuras. 		

4.1.2 - Painel lateral *Pull-Cord*

Descrição:

No início de cada turno estes valores são iniciados com zero. Este conjunto consiste em 3 parâmetros: O nome do posto em que ocorreu a paragem mais recente, a duração desta paragem e a duração acumulada da linha.

Tabela 7-Descrição do Painel Lateral *Pull-Cord*

Painel Lateral <i>Pull Cord</i>		
Entradas	Saídas	Display
<ul style="list-style-type: none"> -Nomes dos postos -Sinal de paragem(um por posto) -Chave de RESET -Sinal de novo turno 		
Algoritmo		

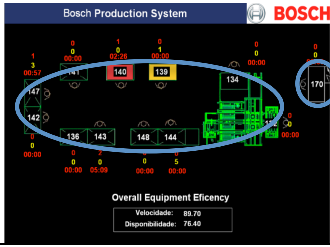
-O contador de tempo de paragem total conta sempre que uma paragem está activa
 -Sempre que o sistema passa do modo sem paragem para o modo em, o contador de tempo Actual é reiniciado e o nome do posto da última paragem é actualizado
 -Quando o a chave de RESET é girada, o contador Actual e Total param de contar. No entanto os valores não são apagados.
 -Quando é detectado um turno novo os contadores temporais voltam a zero e o nome do posto actual passa apenas a dizer "P:"

4.1.3 - Layout Pull-Cord:

Descrição:

Sempre que ocorre um evento de pedido de paragem o posto que provocou o evento fica com uma cor amarela ou vermelha, dependendo de ser um pedido de assistência ou paragem. Enquanto a chave de RESET não for rodada os postos de trabalho irão manter-se assinalados. Os eventos são acumulativos e em caso de um evento de paragem e assistência virem do mesmo posto o evento de paragem terá prioridade.

Tabela 8-Descrição do Layout Pull-Cord

Layout Pull Cord		
Entradas	Saídas	Display
-Sinal de atendimento(um por posto) -Sinal de paragem(um por posto) -Chave de RESET		
Algoritmo		

4.1.4 - Aviso Sonoro:

Descrição:

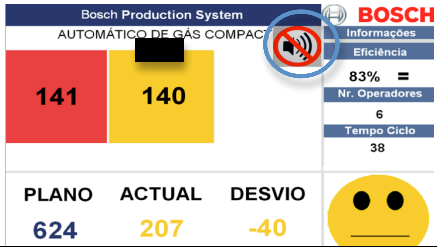
Sempre que ocorre um evento de paragem ou atendimento soa um som distinto. Este som deverá ser diferente para um atendimento e para uma paragem.

O som pode ser silenciado com o carregar de um botão. No entanto ficará visível que o sistema foi silenciado. Para além disso o som soará de 2 em 2 minutos durante 2 segundos.

O sistema sonoro fica completamente desligado quando as paragens forem limpas.

Tabela 9-Descrição do Aviso Sonoro

Aviso Sonoro		
Entradas	Saídas	Display

<ul style="list-style-type: none"> -Sinal de atendimento(um por posto) -Sinal de paragem(um por posto) -Sinal de silencio -Chave de RESET 	<ul style="list-style-type: none"> -Sinal sonoro que varia conforme o tipo de evento 	
Algoritmo		

4.2 - Eficiência

O objectivo deste módulo é a orientação dos operadores e chefes de linha em relação ao estado produtivo da célula. Associados a isto estão os valores de produção e eficiência.

4.2.1 - Produção:

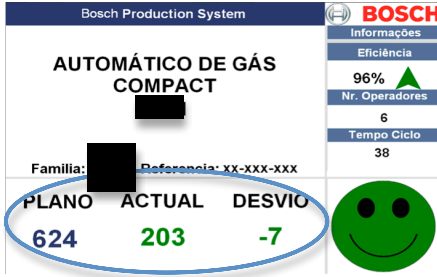
Descrição:

O objectivo deste módulo é disponibilizar as informações sobre a produção actual, a diferença entre a produção actual e a produção actual ideal, e o plano de produção para o final do turno.

Disponibilizar as informações sobre a produção actual, desvio e plano de produção no quadro *Andon*. As cores dos indicadores de produção actual e desvio varia para diferentes graus de eficiência:

- eficiência(95%-110%)->verde
- eficiência(80%-75% e >110%)->amarelo
- eficiência(<80%)->vermelho

Tabela 10-Descrição do módulo Produção

Produção		
Entradas	Saídas	Display
<ul style="list-style-type: none"> -Sinal de peça pronta(ocorre cada vez que uma peça foi feita com sucesso) -tempo de ciclo -Sinal de intervalo de turno -sinal de paragem planeada -sinal de novo turno -sinal de turno novo -sinal de tempo disponível para o final do turno 	<ul style="list-style-type: none"> - número de peças produzidas -peças produzidas idealmente -delta(peças produzidas idealmente - peças produzidas) -plano de produção no final do turno -eficiência -velocidade (OEE) 	
Algoritmo		
<ul style="list-style-type: none"> -existe um contador que conta a produção actual. Este incrementa sempre que é detectado o sinal de peça nova. -a produção ideal é uma simulação da produção segundo o tempo de ciclo ideal sem paragens não -o delta(desvio) é calculado pela diferença entre a produção e produção ideal -a eficiência é a que a produção actual represente da produção ideal -a produção ideal é uma simulação da produção segundo o tempo de ciclo ideal com paragens não planeadas -o plano de produção irá responder à seguinte questão: “Se a célula trabalhar com este nº d operadores a fabricar esta família até ao final do turno qual será a produção alvo no final do turno?” Esta informação permite ao chefe 		

de linha ter uma noção de quanto ainda irá ser produzido.
 Ao alterar o nº de operadores ou a família em produção altera automaticamente o tempo de ciclo pelo que o plano de produção terá que ser recalculado da seguinte forma:
 plano de produção=produção ideal+tempo útil disponível/tempo de ciclo

4.2.2 - Eficiência Painel Lateral

Descrição:

O objectivo deste módulo é disponibilizar informação adicional e intuitiva aos utilizadores de modo a que estes se orientem melhor na célula de produção. Isto inclui o número de operadores, o tempo de ciclo, a eficiência, uma seta com a tendência da eficiência, e um *smiley* que varia conforme a eficiência.

Tabela 11-Descrição do módulo Eficiência Painel Lateral

Eficiência		
Entradas	Saídas	Display
-eficiência de produção -número de operadores -tempo de ciclo		
Algoritmo		
-o tempo de ciclo, nº de operadores e eficiência resultam directamente das entradas -a seta tem 3 modos de representação: seta cima verde, seta baixo vermelho, sinal de igual preto. Isto representa respectivamente a tendência da eficiência é subir, descer, ou sem tendência. A tendência calcula-se comparando a média da eficiência ao longo de dois minutos, com a média da eficiência ao longo dos dois minutos anteriores. -O smiley varia de acordo com a eficiência: -eficiência(95%-110%)→smiley verde a sorrir -eficiência(80%-95% e >110%)→smiley amarelo normal -eficiência(<80%)→smiley vermelho triste		

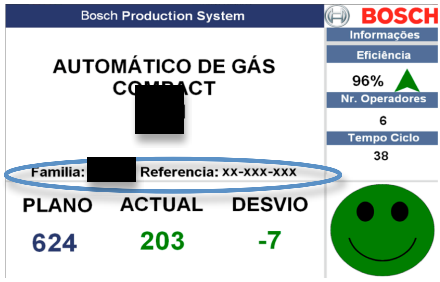
4.2.3 - Tciclo

Descrição:

O objectivo deste módulo é descobrir o tempo de ciclo a partir do número de operadores e da referência a ser produzida. Serve principalmente como módulo auxiliar aos outros sub-módulos

Tabela 12-Descrição do Módulo Tciclo

Tciclo		
Entradas	Saídas	Display

-referência -número de operadores	-tempo de ciclo -família do produto	
Algoritmo		
-A partir da referência descobrir a família -A partir da família e do número de operadores, descobrir o tempo de ciclo		

4.3 - Gestão Horária

Este módulo não se divide em sub-módulos; no entanto, é de extrema importância para o funcionamento correcto dos módulos restantes. Proporcionando informações sobre troca de turnos e outros eventos associados ao horário de trabalho. Os dados são recolhidos a partir da interface estipulada.



	Turno1	Turno2	Turno3
Início:	06:00:00	13:30:00	21:00:00
Intervalo:	09:30:00	17:30:00	01:30:00
Intervalo Fim:	09:40:00	17:40:00	01:40:00
Fim:	13:30:00	21:00:00	04:30:00
Activo:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 21-Interface de introdução dos dados para o módulo gestão horária

Tabela 13-Descrição do módulo Gestão Horária

Gestão Horária		
Entradas	Saídas	Display

<p>(por turno) -hora início -início do intervalo -fim do intervalo, -fim do turno -turno activo</p>	<p>-tempo útil disponível -turno -Em intervalo -Em Paragem planeada -tempo total de turno</p>	
<p>Algoritmo</p>		

4.4 - Histórico

O módulo histórico tem dois grandes objectivos, o primeiro é disponibilizar informação histórica de curto prazo de uma forma visível directamente no quadro *Andon*. O segundo é o armazenamento da informação histórica a longo prazo numa base de dados. Existem no entanto outros sub-módulos auxiliares que ajudam a calcular a informação necessária. Segue-se a descrição dos sub-módulos funcionais.

4.4.1 - Overall Equipment Efficiency:

Descrição:

Este módulo tem como objectivo calcular os parâmetros do OEE na célula de produção. Estes parâmetros vão posteriormente ser armazenados historicamente.

Tabela 14-Descrição do Módulo OEE

<p>OEE</p>		
<p>Entradas</p>	<p>Saídas</p>	<p>Display</p>

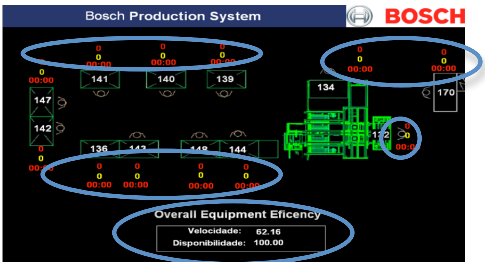
<ul style="list-style-type: none"> -Velocidade(do módulo Eficiência\produção) -Tempo acumulado de paragens -Tempo total do turno -número de peças produzidas -números de peças defeituosas 	<ul style="list-style-type: none"> -Velocidade -Disponibilidade -Qualidade -OEE 	
Algoritmo		
<ul style="list-style-type: none"> -O parâmetros velocidade pode ser automaticamente tirado a partir da informação de entrada -O parâmetro Disponibilidade dá-se pela divisão directa do (tempo total de turno-tempo total de paragens) a dividir pelo tempo total do turno -O parâmetro Qualidade calcula-se através da divisão das (peças produzidas-peças defeituosas) pelas peças produzidas 		

4.4.2 - Layout histórico:

Descrição:

O objectivo deste sub-módulo é a recolha e a disponibilização da informação histórica sobre as paragens a curto prazo, pelo que este módulo apenas guarda a informação sobre o turno em que se encontra. Ainda se achou necessário responsabilizar este módulo por mostrar os dois parâmetros do OEE: disponibilidade e velocidade.

Tabela 15-Descrição do módulo Layout Histórico

Layout Histórico		
Entradas	Saídas	Display
<ul style="list-style-type: none"> -pedido de paragem(um por posto) -pedido de assistência(um por posto) -chave de RESET -velocidade(OEE) -disponibilidade(OEE) -turno 	<ul style="list-style-type: none"> -Número total de paragens por posto -Número total de pedidos de assistência por posto -Tempo total de paragem por posto -Tempo total de paragens -Tempo total de pedidos de assistência 	
Algoritmo		
<ul style="list-style-type: none"> -Cada evento de cada posto(paragem ou assistência) têm um contador -Cada vez que é detectado um evento é incrementado o respectivo contador -Caso o evento seja uma paragem, é activo o contador de tempo do respectivo posto -Ao detectar a chave de reset todos os contadores de tempo param de contar -Ao trocar o turno, todos os contadores são limpos 		

4.4.3 - Histórico geral:

Descrição:

O objectivo deste módulo é a recolha e exibição durante pouco tempo do historial da célula. Esta informação recolhida também é disponibilizada de modo a ser inserida na base de dados. Deve também exibir a informação do turno a decorrer actualmente de modo a ser possível compará-lo com turnos anteriores.

Para além disso é responsável pelo armazenamento dos valores de cada turno numa base de dados.

Tabela 16-Descrição do módulo Histórico Geral

Histórico Geral		
Entradas	Saídas	Display
-sinal troca de turno -turno -data -produção ideal -produção actual -eficiência -número de pedidos de atendimento -número de pedidos de paragem -velocidade -disponibilidade -qualidade -número de defeitos -OEE -hora -dados guardados com sucesso	-Para cada turno passado: data, turno, objectivo, produzido, eficiência, número de pedidos de atendimento, número de pedidos de paragens, velocidade, disponibilidade, qualidade, OEE, PPMS -Para o turno actual: hora actual, turno, tempo útil disponível, família de produto, número de operadores, tempo de ciclo, produção alvo, produção actual, produção ideal, eficiência, velocidade, disponibilidade -sinal valores gravados com sucesso	
Algoritmo		
-Cada vez que o final do turno é detectado gravar os valores nos locais respectivos. A maior parte dos dados são passados para o histórico de forma directa. O único valor que necessita de alguma manipulação é o valor dos PPMS. $PPMS = \text{peças defeituosas} / \text{peças produzidas} * 1000000$ -no final dos valores serem gravados é enviado o sinal de valores gravados com sucesso		

4.4.4 - Histórico de paragens:

Descrição:

Este módulo é responsável pelo armazenamento dos dados das paragens. Como tal é responsável por guardar numa base de dados os valores guardados no PAR_REG.

Tabela 17-Descrição do módulo Histórico de Paragens

Histórico de Paragens		
Entradas	Saídas	Display
-posto da paragem -duração da paragem -hora da paragem -razão da paragem -referência envolvida na paragem -data -turno -chave RESET	-sinal paragem gravada -comando de inserção de valores na base de dados	
Algoritmo		
-Cada vez que o sinal de paragem resolvida é recebido os dados restantes recebidos são inseridos na base de dados.		

Tendo noção das entradas e saídas de cada módulo é mais fácil ter noção de como estes interagem entre si. De modo a clarificar o seu funcionamento, o esquema em blocos abaixo desenhado mostra as ligações entre os vários sub-módulos funcionais.

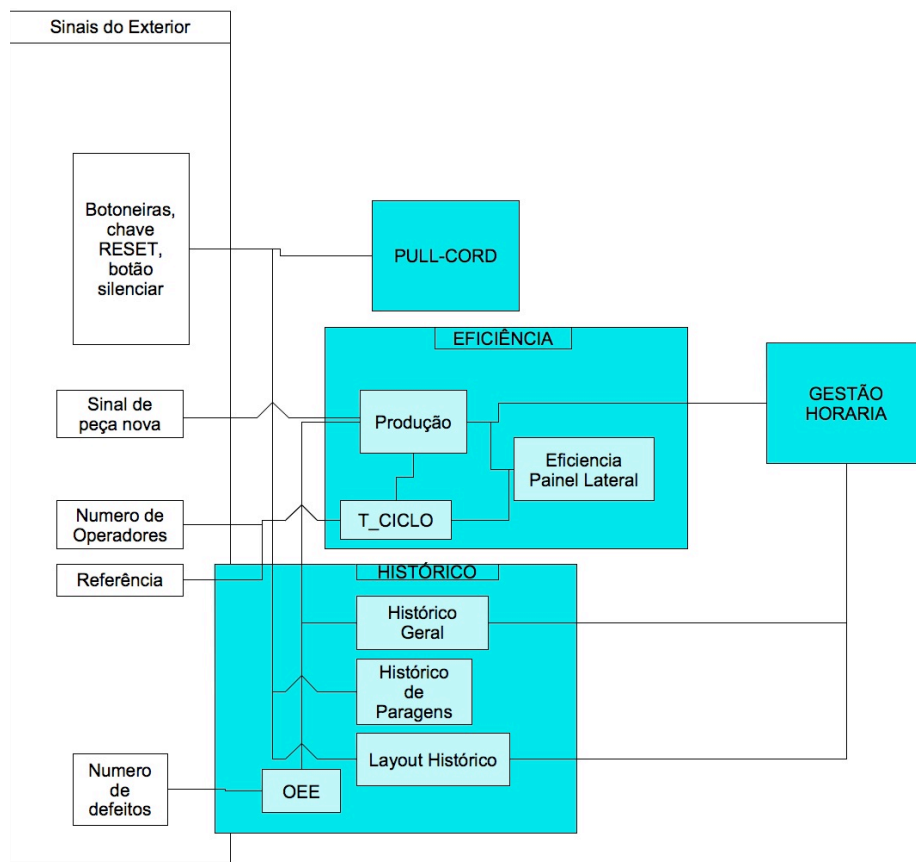


Figura 22-Ligação entre sub-módulos

Capítulo 5

5 Síntese e Desenvolvimento

Neste capítulo é descrito o desenvolvimento e a implementação das funcionalidades discutidas e especificadas nos capítulos anteriores.

Nele serão ainda tratadas diversas questões que deram origem ao sistema final instalado na célula CL1 na Vulcano. Como tal irá ser discutida a arquitectura geral do sistema, a forma de determinar a família e o tempo de ciclo da peça em produção, para correctamente calcular a produção esperada, o registo automatizado das paragens nos postos para libertar tempo ao chefe de linha e a interligação ao sistema central para acesso à base de dados central. Finalmente serão apresentados a arquitectura final que permite ao sistema corresponder aos requisitos especificados, e o modo como os módulos funcionais especificados na análise funcional são implementados no sistema final.

5.1 - Arquitectura geral do sistema

Para efeitos de arquitectura do sistema foram consideradas duas opções: a arquitectura distribuída e a arquitectura centralizada. Numa arquitectura distribuída cada sistema *Andon* a instalar funciona de forma independente processando todos os dados localmente, enquanto que numa arquitectura centralizada cada sistema *Andon* reporta os seus dados a um sistema central responsável por gerar os sinais para o *display*. Os conceitos destas duas arquitecturas irão ser apresentadas de seguida, seguindo-se uma comparação entre as duas que levará à escolha da arquitectura que melhor se enquadra nos requisitos.

Finalmente irá ser feita uma apresentação das tecnologias escolhidas para possibilitar a implementação da arquitectura pretendida.

5.1.1 - Arquitectura centralizada

Numa arquitectura centralizada existe um conjunto de sistemas de aquisição de dados nas linhas, podendo ser constituídos por autómatos, bus ASI ou cartas de aquisição de dados. Os dados são recolhidos localmente na célula e enviados para um sistema central através de uma

troca de mensagens. Neste sistema central ocorre o processamento dos dados provenientes de um conjunto de sistemas *Andons* instalados pela fábrica. Após o seu processamento estes dados são devolvidos ao respectivo quadro *Andon* situado na célula.

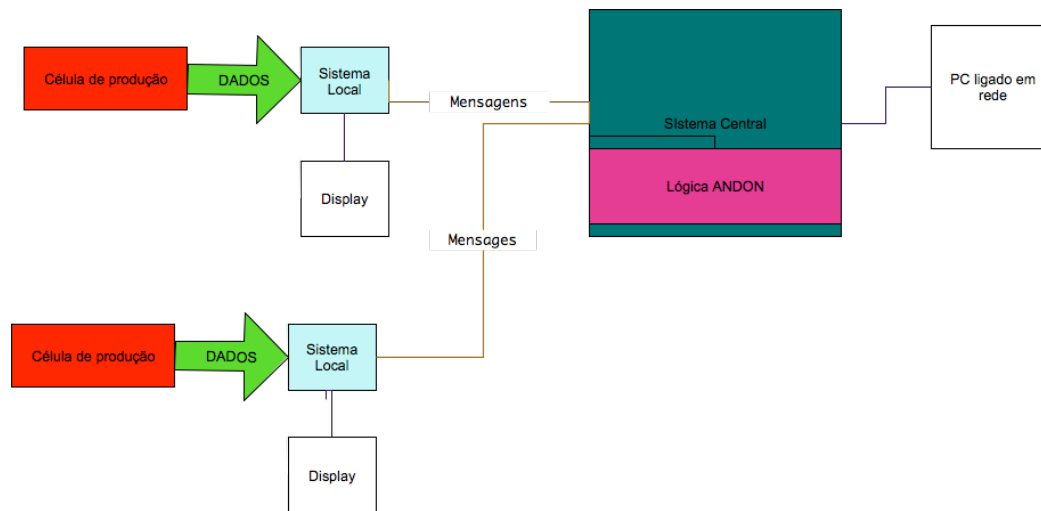


Figura 23-Arquitectura centralizada

A vantagem desta arquitectura reside no facto de qualquer alteração feita no sistema central automaticamente influenciar todos os sistemas Andons da mesma forma. Esta funcionalidade facilita bastante a gestão global dos dados de configuração e actualizações aos Andons.

Para além disso, toda a informação necessária para tratamento estatístico encontra-se automaticamente disponível no sistema central facilitando assim o seu acesso.

No entanto, apesar das vantagens, a latência das mensagens enviadas e recebidas em alturas de alto tráfego de dados é suficientemente significativa para gerar problemas a nível de tempo de resposta do sistema aos pedidos de ajuda. Isto resulta num decréscimo de fiabilidade e confiança do operador no sistema.

5.1.2 - Arquitectura distribuída

Nesta arquitectura cada sistema Andon processa os dados localmente, recorrendo apenas aos sistemas centrais, em situações pontuais, para aceder a bases de dados. Dada a aquisição dos dados e o processamento destes ocorrer localmente existe a vantagem da resposta do sistema ser mais rápida e fiável.

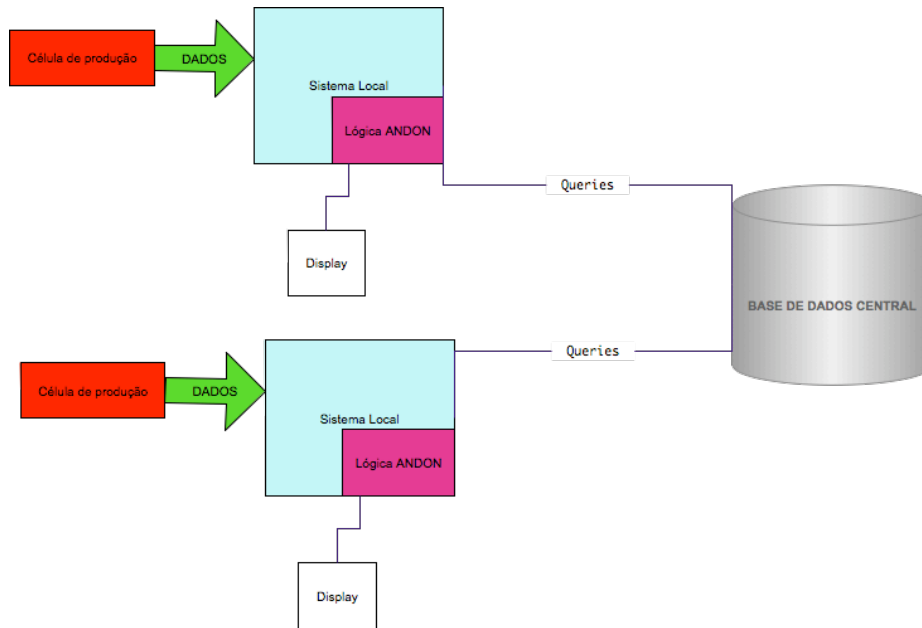


Figura 24-Arquitectura Distribuída

A desvantagem deste sistema é a reduzida centralização dos sistemas *Andons*, que origina como consequência uma configurabilidade mais reduzida. Para além disso, o facto do sistema que processa os dados ter que existir localmente em cada sistema *Andon*, pode contribuir para um aumento de custo de instalação para cada sistema.

5.1.3 - Comparação do impacto das arquitecturas

Tendo sido identificados os requisitos influenciados pelas diferentes arquitecturas procedeu-se a uma comparação dos mesmos numa matriz de avaliação. Nesta matriz recorre-se aos sinais --,-,0,+,++ para ilustrar as diferenças entre as duas abordagens.

Tabela 18-Comparação de diferentes Arquitecturas

Requisito	Arquitectura		Comentário
	Distri buída	Centralizada	
O sistema deverá trabalhar em funcionamento contínuo, com tolerância a falhas de alimentação	+	-	Um sistema local tem mais facilidade em recuperar de uma falha de alimentação
O funcionamento base (requisitos de execução) deverão estar sempre garantidos	+	0	Dada toda a troca de informação funcionar por troca de mensagens no sistema centralizado, pode ser mais complicado garantir prioridade para certas funcionalidades
A célula e secção e nomes dos postos devem ser parâmetros configuráveis	0	+	Apesar de ser também possível de configurar o sistema local, como o sistema centralizado tem a lógica concentrada num ponto, pode vir a ser mais fácil de configurar o sistema a partir de um ponto qualquer na rede, desde que este tenha acesso de configuração ao sistema local

A gestão horária deve ser configurável	0	+	Apesar de ser também possível de configurar o sistema local, como o sistema centralizado tem a lógica concentrada num ponto, pode vir a ser mais fácil de configurar o sistema a partir de um ponto qualquer na rede, desde que este tenha acesso de configuração ao sistema local
O sistema deverá libertar o chefe de linha de ter de registar as paragens no PAR_REG	0	+	Dado que o sistema centralizado envia por defeito todos os valores para o sistema central, será mais conveniente utilizar esta abordagem para implementar este requisito. Para além disso o sistema central poderá ser acedido a partir de qualquer ponto na rede facilitando assim ao operador completar e consultar a informação registada pelo Andon
O sistema deve ser de baixo custo. Idealmente 0.	0	+	Ao instalar vários andons, os custos dos sistemas distribuídos poderão vir a ser mais elevados que os custos dos sistemas centralizados
O sistema deverá ser fiável e reflectir a realidade do que se passa na célula de produção	++	-	Dada a latência das mensagens passadas entre a aquisição de dados e o sistema central da arquitectura centralizada em alturas de alto tráfego, poderão surgir discrepâncias temporais entre o que se passa realmente na célula e o que o quadro andon apresenta. Isto pode-se tornar bastante pejorativo no funcionamento dos sistemas de reacção rápida

Ao analisar os impactos que cada abordagem pode vir a ter nos requisitos considerou-se também a importância de cada requisito. Como foi visto anteriormente um requisito fundamental dos sistemas *Andons* na filosofia *Lean* e BPS é a veracidade da informação apresentada, e a confiança depositada sobre o sistema por parte dos utilizadores. Como tal nota-se que o sistema terá muito maior sucesso caso seja adoptada a arquitectura distribuída.

Para além disso, as vantagens conseguidas ao adoptar uma arquitectura centralizada em relação aos requisitos de configuração e registos no PAR_REG incidem mais sobre a dificuldade da implementação destas funcionalidades e não tanto sobre o desempenho do sistema final.

Após analisar a informação obtida optou-se portanto por uma arquitectura local para o sistema *Andon*.

Tendo sido escolhida a arquitectura pretendida foram definidas as tecnologias utilizadas para a implementar correctamente.

De modo a potenciar a fiabilidade do sistema optou-se por utilizar para a aquisição dos dados um autómato interligado com um software de SCADA para fazer o *display* da informação e interfaces pretendidas. Para simplificar a interface de utilizadores optou-se ainda por ligar uma consola ao sistema.

Como autómato foi escolhido o *Mitsubishi FX2N* dado existirem alguns destes autómatos na fábrica como sobra de uma actualização a uma linha de montagem. Como software de SCADA foi utilizado o *Lookout* da *National Instruments*. A utilização deste software foi uma restrição imposta, dado existirem licenças deste software já adquiridas, e o software ter

obrigatoriamente de ser comprado a um fornecedor Bosch, neste caso a *National Instruments*.

Como o autómato pode funcionar com variáveis de retenção em caso de falha de alimentação, e o *Lookout* permite gravar o seu estado actual a cada minuto, a utilização destas duas tecnologias garante que o sistema recupera o seu funcionamento em caso de falha da alimentação.

Como consola foi utilizada a E300 pois interage transparentemente com o autómato da Mitsubishi. A comunicação entre o *Lookout* e o autómato é conseguida através de uma ligação RS-232. O *Lookout* possui drivers de comunicação para suportar o protocolo FX2N, o que torna a troca de informação simples.

A arquitectura do sistema projectado encontra-se exemplificada na figura abaixo:

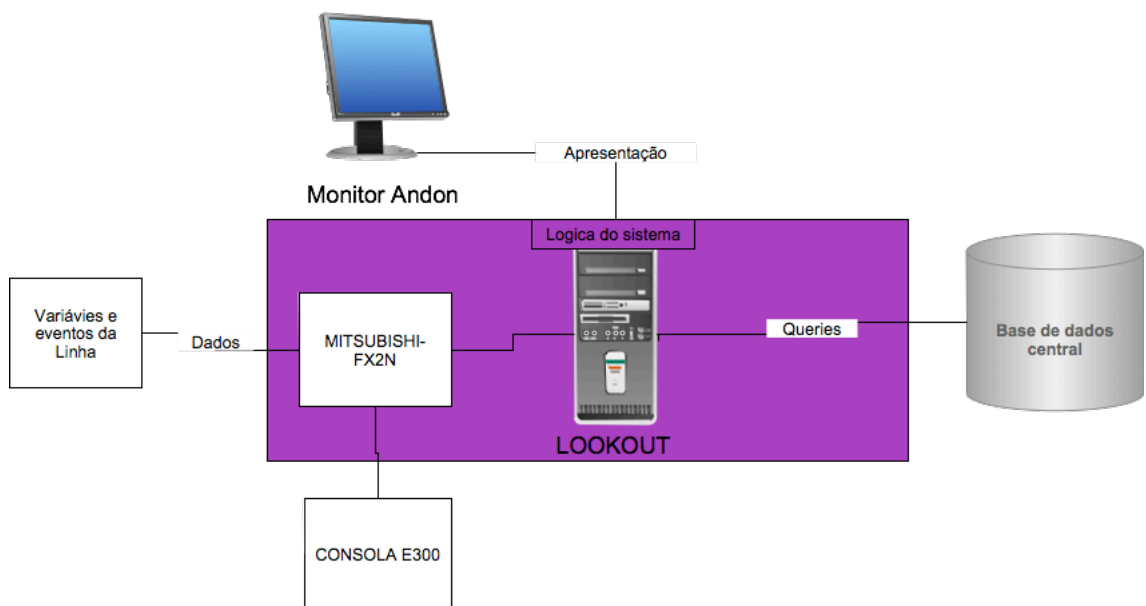


Figura 25-Constituição simples do sistema

5.2 - Determinar família e tempo de ciclo

Uma das questões essenciais do desenvolvimento do sistema *Andon* consiste no método de obtenção do tempo de ciclo da peça que está a ser produzida de momento. Esta é uma questão complexa, visto o tempo de ciclo depender simultaneamente do balanceamento da célula e da família a que pertence a referência da peça produzida. Este problema divide-se portanto em diversas etapas: determinar o balanceamento, determinar a referência da peça, a partir da referência da peça determinar a sua família, e finalmente determinar o tempo de ciclo a partir do balanceamento e da família da peça a ser produzida. Estas questões irão ser tratadas de seguida.

5.2.1 - Determinar o balanceamento da célula

Visto que o chefe de linha é responsável por atribuir o número de operadores às células, a forma mais fácil de obter a informação sobre o balanceamento é a introdução directa deste na consola. Ou seja, trata-se de introduzir um procedimento que estabelece que o chefe de linha, de cada vez que altera o balanceamento, deve também submeter o número de operadores na célula directamente na consola. Assim a informação irá ficar imediatamente disponível ao sistema *Andon*.

5.2.2 - Determinação da referência em produção

Foram identificadas três abordagens possíveis para a determinação da referência em produção a partir da análise da CL1 na secção 3.3:

1. Através do sistema de informação da célula e das *tags*
2. Através dos ficheiros de texto armazenados no PC da célula
3. Através da trama de dados que é passada para a impressora de etiquetas

Segue-se uma breve explicação de cada uma destas abordagens seguida da avaliação da melhor solução a escolher.

5.2.2.1 - Sistema de informação da célula e tags

De modo a garantir o funcionamento correcto da célula, o sistema de informação tem sempre que saber qual a referência em produção. Esta informação é passada através das *tags* e entre os diversos autómatos da marca *Beckhoff* pelo protocolo ADS (Um protocolo próprio dos autómatos ADS). O problema reside no facto do autómato da Mitsubishi FX2N não ser compatível com o protocolo ADS. A forma de resolver este problema consiste portanto em adicionar uma carta de rede *Modbus* ao FX2N e disponibilizar a informação sobre a referência a ser produzida num autómato da *Beckhoff* de modo a permitir a leitura por *polling*.

Esta solução é muito boa em termos de fiabilidade e velocidade de actualização da informação, no entanto tem os custos adicionais da carta de expansão e da alteração ao programa do autómato *Beckhoff*.

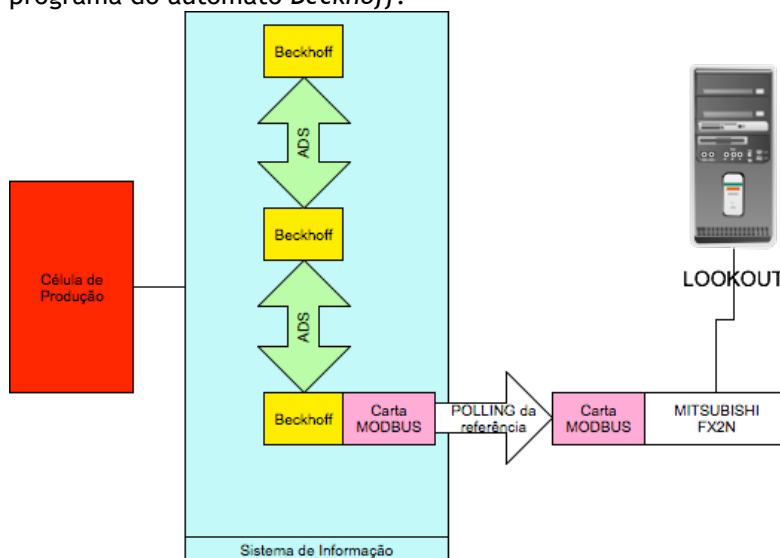


Figura 26-Ligação Modbus ao sistema de Informação da célula

5.2.2.2 - Ficheiros de texto armazenados no PC na célula

Como discutido anteriormente na apresentação da célula CL1 existe um PC situado na célula de montagem que tem com objectivo armazenar os ficheiros de texto com detalhes sobre cada referência produzida. Existe também, a correr sobre este PC, o processo ENV_FIC responsável por ir apagando os ficheiros e preencher esta informação na base de dados central.

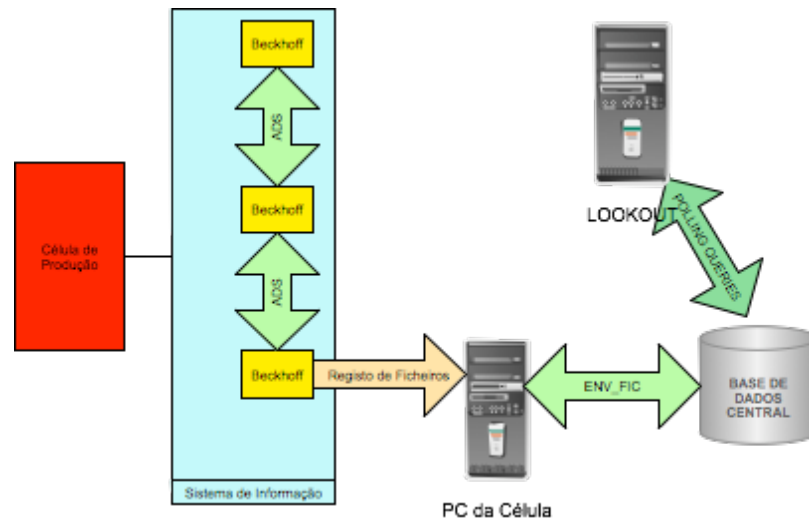


Figura 27-Forma de obter referências através da base de dados central

A ideia consiste portanto em pesquisar na base de dados central em intervalos de tempo definidos pelo último registo de referência efectuado, sabendo assim a última referência que está em produção na célula.

Este método ficaria a custo zero e iria ser fiável, no entanto a base de dados central demora sempre em média cerca de 6 minutos a processar o pedido de pesquisa. Visto que o tempo de ciclo de uma referência ronda os 40 segundos, a informação iria chegar sempre com 9 peças de atraso em relação à informação verdadeira.

5.2.2.3 - Trama de impressão

No final da célula existe a impressora que é responsável por imprimir uma etiqueta com o código de barras associado a cada peça produzida. A trama de impressão é enviada por um automático do sistema de informação da célula para a impressora de etiquetas a cada vez que uma peça nova é produzida .

O protocolo de comunicação entre a impressora e o automático consiste apenas numa trama enviada por um cabo de série segundo o standard RS-232. A trama de dados enviada contém informação codificada de acordo com a Zebra Programming Language ou ZPL. A ZPL é a linguagem de comunicação da impressora e determina o formato da etiqueta a ser imprimida. A informação contida nesta trama é entre outras a referência da peça a ser produzida. É portanto possível retirar a referência a ser produzida apenas ao fazer *parsing* da trama enviada.

A ideia consiste portanto em utilizar um *cable-sniffer* na comunicação entre o automático e a impressora. Um *cable-sniffer* é um cabo que permite a uma terceira máquina espiar tudo o

que está a ser transmitido entre dois terminais a comunicar por um cabo série. A montagem do cabo é simples e está exibida na figura abaixo.

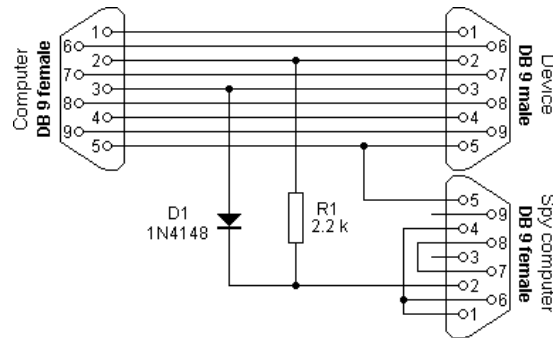


Figura 28-Montagem de um cabo sniffer

Assim ligando a terceira ponta do “sniffer” à porta série do PC com o *Lookout* garante-se que o *Lookout* consegue “ouvir” tudo o que é transmitido à impressora.

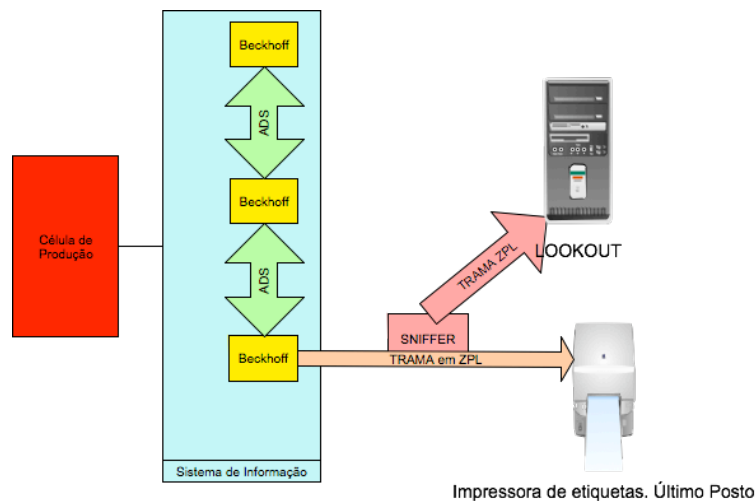


Figura 29-Implementação do cabo sniffer para descobrir trama com referência

A vantagem desta abordagem é o baixo custo de implementação que consiste apenas num conversor USB-RS232 para uma segunda porta de comunicação para o PC. Para além disto a informação é obtida imediatamente quando a peça é produzida. A única desvantagem desta abordagem reside no facto do ruído industrial poder corromper a informação contida na trama de dados.

5.2.2.4 - Avaliação e implementação da solução

Após recolher a informação prosseguiu-se à comparação das diferentes soluções. Estas comparações foram feitas em relação a custo, fiabilidade de informação e velocidade de resposta.

Tabela 19-Comparação das soluções para identificar referências em produção

Parametro	Soluções
-----------	----------

	1	2	3
Custo(++barato/--caro)	--	++	++
Fiabilidade	+	+	0
Velocidade de resposta	++	--	+

Ao utilizar um cabo blindado para proteger o *sniffer* das interferências consegue-se aumentar a fiabilidade. Tendo sido feito testes adequados às tramas recebidas com o *sniffer* concluiu-se que o sistema ficaria suficientemente fiável.

5.2.3 - Descobrir a família em produção

Após descobrir a referência é necessário descobrir a família a que a referência pertence. Para isto o ideal seria fazer uma pesquisa à base de dados central, no entanto como estas pesquisas podem levar até 6 minutos foi elaborada uma base de dados local em Access .mdb que associa às referências gravadas a sua família correspondente. Esta pesquisa à base de dados local é concluída em menos de 2 segundos para uma base de dados com cerca de 700 registos pelo que esta abordagem se torna satisfatória.

No entanto ao implementar a solução acima referida depara-se com um problema em relação à actualização da base de dados local. Isto é, sempre que uma nova referência entra em produção na célula existe a necessidade de actualizar a base de dados local.

A forma de resolver este problema foi a seguinte:

1. Cada vez que é detectada uma referência cujo registo não consta na base de dados, esta referência é gravada com o nome de família “nada”.
2. Existe um processo a correr no PC com a base de dados local e o Lookout que a uma certa hora de cada dia pesquisa a base de dados local pelas referências pertencentes à “família” “nada”
3. Todos os registos desta família são pesquisados na base de dados central pela família verdadeira
4. Os registos obtidos são actualizados na base de dados local

Consegue-se assim uma base de dados que é sistematicamente actualizada sem gastar grandes recursos de processamento.

5.2.4 - Determinar o tempo de ciclo

A partir do momento em que é obtido o balanceamento e a família em produção, é possível obter o tempo de ciclo através de uma pesquisa numa base de dados local. Esta pesquisa tem como parâmetros de entrada o número de operadores e a família, e como parâmetro de saída o tempo de ciclo esperado.

Dado estar a ser utilizada uma base de dados local é necessário que exista um processo que actualize os tempos de ciclo, visto que estes podem ser alterados devido a acções de melhoria que ocorrem na célula (Secção 2.6.2).

5.3 - Registo automatizado de paragens

Um dos requisitos do sistema *Andon* a desenvolver é que este insira informação sobre as paragens que ocorreram na base de dados central libertando assim o chefe de linha de utilizar o REG_PAR .

No entanto, apesar do sistema *Andon* poder adquirir a maior parte da informação necessária ao REG_PAR como por exemplo o posto em que ocorreu a paragem e o tempo de duração da mesma, existe a necessidade do chefe de linha completar a informação adquirida classificando a causa da paragem e a referência envolvida.

Para este fim foram determinadas duas maneiras do operador completar a informação disponibilizada pelo *Andon*:

1. A seguir a cada paragem ter sido resolvida o operador submete a causa da paragem na consola
2. A seguir a cada paragem ter sido resolvida o próprio *display* do quadro *Andon* altera-se para uma interface onde o operador insere a causa da paragem e a referência envolvida na paragem. Esta solução implica que exista um teclado e um segundo monitor ligados ao PC onde está a correr o *Lookout*.

Enquanto que a segunda opção permite uma melhor classificação da paragem, dado não existir informação sobre como os chefes de linha vão reagir perante a obrigação de ter de classificar a paragem, optou-se por inicialmente utilizar a solução da consola com quatro caracterizadores:

- Abastecimento - Para problemas com abastecimento de componentes
- Infra-estruturas - Para problemas com as infra-estruturas da célula
- Qualidade - Para problemas com peças defeituosas
- Equipamento - Para equipamentos na célula que não funcionem direito

Assim, em caso de esquecimento de registara ocorrência por parte do chefe de linha, o funcionamento base do quadro *Andon* não é posto em causa. Isto aconteceria caso fosse utilizada a solução 2 pois o *display* do quadro iria ficar alterado.

No entanto, ficou previsto em caso de sucesso de funcionamento da primeira etapa do sistema, passar a utilizar a solução 2 que permitiria completamente eliminar a utilização do REG_PAR por parte do chefe de linha.

5.4 - Interligação com o sistema central

Dado o *Lookout* do quadro *Andon* ter que funcionar numa sessão de sistema operativo aberta, segundo os requisitos de segurança do departamento de informática não é permitido que este PC tenha acesso à rede. É portanto impossível que o *Lookout* possa comunicar directamente com o sistema de dados central. Para resolver este problema optou-se por pôr o *Lookout* apenas a comunicar com bases de dados locais. Estas bases de dados contêm as seguintes tabelas:

- Histórico de turno - cada registo contem os parâmetros com os detalhes sobre o turno, desde quantidades produzidas a parâmetros do OEE
- Paragens - cada registo contem a informação pedida pelo REG_PAR
- Família - cada registo tem uma referência com a respectiva família associada
- Tempo de ciclo - cada registo tem uma família com um balanceamento, com o tempo de ciclo determinado

Todas estas tabelas necessitam de ter uma interligação com a base de dados central. No caso do histórico de turno e das paragens é necessário que esta informação seja inserida na base de dados central.

No caso das tabelas família e tempo de ciclo é necessário que ocorram actualizações às tabelas, pois os tempos de ciclo vão sendo alterados e vão sendo criadas novas referências.

A estratégia utilizada para resolver estes problemas é a mesma que foi referida anteriormente no ponto 5.2.4. Serão utilizados processos a correr sobre o PC com o *Lookout* e a base de dados local. Estes processos têm os acessos necessários à base de dados central e servem portanto de intermediário entre estas duas bases de dados.

5.5 - Arquitectura final do sistema

A arquitectura final permite satisfazer os requisitos pedidos para o sistema e ao mesmo tempo garante que é possível adquirir toda a informação necessária para alimentar os módulos funcionais a implementar no sistema *Andon*.

Segue-se a explicação do sistema exibido na imagem abaixo, assim como a explicação das entidades responsáveis por obter as informações necessárias ao funcionamento do *Andon*

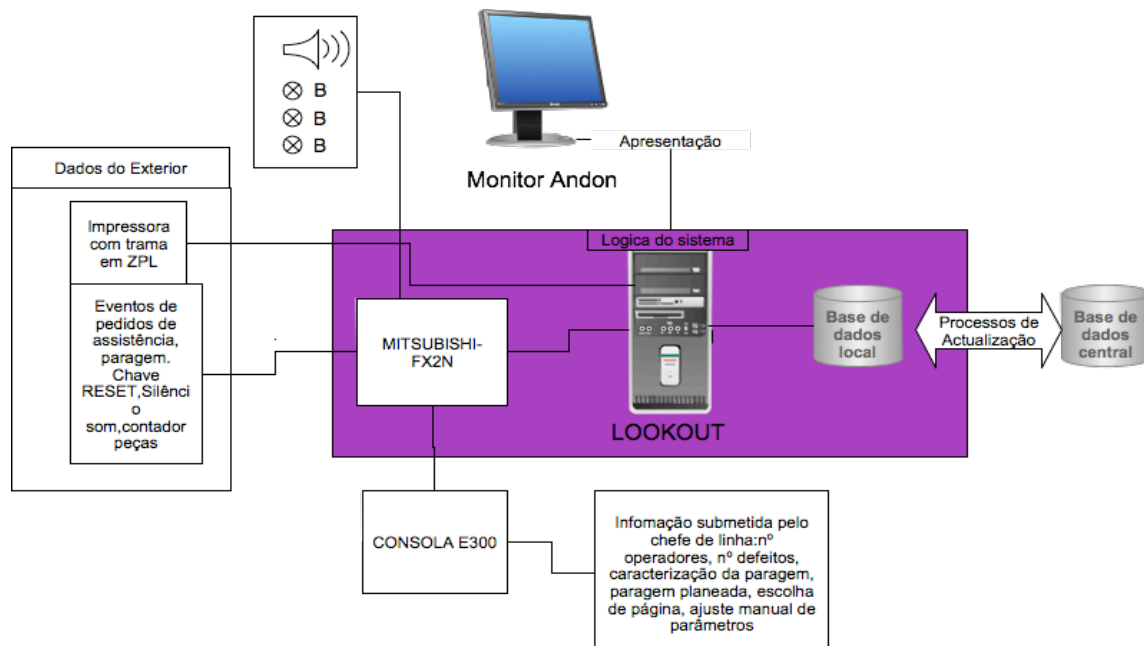


Figura 30-Sistema Andon complexo

O automático é responsável por adquirir os sinais de pedidos de assistência e paragem dos diferentes postos, assim como o sinal da chave de RESET e o botão de silêncio. Para além disso, o automático tem também através de um relé, uma ligação à luz verde que acende sempre que uma peça é fabricada (apresentada na secção 2.6.3), conseguindo assim contar as peças produzidas. Como saídas físicas, o automático tem uma para uma buzina sonora e mais 3: uma para uma luz verde, outra para uma luz amarela e outra para uma luz vermelha.

A consola é responsável por adquirir informação submetida pelo chefe de linha, sendo esta a seguinte:

1. o número de operadores
2. o número de defeitos no final de cada turno
3. qualificação das paragens.
4. Estipulação de início e fim de Paragem Planeada
5. Aceder à página do histórico do quadro *Andon*
6. Determinar manualmente os valores de produção alvo, de produção ideal e de produção actual em caso do sistema ter ficado desligado durante algum tempo por falta de alimentação.

O *Lookout* está ligado à impressora pelo *sniffer* para obter a informação sobre a referência em produção.

A lógica do sistema *Andon* é controlada através do automático e do *Lookout*. Segue-se uma explicação de como os módulos funcionais foram implementados sobre esta arquitectura.

5.6 - Implementação dos módulos funcionais

Esta secção tem por objectivo proporcionar uma ideia geral da estruturação do programa e da forma como as funcionalidades do sistema foram distribuídas entre o automático programável e o sistema de supervisão implementado com o software *Lookout*.

O *Lookout* é um programa para desenhar sistemas SCADA e funciona de forma bastante intuitiva. Recorre a blocos de funções que manipulam e geram sinais a exibir na interface SCADA.

A disponibilização gráfica no *Lookout* é bastante simples. Por exemplo, para exibir a informação de um contador basta “arrastá-lo” para cima da interface, transformando-se automaticamente num *display* numérico.

Por esta razão, não se justifica explicar em detalhe como os dados são exibidos no *display*, mas apenas donde provem a informação.

Para além disso não será possível entrar em detalhe na lógica do programa pois isso iria requerer um bom conhecimento da programação em *Lookout* e no Mitsubishi FX2N. Irá portanto ser feita uma apresentação geral de como os módulos foram implementados no *Lookout* ou/e no autómato. Esta apresentação irá incidir mais sobre a forma como os dados são passados entre o autómato, *Lookout* e ou restantes módulos. Segue-se a implementação do módulo *Pull-Cord*, a implementação do módulo eficiência, a implementação do módulo Gestão Horária, e a implementação do módulo Histórico.

5.6.1 - Implementação do módulo Pull-Cord

O *Pull-Cord*, por ter um funcionamento mais ligado ao que se passa em tempo real na célula de produção, foi implementado num modo misto, ou seja com uma parte da lógica do módulo implementada no autómato permitindo um acesso rápido aos dados provenientes do exterior e outra parte da lógica do módulo implementada no *Lookout* permitindo a geração adequada das interfaces a mostrar no quadro.

Todos os eventos de pedido de atendimento, pedido de paragem, silenciamento do sistema sonoro e chave de RESET são mapeadas para variáveis de memória do autómato. Estas variáveis são lidas pelo *Lookout* que gera o *display* adequado. Neste módulo ainda é implementada a lógica no autómato que gere as saídas que controlam a buzina e o semáforo do *Andon*. A figura abaixo exemplifica o modo de funcionamento do módulo *Pull-Cord*.

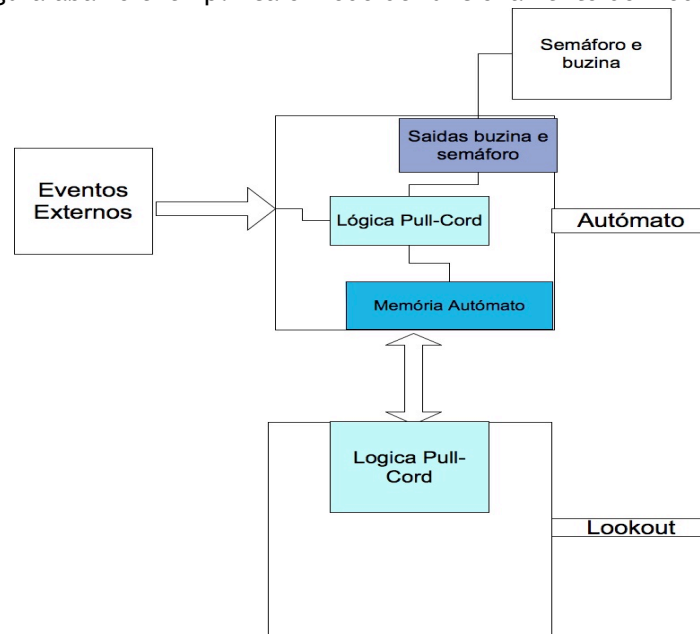


Figura 31-Diagrama de Blocos para o funcionamento geral do Pull-Cord

5.6.2 - Implementação do módulo Eficiência

Como o módulo Eficiência tem o objectivo de acompanhar a produção na célula de montagem, também foi implementado num modo misto, ou seja com uma parte da lógica implementada no autómato e uma outra parte implementada no *Lookout*.

No autómato foram implementados os contadores de produção nomeadamente os que contam a produção actual, através de um contador ligado à entrada que detecta os automáticos produzidos (Secção 2.6.3). A produção ideal também é controlada no autómato e é simulada através de um contador que incrementa com a cadência do tempo de ciclo.

No *Lookout* está implementada a lógica que gere o *display* das interfaces e para além disso a lógica que detecta o tempo de ciclo a partir do balanceamento e da família a ser produzida.

A imagem abaixo completa a explicação da implementação do módulo:

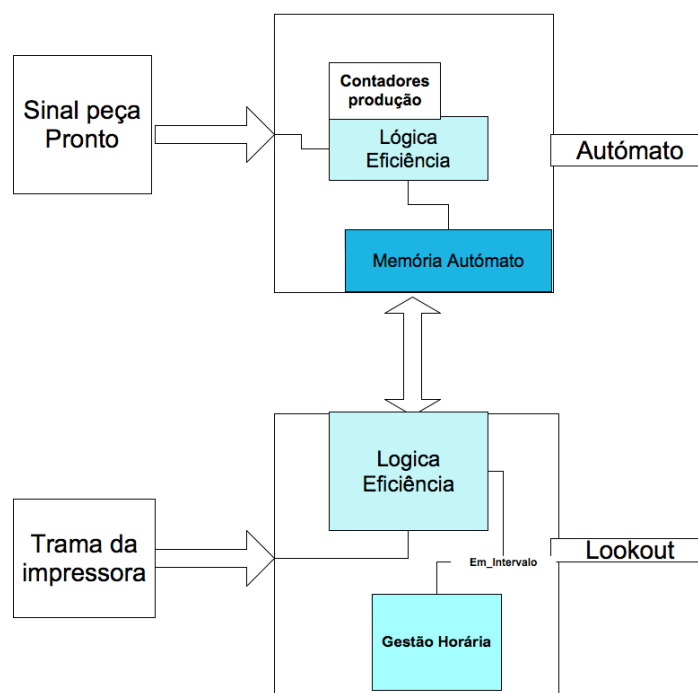


Figura 32-Diagrama de blocos para o funcionamento geral do módulo Eficiência

5.6.3 - Implementação do módulo Gestão Horária

O módulo de gestão horária foi completamente implementado no *Lookout*, pois não necessita de recolher informação da célula de produção, e apenas serve para prestar informação sobre os turnos ou intervalos aos restantes módulos. A única interação existente entre este módulo e o autómato é devido à informação sobre a paragem planeada que é introduzida na consola directamente pelo chefe de Linha.

5.6.4 - Implementação do módulo Histórico

O Histórico por estar mais ligado à funcionalidade de tratamento estatístico dos dados adquiridos pelo sistema *Andon* foi apenas implementado recorrendo ao *Lookout*. Isto deve-se ao facto do módulo Histórico funcionar apenas com dados já processados pelos outros módulos. Assim sendo estes dados estão todos disponíveis no *Lookout*.

No entanto, tal como na implementação do módulo Gestão Horária existe a necessidade de interligar este módulo ao autómato por forma a obter a caracterização da paragem por parte do chefe de linha, sendo esta introduzida na consola conforme apresentado na secção(5.5)

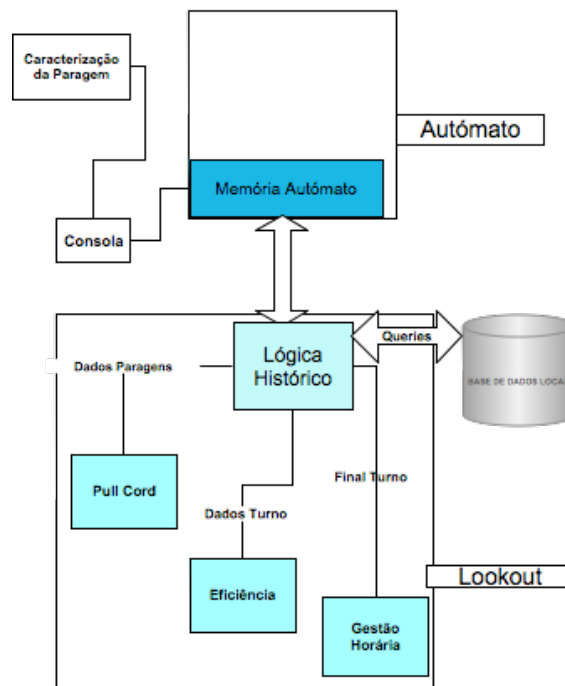


Figura 33-Diagrama de blocos para o funcionamento geral do módulo Histórico

Parte do projecto consistiu na documentação do mesmo. Os diferentes tipos de documentação necessários ao projecto irão ser apresentados de seguida.

5.7 - Documentação do sistema Andon

Conforme identificado no WBS na secção 1.4 foi elaborada documentação necessária para garantir o sucesso futuro do projecto. A documentação necessária para este fim pode ser dividida da seguinte forma:

1. Especificação do sistema - A especificação do sistema tem por objectivo permitir a uma pessoa rapidamente perceber porque o sistema *Andon* existe, quais as suas funcionalidades principais, e como estas são conseguidas através das interfaces pretendidas.

2. Instruções- As instruções são destinadas aos diferentes utilizadores do sistema *Andon*. Permitem que estes possam correctamente operar o sistema. Para este efeito existem 3 tipos de instruções :
 - a. Instruções operacionais -Referem-se à utilização do dia-a-dia do *Andon*
 - b. Instruções de instalação - Cobrem os passos que uma pessoa deve seguir ao efectuar uma nova instalação de um sistema *Andon*
 - c. Instruções de manutenção- Cobrem os cuidados a ter ao efectuar operações de manutenção sobre o sistema
3. Implementações futuras - Esta documentação descreve passos a ter em relação à expansão do sistema. Neste caso a documentação irá cobrir dois aspectos:
 - a. A interligação com a base de dados central
 - b. O registo das paragens directamente no *Lookout* sem a necessidade da consola

Tendo sido terminado a documentação do sistema *Andon*, segue-se o próximo capítulo com as conclusões e perspectivas futuras.

Capítulo 6

6 Conclusão e perspectivas

O sistema *Andon* implementado permitiu todas as funcionalidades dos módulos *Pull-Cord* e Eficiência, e Gestão Horária assim como algumas das funcionalidades do módulo Histórico. Como consequência disso este sistema foi recebido com entusiasmo na célula CL1 e permitiu um melhor acompanhamento do estado da célula em tempo real.

Este trabalho foi desenvolvido de acordo com a metodologia de engenharia de sistemas. Isto teve a vantagem de permitir uma abordagem sistemática ao problema em causa. Permitiu planear os requisitos e os passos de implementação a ter em conta de modo a desenvolver o projecto correctamente. Através desta metodologia foi também possível efectuar uma análise de requisitos mais ambiciosa e abrangente, que deu origem à identificação de funcionalidades não esperadas inicialmente.

De todas as funcionalidades projectadas foi dada prioridade às funcionalidades mais relacionadas ao funcionamento base do *Andon*, tendo ficado as funcionalidades restantes previstas para implementação futura.

As funcionalidades que ficaram em falta foram nomeadamente a interligação ao sistema central de dados através dos processos discutidos na secção 5.4, que iriam permitir a actualização das bases de dados locais e a inserção dos dados sobre as paragens na base de dados do REG_PAR. Isto não foi possível visto o departamento de informática, responsável por desenvolver estes processos se encontrar bastante sobrecarregado. Uma outra funcionalidade que não foi completamente implementada foi a caracterização total da paragem por parte do chefe de linha conforme discutido na secção 5.3. No entanto, ficou disponibilizada a documentação necessária de modo a implementar o sistema final no futuro.

Embora não seja possível objectivamente quantificar o impacto do sistema *Andon* instalado na célula, foi possível constatar que o sistema permitiu aos operadores terem uma melhor noção do estado produtivo da célula, e permitiu aos chefes de linha que se orientassem mais intuitivamente nos círculos de reacção rápida apresentados na secção 2.4. Esta avaliação foi obtida informalmente em diálogo directo com os operadores e chefes de linha na CL1 dado não ser possível avaliar de forma objectivo e quantificável o verdadeiro impacto do sistema *Andon* na célula de produção.

Um requisito estipulado para o sistema inicialmente foi este ter de ser de instalação simples de modo a poder ser facilmente espalhado pelo resto da fábrica. Após a implementação do sistema na CL1 foi requisitada uma segunda instalação do sistema *Andon* na célula CL2. Esta instalação foi possível numa tarde de trabalho devido à forma como o sistema ficou desenhado e como o requisito foi respeitado. Ficou ainda planeado instalar o sistema em mais duas células de montagem, no entanto esta instalação foi adiada para o ano seguinte devido a prioridades estratégicas.

Em conclusão, ao contrario de outros sistemas *Andons* mais complexos com funcionalidades mais sofisticadas, o *Andon* desenvolvido tem um funcionamento simples e fiável, o que permitiu uma fácil aderência ao sistema em pouco tempo por parte dos operadores e utilizadores.

Referências

- [1] J. P. Womack & D. T. Jones, Lean Thinking. Simon & Schuster, 2005
- [2] Jeffrey K. Liker & David Meier, The Toyota Way Fieldbook, McGrawHill 2006
- [3] Robert Bosch, Visual Management (Element Description), Bosch 2003
- [4] Robert Bosch, Quick Reaction Systems (Element Description), Bosch 2005
- [5] Robert Bosch, Continuous Improvement Process (Element Description), Bosch 2005
- [6] Robert Bosch, Standard Andon, Bosch 2005
- [7] TTPO/TEF3/P.Laranjeiro, TTPO Traceability System, Bosch 2008
- [8] National Instruments, Lookout Developers Manual, National Instruments 2004
- [9] Mitsubishi, Mitsubishi Programming Guide, Mitsubishi 2001
- [10] Mitsubishi, Mitsubishi Communications Manual, Mitsubishi 2003
- [11] Sutron, Connection to Beckhoff ADS Serial, Sutron 2005
- [12] ZIH Corp, Stripe S600, ZIH Corp 2005
- [13] <http://www.lammertbies.nl/comm/cable/RS-232-spy-monitor.html> acedido em 14/04/2009 às 16:25