



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carlos Eduardo Abreu de Carvalho

Funções Desempenhadas pelos
Smart Objects no Suporte à Gestão
em Tempo Real da Produção



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carlos Eduardo Abreu de Carvalho

Funções Desempenhadas pelos
Smart Objects no Suporte à Gestão
em Tempo Real da Produção

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Goran D. Putnik

DECLARAÇÃO

Nome: Carlos Eduardo Abreu de Carvalho

Endereço eletrónico: carlos.carvalho90@live.com Telefone: 934 377 086

Número do Bilhete de Identidade: 13738381

Título da dissertação: Funções desempenhadas pelos *smart objects* no suporte à gestão em tempo real da produção

Orientador: Professor Doutor Goran D. Putnik

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 31/10/2014

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação é fruto da orientação, disponibilidade e apoio de várias pessoas a quem gostaria de manifestar o devido reconhecimento e gratidão:

Ao Prof. Doutor Goran D. Putnik, por toda a sua disponibilidade, orientação e conhecimento transmitido. As suas palavras sábias e a sua perspetiva visionária em relação ao futuro da gestão industrial contribuíram imenso para a minha formação académica.

À Mestre Cátia Alves por todos os conselhos, partilha de ideias e tempo dedicado durante toda a execução desta dissertação.

Ao Eng.º José Domingos pelo tempo despendido no agendamento da reunião com a empresa.

Ao Eng.º Jorge Freitas pelo tempo disponibilizado no preenchimento do questionário. O seu contributo foi muito importante para a conclusão do estudo e validação desta dissertação.

Por fim, um agradecimento especial à minha família e amigos, especialmente à Doutora Catarina Lapa, pela amizade e apoio incondicional manifestado.

RESUMO

Funções desempenhadas pelos *smart objects* no suporte à gestão em tempo real da produção

Os recentes avanços na microeletrónica, computação ubíqua e tecnologias de comunicação sem fios estão a permitir desenvolver produtos tecnologicamente avançados, também conhecidos por *smart objects*. Estes dispositivos “inteligentes” têm a capacidade de recolher e armazenar informação em tempo real, autoidentificarem-se e tomar decisões, de modo automático e autónomo. Nesse sentido, prevê-se que venham a desempenhar um papel-chave no apoio à gestão em tempo real da produção, num futuro próximo. Com base nestes pressupostos, o presente trabalho define as funções desempenhadas pelos *smart objects*, a fim de possibilitar aos colaboradores uma tomada de decisão baseada em informação tratada e atualizada ao segundo, em vez dos tradicionais relatórios já com dias, semanas ou até meses de atraso.

O *smart object*, programado com as funções propostas, destina-se à gestão, em tempo real, de máquinas e produtos, transmitindo informação precisa, oportuna e fidedigna aos responsáveis pelo planeamento e escalonamento da produção, maquinagem, montagem e manutenção. As funções são apresentadas por módulos, onde cada módulo corresponde a um tipo específico de informação, que a ferramenta avançada pode assimilar. Existiu, ainda, a necessidade de distribuir toda esta informação pelos níveis hierárquicos existentes numa empresa, já que cada cargo exige responsabilidades e tomada de decisões singulares. Por último, são apresentadas arquiteturas de *smart objects* com diferente grau tecnológico.

O processo de validação desta dissertação realizou-se por meio do estudo de um caso único. Para que tal fosse possível, elaborou-se um questionário que avalia o interesse real das empresas nas funções desenvolvidas e no conceito de *smart object*. Este questionário foi preenchido por uma empresa metalomecânica, localizada a norte de Portugal, permitindo confirmar o elevado interesse e potencial deste projeto.

PALAVRAS-CHAVE

Smart object, gestão em tempo real da produção, *dashboard* de apoio à produção.

ABSTRACT

Functions performed by smart objects in support of real-time management production

The recent advances in microelectronics, ubiquitous computing and wireless communication technologies are enabling to develop technologically advanced products, known as smart objects. These smart devices have the capability to collect and store data in real time, to identify themselves and to make decisions, in an automatic and autonomous way. Thus, it's expected they will play a key role in Real-Time Management for manufacturing support, in the near future. Based on these assumptions, the present work defines the functions performed by smart objects, to allow a decision making based on data updated to the second, instead of the traditional reports that are days, weeks or even months old.

The smart object, programmed with the proposed functions, is intended to manage in real time machines and products, sending accurate, timely and reliable information, to workers responsible for production planning and scheduling, machining, assembling and maintenance. The functions are presented by modules, where each one represents a type of data that a smart object can capture. There was still need to distribute the whole data by the existing hierarchical levels in a company, since each job title requires singular responsibilities and decision making. Finally, smart object architectures are presented with different technological levels.

The validation process was made according a single case study. For this to be possible, a questionnaire was made to evaluate the real concern of a company in the developed functions and in the smart object paradigm. This questionnaire was filled by a metalworking company, located in the north of Portugal, and has enabled to confirm the high level of interest and potential of this project.

KEYWORDS

Smart object, Real-Time management for production, dashboard to support production

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xv
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Estrutura do Documento.....	4
2 Estado da Arte.....	5
2.1 Sistemas de Gestão em Tempo Real.....	6
2.1.1 Recolha de Dados por Radiofrequência.....	6
2.1.2 Recolha de Dados por Sensores	8
2.2 Sistemas de Apoio à Gestão da Produção	9
2.2.1 Sistemas de Suporte à Decisão Distribuídos	9
2.2.2 <i>Manufacturing Execution Systems</i>	11
2.2.3 Sistemas de Controlo Industrial	12
2.3 Medição e Visualização do Desempenho de um Sistema de Produção	15
2.3.1 Indicadores de Desempenho.....	15
2.3.2 <i>Dashboards</i>	16
2.3.3 Aplicações Industriais	17
2.4 <i>Smart Objects</i>	19
2.4.1 Propriedades	19
2.4.2 Tecnologias Incorporadas	21
2.4.3 Impacto no Ciclo de Vida do Produto.....	22
2.4.4 Aplicações em Ambiente Industrial	24
3 Funções Desempenhadas pelos <i>Smart Objects</i>	25

3.1	Módulos de Funções	25
3.1.1	Módulo I – Contagem	27
3.1.2	Módulo II – Taxa.....	29
3.1.3	Módulo III – Tempo	31
3.1.4	Módulo IV – Manutenção	33
3.2	Funções de Apoio por Níveis Hierárquicos.....	34
3.2.1	Funções de Apoio ao Operador	35
3.2.2	Funções de Apoio ao Supervisor e Gestor	36
3.2.3	Funções de Apoio ao Diretor	41
4	Arquiteturas de <i>Smart Objects</i>	43
4.1	Elementos das Arquiteturas Propostas	43
4.2	Arquitetura de <i>Smart Objects</i> com RFID	44
4.3	Arquitetura de <i>Smart Objects</i> com RSSF	46
4.4	Arquitetura de <i>Smart Objects</i> com Sensores Integrados	48
4.5	Arquitetura de <i>Smart Objects</i> com Interação entre si.....	50
5	Validação das Funções Propostas	53
5.1	Metodologia de Validação.....	53
5.2	Questionário Desenvolvido	53
5.3	Demonstrador: Empresa Metalomecânica.....	55
5.4	Resultados e Análise.....	55
6	Considerações Finais	59
6.1	Principais Resultados.....	59
6.2	Constrangimentos ao Desenvolvimento do Projeto.....	59
6.3	Próximos Desenvolvimentos	60
	Referências Bibliográficas	61
	Anexos.....	65
	Anexo I – Questionário	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do sistema RFID [adaptado de: (Finkenzeller & Waddington, 1999)].....	7
Figura 2 – Papel dos sensores nos sistemas até 2020 [adaptado de: (Soloman, 2009)].....	9
Figura 3 – Fluxograma de um sistema de suporte à decisão distribuído [adaptado de: (Pinson et al., 1997)]	11
Figura 4 – Conceito de integração da informação [adaptado de:(Penin, 2011)].....	12
Figura 5 – Representação geral do sistema SCADA [adaptado de:(Bailey & Wright, 2003)]	14
Figura 6 – Arquitetura distribuída dos DCS [adaptado de:(Bailey & Wright, 2003)]	14
Figura 7 – Sistema PLC [adaptado de:(Bolton, 2009)].....	15
Figura 8 – Exemplo de um dashboard (Eckerson, 2010)	17
Figura 9 – Impacto do dashboard na direção de uma organização [adaptado de:(Eckerson, 2010)]	17
Figura 10 – Dashboard da XL Productivity Appliance (Vorne, 2014)	18
Figura 11 – Dashboard do LineView (Lineview, 2014)	18
Figura 12 – Atributos manifestados por um smart object	19
Figura 13 – Interior de um smart object construído através da plataforma Arduino (Uckelmann et al., 2011).....	21
Figura 14 – Tecnologias integradas em smart objects [adaptado de:(Bajic, 2009)]	21
Figura 15 – Módulos de funções propostos	26
Figura 16 – Dashboards de apoio à tomada de decisão.....	34
Figura 17 – Exemplo do GUI do dashboard de apoio ao operador.....	36
Figura 18 – Exemplo do GUI do dashboard de apoio ao supervisor e gestor.....	37
Figura 19 - Exemplo da interface gráfica da função “Produção Atual”.....	38
Figura 20 - Framework para a implementação de smart objects no ciclo de vida do produto.	44
Figura 21 – Smart object com relógio de tempo real [adaptado de:(Beigl & Gellersen, 2003)]	45
Figura 22 – Arquitetura de smart object com RFID.....	46
Figura 23 – Exemplo de um nó sensor (Beigl, Decker, Krohn, Riedel & Zimmer, 2005)	47
Figura 24 – Arquitetura de smart object com tecnologia RSSF.....	48
Figura 25 – Smart object com sensores integrados [adaptado de:(Beigl, Zimmer, Krohn, Decker & Robinson, 2003)].....	49
Figura 26 – Arquitetura de smart object com múltiplos sensores integrados	50

Figura 27 – Dois smart objects com capacidade para comunicar entre si [adaptado de:(TECO, 2014)]	51
Figura 28 – Arquitetura de smart objects com interação entre si	52
Figura 29 – Interesse manifestado pela “Empresa X” nas funções propostas	57
Figura 30 – Interesse manifestado pela “Empresa X” nos módulos apresentados.....	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tipo de informação capturada ao longo do ciclo de vida do produto [adaptado de:(Jun et al., 2009)].....	23
Tabela 2 – Função “Quantidade Atual Produzida”	27
Tabela 3 – Função “Quantidade Atual Produzida de Conformes”.....	28
Tabela 4 – Função “Progresso Atual da Ordem”	28
Tabela 5 – Função “Taxa de Produção”	29
Tabela 6 - Função “Taxa de Conformes Produzidos”	30
Tabela 7 – Função “Taxa de Ocupação”	30
Tabela 8 – Função “Tempo de Processamento”	31
Tabela 9 – Função “Tempo de Avaria”	32
Tabela 10 – Função “Tempo de Setup”	33
Tabela 11 – Função “Tempo de Espera”	33
Tabela 12 – Função “Alerta de Manutenção”	34
Tabela 13 – Função de apoio “Ordens de Operação”	35
Tabela 14 - Função de apoio “Progresso da Produção”	35
Tabela 15 – Função de apoio “Ordens de Produção”	36
Tabela 16 – Função de apoio “Produção Atual”	38
Tabela 17 – Função de apoio “Folha das Operações”	39
Tabela 18 – Função de apoio “Atraso nas Ordens”	40
Tabela 19 – Função de apoio “Máquinas”	40
Tabela 20 - Função de apoio “Eficácia Global do Equipamento”	41
Tabela 21 – Elementos das arquiteturas propostas.....	43
Tabela 22 – Especificações do smart object com RFID.....	45
Tabela 23 – Especificações do smart object com tecnologia RSSF.....	47
Tabela 24 – Informação sobre o indicador de desempenho A e B adotado pela empresa	56

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AIDC	<i>Automatic Identification and Data Capture</i>
CIM	<i>Computer-Integrated Manufacturing</i>
DCS	<i>Distributed Computing Systems</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
NTIC	Novas Tecnologias de Informação e Comunicação
PEs	<i>Processing Elements</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i>
RSSF	<i>Rede de Sensores sem Fio</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
WIP	<i>Work in Process</i>

“*Em Deus confiamos, todos os demais mostrem dados.*”

W. Edwards Deming

1 INTRODUÇÃO

Todos os produtores ambicionam produzir mais, com menos recursos. Por conseguinte, procura-se melhorar e otimizar os processos produtivos da empresa. No entanto, isto acaba por tornar-se uma tarefa árdua, visto que a recolha de informação sobre processos, regra geral, é levada a cabo manualmente por um operador. Os problemas associados a esta prática são diversos: informação imprecisa, desatualizada e suscetível a erros. Por norma, as decisões mais importantes da empresa são tomadas a partir desta informação, o que pode ter um impacto negativo na economia desta.

Nesse sentido, pretende-se que este trabalho proponha uma solução viável para resolver estes problemas, através da utilização de *smart objects* como ferramentas de suporte à gestão em tempo real da produção. Neste capítulo introdutório, apresenta-se o enquadramento ao tema da dissertação, os seus objetivos gerais, bem como a metodologia seguida e estrutura do documento.

1.1 Enquadramento

Hoje em dia, a pressão competitiva global coloca ameaças permanentes à sobrevivência das empresas e impõe que estas apresentem uma qualidade irrepreensível, preços sempre mais baixos, prazos de entrega curtos e respeitados e um tempo de resposta ao mercado cada vez mais favorável (Courtois, Pillet & Martin-Bonnefous, 2007). Deste modo, as empresas implementaram novas políticas como a produção *Lean*, *Just-in-time* e *Total Quality Management* no sentido de eliminar desperdícios, reduzir custos e satisfazer clientes cada vez mais exigentes. No entanto, a vantagem competitiva inicial é anulada à medida que a concorrência começa a adotar políticas semelhantes (Inman, Sale, Green Jr & Whitten, 2011).

Na última década, o rápido desenvolvimento das NTIC (Novas Tecnologias de Informação e Comunicação), com especial destaque para os avanços da tecnologia *RFID*, *Bluetooth* e *Wi-Fi*, permitiu desenvolver novos sistemas de produção com rastreabilidade, visibilidade e interoperabilidade em tempo real, facilitando o planeamento e o controlo do chão de fábrica (Zhang, Qu, Ho & Huang, 2011b). Isto significa que toda a atividade manual, morosa e

propensa a erros, associada à recolha de dados, é reduzida ou até eliminada, uma vez que a captura e o processamento de informação acontece em tempo real, permitindo assim uma tomada de decisão mais rápida e precisa (Huang, Zhang & Jiang, 2008b).

O conceito de “objeto inteligente” (do inglês: “*smart object*”) introduzido por Wong, McFarlane, Ahmad Zaharudin & Agarwal (2002), desempenha um papel chave nesta nova geração de sistemas produtivos por explorar a integração de objetos físicos com as tecnologias destacadas atrás, de forma a “adquirirem” um conjunto de propriedades ditas “inteligentes”. Isto é, um produto ao longo da cadeia logística, não representa apenas um bem físico, mas sim um elemento preponderante na infraestrutura de informação, através da interação com outros produtos, processos e *stakeholders* dessa mesma cadeia. Ao oferecer às empresas um novo paradigma de interação com os seus produtos, são expectáveis ganhos significativos na eficiência operacional. A monitorização automática e a perceção de contexto possibilitam um melhor desempenho dos Sistemas de Informação, como o *Supply Chain Management*, o *Enterprise Resource Planning* ou o *Warehouse Management Systems*, visto que deixam de ser alimentados com informação desatualizada (Bajic, 2009).

Neste contexto, é fundamental especificar qual o tipo de informação necessária a recolher por estes dispositivos tecnologicamente avançados ou, por outras palavras, quais são as funções desempenhadas por si, de modo a possibilitar o aumento da produtividade e eficiência de todos os colaboradores envolvidos na produção.

Para finalizar, o conceito de *Internet-of-Things*, embora fortemente associado aos *smart objects*, não será considerado no âmbito desta dissertação por não exercer influência no tema proposto.

1.2 Objetivos

No seguimento do que foi anteriormente referido, o objetivo principal desta tese é definir as funções desempenhadas por estes instrumentos inteligentes, com a finalidade de controlar e monitorizar, em tempo real, máquinas e produtos.

Para além da identificação dos seus requisitos funcionais, pretende-se como objetivos secundários:

- Analisar o estado da arte sobre os conceitos alusivos ao tema da dissertação;
- Definir a informação que cada colaborador irá receber de acordo com a função desempenhada;
- Construir arquiteturas de *smart objects* com diferente grau tecnológico;
- Elaborar um inquérito para identificar as necessidades específicas das empresas e avaliar o seu grau de interesse no conceito de *smart object*;
- Validar as funções propostas através do inquérito elaborado e preenchido por uma empresa industrial.

1.3 Metodologia

A presente dissertação seguiu uma metodologia constituída por oito fases de trabalho:

1. Definição do tema proposto;
2. Especificação dos objetivos da dissertação;
3. Análise do estado da arte;
4. Especificação das funções desempenhadas pelos *smart objects*;
5. Construção de arquiteturas de *smart objects*;
6. Elaboração do questionário;
7. Submissão do questionário e análise dos dados obtidos;
8. Validação da dissertação.

Muito resumidamente, após a definição do tema proposto, traçaram-se as metas a ser alcançadas no fim do projeto. Posto isto, procedeu-se à análise do estado da arte, por meio de uma revisão bibliográfica sobre os assuntos relevantes. As próximas fases consistiram na identificação das especificidades das funções de tomada de decisão assim como a sua organização por módulos e respetiva distribuição por níveis hierárquicos. Em seguida, construíram-se arquiteturas do processo que representam diferentes soluções, possibilitadas pela integração das NTIC em *smart objects*. Posteriormente, elaborou-se o questionário que serviu de suporte para a validação do tema proposto.

1.4 Estrutura do Documento

O documento é composto por seis capítulos que exploram as fases de trabalho referidas supra. O primeiro consiste no enquadramento do projeto, objetivos estabelecidos, metodologia adotada e estrutura do documento. O segundo capítulo analisa o estado da arte enquanto o terceiro especifica as funções desenvolvidas no âmbito da dissertação. O capítulo quatro apresenta várias arquiteturas de *smart objects* com diferentes propriedades e tecnologias. Por sua vez, o capítulo cinco trata da validação das funções através de um questionário preenchido por uma empresa metalomecânica. No último capítulo, é feita uma conclusão do trabalho desenvolvido, onde são divulgados os principais resultados, alguns constrangimentos que surgiram durante o desenvolvimento do trabalho e sugestões para trabalho futuro. Em anexo, encontra-se o questionário usado para a validação da tese.

2 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo exploram-se as abordagens que fundamentam a utilização de *smart objects*, como instrumento avançado de suporte à tomada de decisão na gestão da produção. Assim, e no âmbito do conceito de *smart object*, considera-se relevante discutir os seguintes temas:

1. Sistemas de Gestão em tempo real;
2. Sistemas de Apoio à Gestão da Produção;
3. Medição e Visualização do Desempenho de um Sistema Produtivo;
4. Definição de “*smart object*”.

A primeira abordagem representa a capacidade destas ferramentas em recolher e processar informação em tempo real. Para além da definição de gestão em tempo real, expõe-se a evolução do tema, desde o seu aparecimento, no final dos anos 50, até aos dias de hoje, bem como a sua aplicação em diversas áreas. Destacam-se ainda as tecnologias mais populares utilizadas por este tipo de sistemas na captura de informação.

O segundo tema refere-se a todos os Sistemas de Apoio à Gestão da Produção que, de certa forma, influenciaram e moldaram o tipo de funções a programar nestes dispositivos “inteligentes”. Como tal, algumas das funções propostas baseiam-se em funcionalidades dos Sistemas de Suporte à Decisão Distribuídos, *Manufacturing Execution Systems* e Sistemas de Controlo Industrial.

Por sua vez, a Medição e Visualização do Desempenho de um Sistema Produtivo faz parte dos objetivos das funções propostas, sobretudo ao nível do controlo de máquinas e produtos. As noções de *dashboard* e indicador de desempenho têm um papel preponderante neste conceito, pois é através destes que é possível, respetivamente, visualizar e avaliar os dados capturados e tratados pelos *smart objects*. Abordam-se ainda algumas aplicações industriais existentes no mercado e com funcionalidades semelhantes.

O último tema discute a definição do conceito de *smart object*. As propriedades dos *smart objects* e tecnologias incorporadas nestes dispositivos “inteligentes” são esclarecidas, assim como as suas aplicações e tipo de informação capturada, ao longo do ciclo de vida do produto.

2.1 Sistemas de Gestão em Tempo Real

O conceito de gestão em tempo real não é de agora e podemos situar as primeiras experiências reais quando, no final da década de 50, foi desenvolvido nos Estados Unidos um sistema de gestão de informação em tempo real com o intuito de reforçar a defesa aérea do país (Everett, Zraket & Benington, 1957). Nos anos 90, Wu & Kaiser (1993) desenharam a arquitetura de um sistema de monitorização para suportar a gestão em tempo real, cuja função principal era corrigir condições excepcionais dentro de restrições de tempo específicas. Mais tarde, Haynes, McGregor & Stewart (1997) definiram “gestão em tempo real” como o processamento de informação atual a qualquer momento e o feedback relativo ao seu desempenho deve refletir a atualidade dos acontecimentos. Caso contrário, a empresa irá “*produzir um produto do qual o mercado já não necessita*” ou “*resolver um problema que entretanto desapareceu nesse mesmo período*”.

Os sistemas de gestão em tempo real têm sido desenvolvidos e implementados em diversas áreas. Na área da Biologia, Fisher, Heins, Ehler & Lieth (1997) desenvolveram um sistema de apoio à decisão em tempo real, que recomenda os parâmetros ideais da temperatura diurna e noturna para controlar o crescimento de uma espécie de plantas. Por sua vez, Flamini & Pacciarelli (2008) apresentaram um sistema de gestão em tempo real da rede metropolitana que permite a tomada de decisões no controlo de tráfego, sem a autorização do responsável pela área local. Já Diallo, Rodrigues & Sene (2012) exploram a gestão de informação em tempo real, por meio de redes de sensores sem fios, no qual a informação recolhida pelos sensores representa o estado atual do ambiente.

No controlo em tempo real, os fatores críticos são a recolha de dados, processamento rápido, resposta breve e feedback instantâneo (Monostori et al., 2010). Os métodos de identificação automática e captura de informação (do inglês: “*Automatic Identification and Data Capture*”, AIDC) são responsáveis por esta recolha de dados, de modo automático e em tempo real. Em seguida, apresentam-se dois destes métodos: recolha por radiofrequência e sensores.

2.1.1 Recolha de Dados por Radiofrequência

A identificação por radiofrequência (do inglês: “*Radio-Frequency IDentification*”, RFID) não é uma tecnologia recente, tendo sido inicialmente usada para fins militares, durante a Segunda Guerra Mundial. A Figura 1 representa o esquema de funcionamento do sistema RFID. Este é,

basicamente, formado por um leitor RFID, antenas e *tags*. O *tag* é um *transponder* que identifica o objeto no qual foi implementado. Quando solicitado pelo leitor RFID, devolve a informação armazenada no seu microcontrolador.

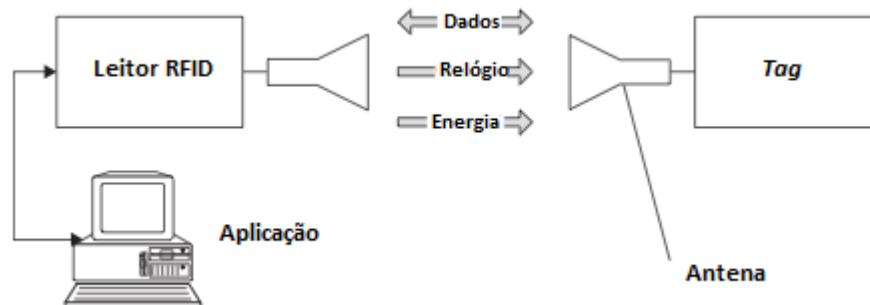


Figura 1 - Esquema do sistema RFID [adaptado de: (Finkenzeller & Waddington, 1999)]

A RFID apresenta vários benefícios quando implementada num sistema produtivo, desde a identificação à distância, o rastreio contínuo de produtos, o controlo em tempo real e a sua operabilidade em condições severas (Brewer, Sloan & Landers, 1999).

A tecnologia tem sido também amplamente utilizada na captura de informação em tempo real (Gunasekaran, Ngai & McGaughey, 2006). Empresas como a *BMW* e a *Vauxhall* utilizam *tags* RFID para garantir total precisão na customização de cada encomenda. Estes *tags* são programados com os requisitos do cliente para, posteriormente, acompanharem o carro durante o seu processo produtivo. Assim, os colaboradores não têm dúvidas em relação às especificidades das operações a realizar (Zhekun, Gadh & Prabhu, 2004).

Angeles (2005) apresenta outras aplicações da tecnologia na cadeia de abastecimento, onde refere os casos de sucesso da *Unilever*, *Chevrolet Creative Services*, *United Biscuits*, indústria semicondutora dos USA, Porto de Singapura, *Ford Motor Company* e *Toyota*.

No primeiro caso, a *Unilever* usa nos seus armazéns um sistema inteligente de paletes desenvolvido para mover, manusear e rastrear os seus bens de consumo. Como resultado, o número de paletes manuseadas aumentou e a informação, relativa aos seus movimentos, tornou-se mais fidedigna.

A *Chevrolet* usa *tags* equipados nos seus contentores que registam o conteúdo do seu interior. No momento da sua expedição os *tags* são lidos pelos leitores, instalados no local de carga e descarga, que enviam um sinal de alerta no caso do conteúdo do contentor não corresponder ao encomendado.

A *United Biscuits*, produtora de bens alimentares, utiliza a tecnologia no controlo de matérias-primas e nos processos de pesagem, mistura e cozedura de biscoitos e bolos. A empresa conseguiu melhorar a eficiência do seu processo produtivo, reduzindo o número de erros durante a preparação de biscoitos.

Algumas empresas da indústria semicondutora, como a *Motorola*, usam um sistema RFID inovador que vigia uma serie de operações na produção de chips, diminuindo o número de erros e aumentando a eficiência do operador, bem como o uso do equipamento.

Por seu turno, o porto de Singapura investiu num sistema de rastreio que indica a localização e o conteúdo de todos os contentores presentes no porto, para além da gestão diária das entradas e saídas de, aproximadamente, 50 navios de carga.

Já a *Ford*, instalou dezenas de antenas no seu chão de fábrica, com a finalidade de indicarem as operações específicas a realizar em cada estação, à medida que o veículo percorre a linha de produção.

No último caso, a *Toyota* instalou *tags* nas suas máquinas de pintura que documentam o desempenho destas enquanto os carros estão a ser pintados, reduzindo o seu tempo de paragem.

2.1.2 Recolha de Dados por Sensores

Os sensores são transdutores que fazem medições sobre as condições do “mundo real”, transformando fenómenos de ordem física em sinais elétricos (López, Ranasinghe, Patkai & McFarlane, 2011). Existem vários métodos e tipos de dispositivos para medir um determinado fenómeno, variando de acordo com o preço, tamanho, precisão e alcance pretendido.

Os dispositivos sensoriais são os elementos mais comuns nos sistemas de gestão em tempo real, visto que recolhem informação sobre uma infinidade de parâmetros. Segundo Soloman (2009), a sua integração, quando sincronizada com o plano estratégico da empresa, permite alcançar os seguintes resultados:

- Aumento da produtividade – custo por unidade mais baixo;
- Aumento da qualidade – produtos mais uniformes e consistentes;
- Aumento da fiabilidade – mitigação de falhas e erros graças a um maior controlo;
- Redução do lead time – prazos de entrega mais curtos;
- Ocupação de máquinas – maior taxa de ocupação das máquinas.

Atualmente, os sensores desempenham já um papel importante na produção. Todavia, Soloman prevê um aumento significativo na influência exercida, à medida que os sensores se tornam

tecnologicamente mais avançados. O gráfico da Figura 2 ilustra a sua previsão para 2020, no qual já irá ser possível conceber sistemas produtivos totalmente automáticos e autónomos, sem qualquer tipo de intervenção humana, no que diz respeito à programação de máquinas.

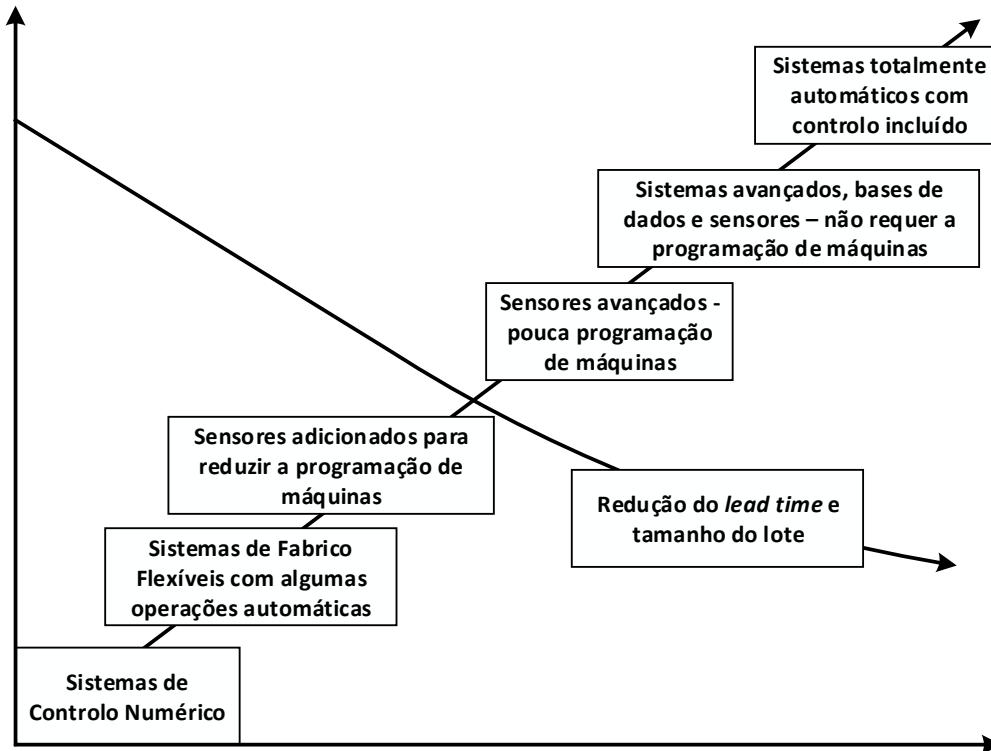


Figura 2 – Papel dos sensores nos sistemas até 2020 [adaptado de: (Soloman, 2009)]

2.2 Sistemas de Apoio à Gestão da Produção

A falta de informação precisa e oportuna relativa ao estado das encomendas, níveis de inventário ou tempos de entrega, pode causar um grau de incerteza e variabilidade dentro das empresas. A necessidade de uma gestão industrial ágil e eficaz conduziu à criação de vários sistemas de apoio. Estes sistemas, cada vez mais sofisticados, permitem aos clientes beneficiar de produtos de maior valor acrescentado.

2.2.1 Sistemas de Suporte à Decisão Distribuídos

Segundo Wu (1998), um sistema distribuído é aparentemente igual, para os seus utilizadores, a todos os outros sistemas, mas diferente por correr a partir de um conjunto de elementos processadores autónomos (do inglês: “*Processing Elements*”, PEs).

Por outras palavras, o sistema é distribuído quando apresenta os seguintes atributos:

1. Número arbitrário de processos (recursos lógicos);
2. Número arbitrário de PEs (recursos físicos);
3. A comunicação ser feita por troca de mensagens;
4. Cooperação entre processos;
5. O atraso na comunicação entre dois PEs não ser desprezável;
6. A falha de um processo ou PEs não impedir que o sistema continue a funcionar;
7. O sistema providenciar formas de reconfigurar a topologia do sistema ou a alocação de recursos, na presença de recursos com falhas.

Por sua vez, Tanenbaum & Van Steen (2007) assinalam os grandes objetivos de um sistema distribuído: partilha de recursos, abertura, concorrência, escalabilidade, tolerância a erros e transparência.

A partilha de recursos refere-se à habilidade de usar qualquer *hardware*, *software* ou informação em qualquer local do sistema. O gestor de recursos controla o acesso aos mesmos, ou seja, define as regras de interação entre utilizador e recurso.

A abertura de um sistema distribuído preocupa-se com as suas futuras extensões e melhorias, onde novos recursos precisam de ser integrados com os recursos já existentes.

A concorrência é outra propriedade dos sistemas distribuídos, que se manifesta quando existem dois processos a serem executados em simultâneo.

A integridade do sistema pode ser violada caso exista falta de coordenação entre dois processos concorrentes.

A escalabilidade refere-se à capacidade de adaptação dos sistemas em aumentar a sua velocidade de resposta e suportar novos utilizadores. Não deve ser obrigatório substituir os componentes quando a escalabilidade de um sistema aumenta.

Finalmente, os últimos dois objetivos são a sua disponibilidade, ainda que limitada, quando ocorre a falha de um recurso, e a sua transparência para o utilizador, que vê o sistema como um todo e não como um conjunto de vários componentes que cooperam entre si.

Nos últimos anos assistiu-se a um grande avanço na área da inteligência artificial que permitiu desenvolver novos sistemas de suporte à decisão em ambientes distribuídos. Este tipo de sistemas foram concebidos especificamente para facilitar o processo de tomada de decisão. O sistema apoia o utilizador, ao invés de automatizar todo o processo. Deste modo, fornece informação relevante e apresenta várias soluções de acordo com os pré-requisitos inicialmente

introduzidos pelo utilizador. O sistema é ainda capaz de responder rapidamente à súbita mudança de necessidades do utilizador (Power, 2002). O fluxograma do funcionamento de um sistema deste tipo, desenvolvido por Pinson, Louçã & Moraitis (1997), encontra-se representado na Figura 3.

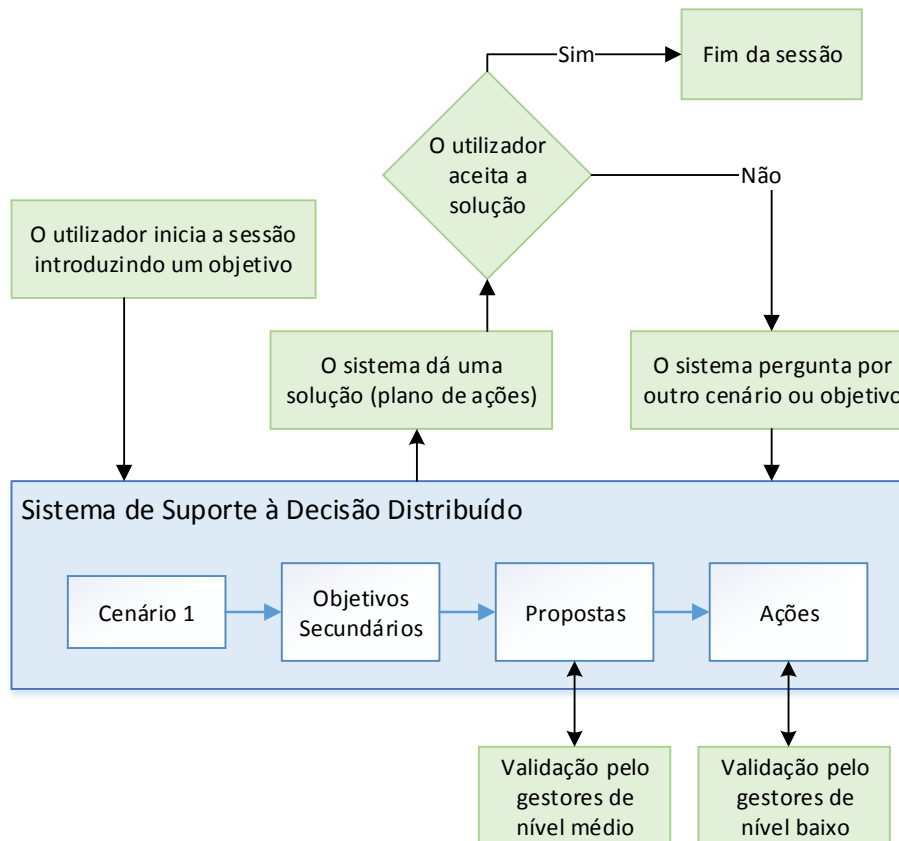


Figura 3 – Fluxograma de um sistema de suporte à decisão distribuído [adaptado de: (Pinson et al., 1997)]

Os sistemas de suporte à decisão distribuídos formulam um plano de ações a efetuar, explorando diferentes cenários, mediante os objetivos e restrições previamente definidos pelos gestores.

2.2.2 Manufacturing Execution Systems

A origem dos *manufacturing execution systems* data do início dos anos 80, quando as empresas se aperceberam da importância de acabar com a redundância de informação. Até à data, os departamentos dentro de uma empresa eram independentes entre si, já que cada um tinha o seu próprio sistema de informação e respetivos métodos de recolha de dados. O conceito de cadeia de abastecimento e de produção integrada por computador criaram a tal necessidade de integração e unicidade da informação, no sentido de eliminar a redundância existente. A Figura 4 ilustra esta noção de integração entre todos os níveis hierárquicos e sistemas de informação, existentes na empresa.

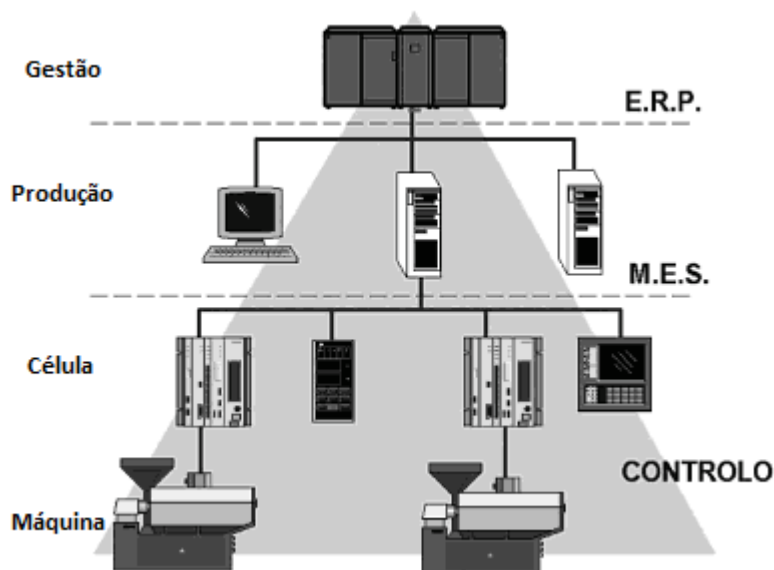


Figura 4 – Conceito de integração da informação [adaptado de:(Penin, 2011)]

Hoje em dia, as funcionalidades dos *manufacturing execution systems* podem variar consoante o fabricante ainda que, e segundo Kletti (2007), a maioria das soluções atuais oferece o seguinte conjunto de funcionalidades:

- Planeamento detalhado da produção. Inclui escalonamento e calendarização da produção;
- Alocação, monitorização e registo de máquinas e ferramentas;
- Gestão da informação relativa aos produtos, processos, ordens de fabrico, instruções de trabalho, entre outros;
- Gestão do consumo de matérias-primas e produtos intermediários;
- Análise do desempenho do sistema produtivo de acordo com os resultados obtidos pelos indicadores de desempenho;
- Controlo e definição das operações a serem realizadas;
- Gestão da manutenção das máquinas;
- Registo, rastreio e análise de produtos e operações associadas;
- Recolha de dados sobre os vários recursos e processos da empresa.

2.2.3 Sistemas de Controlo Industrial

Os SCI (Sistemas de Controlo Industrial) representam os sistemas com a capacidade de controlar e monitorizar determinado processo produtivo. Pertencem a este grupo, por exemplo, os Sistemas SCADA (do inglês: “*Supervisory Control and Data Acquisition*”), os Sistemas de Controlo Distribuídos (do inglês: “*Distributed Control System*”, DCS) e os Controladores

Lógicos Programáveis (do inglês: “*Programmable Logic Controller*”, PLC). Porém, a variedade de SCI não invalida que uma organização opte, simplesmente, por uma solução. Assim, a solução mais adequada consiste na adoção de um sistema personalizado, baseado nas diferentes abordagens e adequado às necessidades individuais das empresas. Posto isto, explora-se, em seguida, a relevância destes três SCI.

O sistema SCADA é um sistema de supervisão e aquisição de dados, formado por unidades de terminal remoto (do inglês: “*Remote Terminal Unit*”, RTU). A função do RTU é recolher e transmitir informação, sobre o ambiente onde está inserido, ao computador principal. Este computador, também designado por “estação mestre”, disponibiliza a informação recolhida pelo RTU, assim como a possibilidade de realizar tarefas de controlo à distância. Os sistemas SCADA primam pela precisão e pelo momento oportuno, normalmente em tempo real, em que a informação está disponível para consulta, contribuindo para a otimização do processo produtivo (Bailey & Wright, 2003). Segundo Penin (2011), eles criam uma interface homem-máquina com as seguintes funções:

- Monitorização – Representação gráfica da informação recolhida em tempo real, como temperaturas, velocidades ou pressões. Uma máquina simples, uma instalação hidroelétrica ou um parque eólico, podem ser vigiados a muitos quilómetros de distância;
- Supervisão – Capacidade de executar automaticamente funções que podem alterar os parâmetros de controlo estabelecidos, evitando assim um constante supervisionamento por parte do utilizador.
- Armazenamento de informação – Histórico completo dos dados recolhidos, na eventualidade de mais tarde serem necessários;
- Sinais de Alerta – O sistema alerta o utilizador no caso de alguma ocorrência fora dos padrões limite programados.
- Programação – O utilizador pode programar novas funções ou modificar parâmetros já existentes.

Na Figura 5 encontra-se ilustrado o esquema geral do funcionamento dos sistemas SCADA.

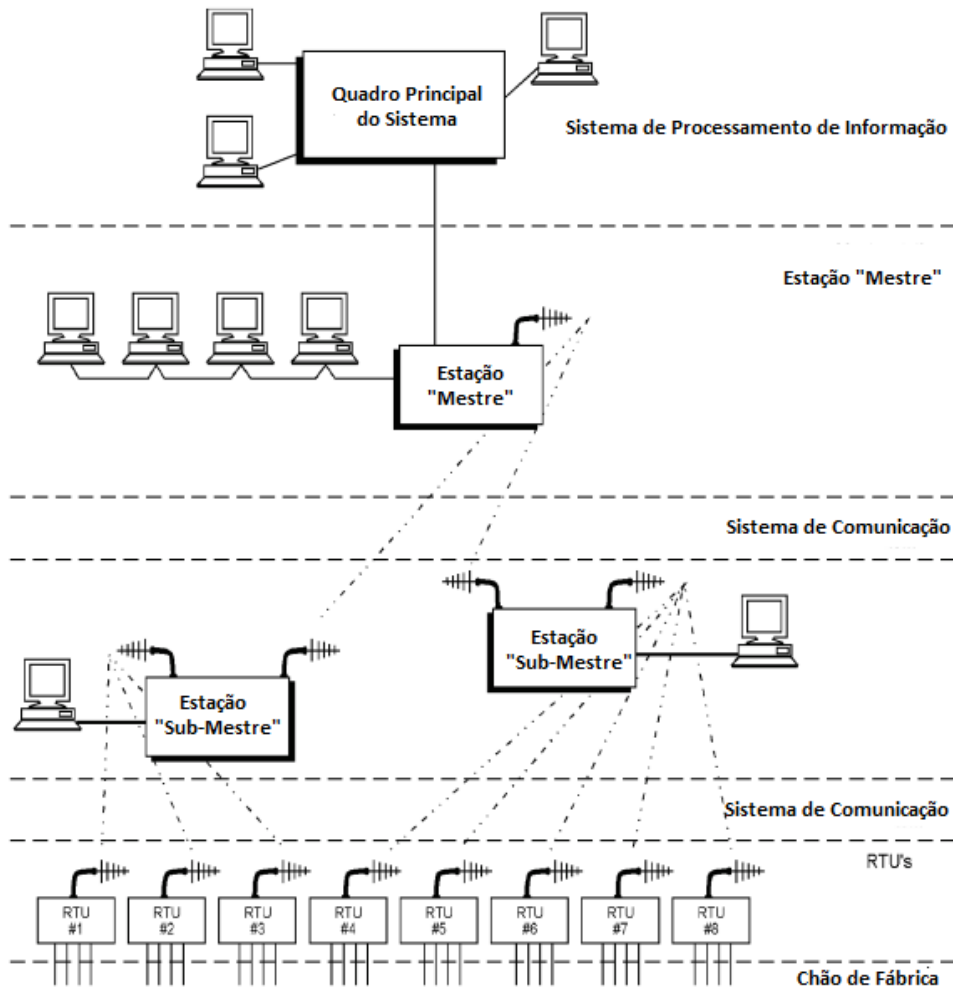


Figura 5 – Representação geral do sistema SCADA [adaptado de:(Bailey & Wright, 2003)]

Por seu lado, os DCS são utilizados na automatização de processos por meio de microprocessadores, implementados junto das máquinas a controlar. A grande vantagem dos DCS é a elevada flexibilidade na implementação de controlos sequenciais e a sua natureza distribuída possibilita a conectividade por toda a empresa, entre os recursos a ser controlados e os computadores. Por conseguinte, e devido à sua distribuição, a avaria de um microprocessador não coloca em causa o funcionamento, embora parcial, do sistema (Singh, 2004), tal como ilustrado na Figura 6.

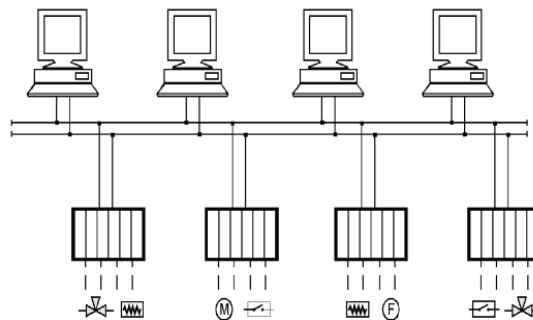


Figura 6 – Arquitetura distribuída dos DCS [adaptado de:(Bailey & Wright, 2003)]

Por sua vez, o PLC é uma série de microprocessadores que faz uso da sua memória programável para armazenar informações e executar funções de lógica, sequenciação e temporização, com o objetivo de controlar máquinas e processos. Eles são programados de maneira simples e intuitiva para que qualquer pessoa possa tirar partido deles. Isto é, funcionam de modo lógico: “se *A* ou *B* acontecem, ativar *C*”, “se *A* e *B* acontecem, ativar *D*”. Ao PLC são ligados os dispositivos de entrada, como sensores, e dispositivos de saída, como motores ou válvulas de uma máquina. A sua função é monitorizar estes dispositivos de saída, de acordo com as funções previamente definidas. O funcionamento do PLC é similar ao de um computador mas, enquanto o último é otimizado para cálculos e visualização de tarefas, o PLC é otimizado para o controlo de tarefas em ambiente industrial, pois consegue operar em condições extremas de temperatura e humidade (Bolton, 2009). De um modo geral, este aparelho é composto pelos componentes representados na Figura 7.

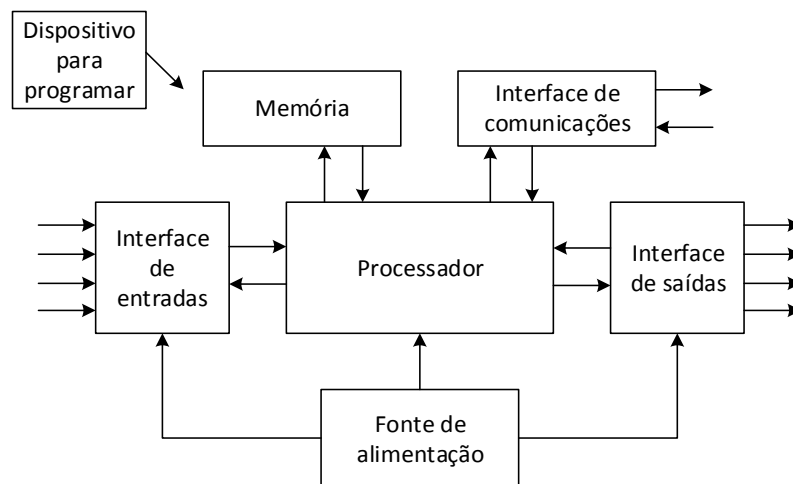


Figura 7 – Sistema PLC [adaptado de:(Bolton, 2009)]

2.3 Medição e Visualização do Desempenho de um Sistema de Produção

As organizações necessitam de instrumentos de avaliação verdadeiramente capazes e eficazes que espelhem a atividade de máquinas e processos, num conjunto de medidas claras, concisas e alinhadas com a estratégia da organização. Com base nestes pressupostos, apresenta-se, de seguida, o conceito de *dashboard* e de indicador de desempenho.

2.3.1 Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho representam o conjunto de medidas definidas por uma organização, fruto da sua filosofia, e críticas para o sucesso atual e futuro desta. Por outras palavras, “um indicador de desempenho é um dado quantificado que mede a eficácia da

totalidade ou parte de um processo ou sistema em relação a uma norma, um plano ou um objetivo que deverá ser determinado e aceite, no quadro de uma estratégia global” (Courtois et al., 2007). Por seu lado, Parmenter (2010) reconhece sete características comuns a todos os indicadores:

1. São medidas não-financeiras, ou seja, não são expressas em euros, dólares, entre outros. O motivo prende-se com o facto das medidas financeiras não especificarem concretamente “o que fazer” para melhorar os seus valores;
2. São avaliadas com frequência. Os indicadores devem ser monitorizados diariamente, uma vez que são a chave para o sucesso de uma organização;
3. São estabelecidas pelo diretor e pela gestão de topo, pois refletem a estratégia definida pela empresa;
4. A sua compreensão deve ser exigida a todos os colaboradores envolvidos devido ao seu grau de importância;
5. Acarretam responsabilidades individuais ou de uma equipa. Um indicador de desempenho traduz o desempenho de uma operação logo, é fácil identificar o conjunto de pessoas responsáveis por uma medida em concreto;
6. Provoca um impacto significativo. Um bom indicador de desempenho influencia o sucesso de uma organização;
7. Afeta os restantes indicadores. Um bom indicador de desempenho afeta também os restantes de um modo positivo.

2.3.2 *Dashboards*

O conceito de *dashboard* deriva da necessidade de existir uma ferramenta que traduza a estratégia organizacional em objetivos, métricas, iniciativas e tarefas personalizadas para cada colaborador. Na tentativa de esclarecer o conceito, Few (2004) propôs a seguinte definição: “O *dashboard* é uma representação visual de toda a informação crítica e necessária para atingir um ou mais objetivos, consolidada e organizada num único ecrã para que possa ser monitorizada rapidamente”. Assim, o *dashboard* é, literalmente, um painel de bordo que facilita a tomada de decisão. Ele proporciona uma imagem clara dos objetivos estratégicos da empresa e do que é necessário fazer para atingir as metas definidas, conforme é possível observar na Figura 8.



Figura 8 – Exemplo de um dashboard (Eckerson, 2010)

Segundo Eckerson (2010), esta ferramenta monitoriza os processos críticos do negócio através de indicadores de desempenho que notificam o utilizador, quando estes se afastam do seu valor ideal. Permite igualmente analisar a raiz dos problemas de diferentes perspetivas e níveis de detalhe, com base em informação atualizada em tempo real. Por fim, possibilita aos gestores uma tomada de decisão mais competente, conduzindo a organização na direção certa, tal como é ilustrado na Figura 9.

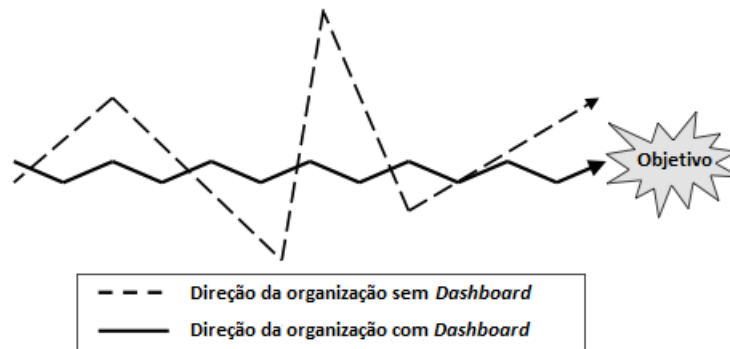


Figura 9 – Impacto do dashboard na direção de uma organização [adaptado de:(Eckerson, 2010)]

2.3.3 Aplicações Industriais

Atualmente, existem múltiplas soluções disponíveis no mercado para avaliar o desempenho de um sistema produtivo. Em seguida, exploram-se duas aplicações industriais concebidas para o efeito: *XL Productivity Appliance* e *Lineview*.

O *XL Productivity Appliance* é uma solução desenvolvida pela *Vorne Industries*, destinada a ambientes industriais. O pacote inclui ferramentas que foram desenhadas com o intuito de

umentar o nível de utilização de equipamentos e reduzir tempos de produção. A solução consiste numa rede de área local integrada com dispositivos sensoriais. Inclui também uma plataforma web que permite aceder ao seu *dashboard* em qualquer local. O *dashboard* do XL, ilustrado na Figura 10, informa e alerta os colaboradores para o estado atual do processo produtivo, bem como o acesso ao histórico do seu desempenho. Os utilizadores da aplicação aumentaram a eficácia global de equipamento de 30% para 74%, incrementaram a produtividade em 22% e reduziram tempos improdutivos em 94% (Vorne, 2014).

Multiple Asset View							
Enterprise							
Asset	Total Count (Shift)	Good Count (Shift)	Reject Count (Shift)	Availability (Shift)	Performance (Shift)	Quality (Shift)	OEE (Shift)
Vorne Industries	23,483	23,295	188	75.68%	83.66%	99.20%	62.81%
Itasca	12,459	12,335	124	80.16%	87.13%	99.00%	69.14%
Stamping 1	11,655	11,558	97	81.34%	87.56%	99.17%	70.63%
Stamping 2	804	777	27	78.97%	86.68%	96.64%	66.15%
Birmingham	11,024	10,960	64	72.70%	81.12%	99.42%	58.63%
Assembly	6,928	6,904	24	74.32%	77.93%	99.65%	57.72%
Cell 1	3,427	3,414	13	74.74%	77.65%	99.62%	57.82%
Cell 2	3,501	3,490	11	73.90%	78.22%	99.69%	57.62%
Finishing	4,096	4,056	40	69.45%	87.93%	99.02%	60.47%
Paint Line	4,096	4,056	40	69.45%	87.93%	99.02%	60.47%

Figura 10 – Dashboard da XL Productivity Appliance (Vorne, 2014)

Por seu turno, os criadores do *Lineview* proclamam que a sua ferramenta monitoriza, em tempo real, o sistema produtivo na sua totalidade. O seu *dashboard*, representado na Figura 11, permite a visualização em tempo real da linha de produção e do respetivo estado de cada máquina. A solução promete reduzir custos de produção, identificando constantemente as áreas onde existem desperdícios, melhorar a eficiência das máquinas em 8%, nos próximos 12 meses, e aumentar o *output* da produção (Lineview, 2014).



Figura 11 – Dashboard do LineView (Lineview, 2014)

2.4 *Smart Objects*

Nos dias que correm, as empresas têm obrigatoriamente que adotar novas tecnologias e novos paradigmas de produção se querem sobreviver e destacar-se da competição. O conceito de *smart object* vai ao encontro desta filosofia uma vez que permite agilizar todo o processo de tomada de decisão e aumentar a capacidade de resposta da empresa a situações imprevisíveis de um modo rápido e eficiente, como ordens urgentes de última hora ou avarias de máquinas.

2.4.1 Propriedades

O *smart object* é o “produto final” da implementação das NTIC em recursos físicos existentes nas fábricas, como por exemplo, produtos ou máquinas (Ruhanen et al., 2008). Segundo McFarlane, Sarma, Chirn, Wong & Ashton (2002) e Bajic (2005), este objeto “inteligente” detém as seguintes características:

- Identidade única;
- Capacidade de comunicar, efetivamente, com o ambiente em que está inserido;
- Capacidade de recolher e armazenar informação sobre si próprio e o ambiente em seu redor;
- Capacidade de participar na tomada de decisão;
- Capacidade de monitorizar e controlar o ambiente em que está inserido;
- Capacidade de gerar interação no contexto de um sistema produto-serviço.

Por sua vez, López et al. (2011) propuseram uma classificação para os *smart objects*, de acordo com atributos apresentados na Figura 12.



Figura 12 – Atributos manifestados por um *smart object*

O primeiro atributo diz respeito à sua identidade única e à sua capacidade em guardar qualquer tipo de informação. Recursos com esta propriedade designam-se por “*I-Smart object*” (do inglês: “*Identity*”). A peça de um carro equipado com um *tag* é um exemplo de um *I-Smart object*.

O segundo atributo refere-se à sua capacidade em medir condições fisiológicas. Isto é, qualquer objeto físico integrado com sensores é considerado um “*S-Smart object*” (do inglês: “*Sensing*”). O próximo atributo permite ao “*A-Smart object*” (do inglês: “*Actuation*”) atuar no ambiente onde está inserido, executando diversos comandos. Por norma, este atributo manifesta-se quando o objeto inteligente participa na tomada de decisão.

Assim, o quarto atributo representa a sua capacidade para tomar decisões, em relação a si ou a outros dispositivos: “*D-Smart object*” (do inglês: “*Decision*”). Imagine-se, por exemplo, o caso do motor de um carro com sensores integrados. Estes monitorizam automaticamente o nível do óleo e decidem quando este deve ser mudado, alertando o condutor através de uma mensagem, apresentada no painel de bordo do carro. Neste caso, estamos perante um “*SAD-Smart object*”, por ser um objeto que tem atributos “*S-Smart*”, “*A-Smart*” e “*D-Smart*”.

Por fim, o último atributo indica o facto de estes objetos estarem ligados em rede com outros dispositivos: “*N-Smart objects*” (do inglês: “*Networking*”). A tecnologia utilizada é predominantemente sem fios, pois os cabos violam a sua independência. Regra geral, o atributo tipo “*N*” não se manifesta sozinho, acabando por ser um complemento aos restantes atributos. Em suma, é correto afirmar que existe uma relação de proporcionalidade direta entre o número de atributos manifestados por um objeto inteligente e o seu grau de inteligência.

De acordo com Zhang, Huang, Qu, Ho & Sun (2011a), estes objetos tecnologicamente avançados podem ser divididos em duas classes consoante o seu nível de sofisticação e respetivo papel desempenhado. Isto é, consideram que alguns desempenham um papel ativo, aos quais chamam “*active smart objects*”. Por outras palavras, pertencem a esta classe todos os dispositivos autónomos, ou seja, que não necessitam de terceiros para manifestar os seus atributos. Os *smart objects* com leitor RFID incorporado são um exemplo desta classe. Por outro lado, aqueles que dependem de outros são apelidados de “*passive smart objects*” como, por exemplo, qualquer recurso físico equipado com um *tag* RFID.

Hoje em dia, já existem várias plataformas disponíveis que possibilitam a criação e desenvolvimento de *smart objects*. O *Arduino* é uma plataforma aberta, onde o utilizador constrói o seu próprio dispositivo, por intermédio do *hardware* e *software*, distribuído pela

plataforma. O utilizador tem à sua disposição um conjunto de processadores, sensores, atuadores, entre outros, que lhe permitem configurar o *smart object* de acordo com as suas necessidades. No seu interior (Figura 13), encontra-se um microcontrolador, implementado com linguagem Java, que controla fenómenos físicos, luzes, motores, atuadores, entre outros (Uckelmann, Harrison & Michahelles, 2011).



Figura 13 – Interior de um *smart object* construído através da plataforma Arduino (Uckelmann et al., 2011)

2.4.2 Tecnologias Incorporadas

Os métodos e tecnologias AIDC são os grandes responsáveis por “dar vida” aos *smart objects* dado que são imprescindíveis para a manifestação das suas propriedades. O gráfico da Figura 14 identifica as tecnologias AIDC mais comuns na construção destes dispositivos, bem como o nível de inteligência e autonomia associado a cada uma.

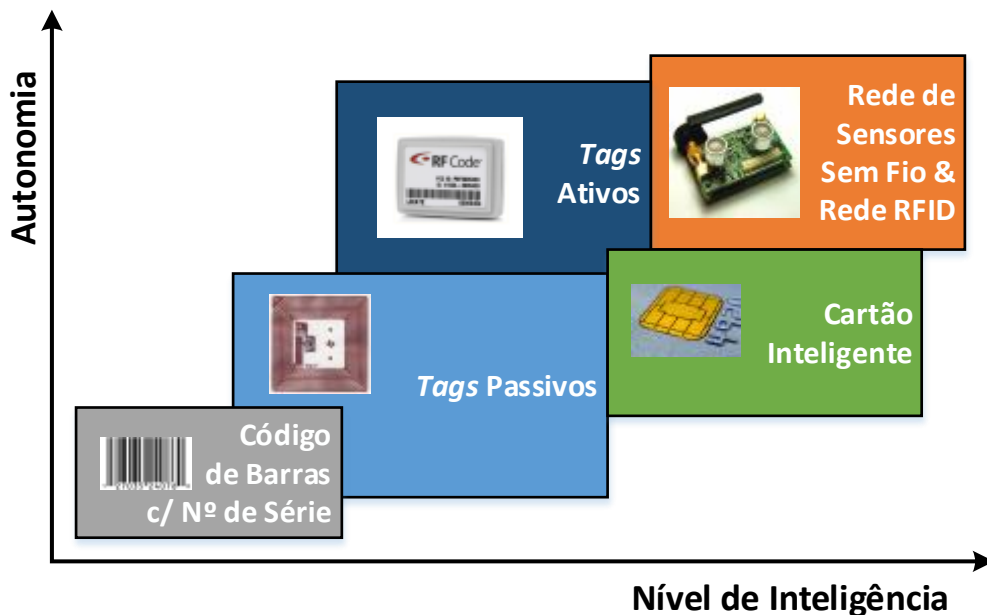


Figura 14 – Tecnologias integradas em *smart objects* [adaptado de:(Bajic, 2009)]

A autonomia da tecnologia refere-se à capacidade do objeto inteligente de trabalhar autonomamente, isto é, sem assistência humana ou de outros dispositivos. Por outro lado, o nível de inteligência indica o grau de capacidade dos objetos em tomar decisões a partir da informação recolhida e processada por estes. Este eixo reflete ainda o custo associado à sua aquisição.

O código de barras é a tecnologia mais antiga e porventura a mais conhecida, permitindo identificar objetos. No entanto, considera-se *smart object*, unicamente, se o produto possuir um código de barras com número de série, de modo a não violar a sua identidade única. Relativamente à tecnologia RFID, consideram-se dois grandes grupos: sistemas RFID com *tags* passivos e ativos. Os *tags* passivos não possuem qualquer fonte de energia interna, motivo pelo qual apresentam uma capacidade reduzida de armazenamento de dados. Por oposição, os *tags* ativos possuem bateria, o que lhes permite: (1) realizar tarefas mais complexas, (2) aumentar o alcance, de 3 metros para 100 metros e (3) suportar sensores ou outro tipo de componentes exteriores. Por sua vez, o cartão inteligente é usado principalmente em sistemas que necessitem de efetuar transações seguras de um modo simples. A RSSF (Rede de Sensores sem Fios) é a tecnologia mais recente das cinco. É uma vertente da computação ubíqua e é composta por um elevado número de nós que cooperam e trocam informação entre si. Cada nó possui um microcontrolador programável, podendo ser equipado com sensores e atuadores (Bajic, 2009).

No final, a escolha das tecnologias a incorporar em *smart objects* irá depender essencialmente de dois fatores: finalidade do seu uso, ou seja, local de atuação, e restrições ao nível do *hardware*. Exemplificando, *tags* passivos não suportam sensores adicionais (López et al., 2011).

2.4.3 Impacto no Ciclo de Vida do Produto

O fluxo de informação relativo à maioria dos produtos é reduzido ou até mesmo interrompido, a partir do momento em que estes ficam na posse do cliente final. Como consequência, os responsáveis pela produção detêm pouca ou nenhuma informação sobre as fases posteriores à expedição do produto. Isto faz com que a sua tomada de decisão seja fraca, resultando em ineficiências operacionais (Jun, Shin, Kim, Kiritsis & Xirouchakis, 2009).

A proliferação de *smart objects* por todo o ciclo de vida pretende pôr termo a este problema. A sua presença nas três fases do ciclo permite a recolha de informação pertinente e específica de

cada fase. Na Tabela 1 encontra-se o tipo de informação capturada durante o início de vida, meia-idade e fim de vida de um produto.

Tabela 1 – Tipo de informação capturada ao longo do ciclo de vida do produto [adaptado de:(Jun et al., 2009)]

Fase	Processo	Tipo de Informação capturada
Início de Vida	Lista de materiais	ID e quantidades do produto/componente/parte, etc.
	Manutenção	Lista de peças de substituição, instruções e datas de manutenção, etc.
	Processo produtivo	Instruções de montagem, historial do produto, plano de produção, etc.
Meia-Idade	Distribuição	Datas de entrega, nível de serviço, etc.
	Apoio técnico	Reclamações de clientes, perfil do cliente, qualidade do serviço, etc.
	Uso do produto	Informações sobre o seu uso: perfil do utilizador, número de horas, etc.
Fim de Vida	Reciclagem	Taxa de reutilização dos componentes, custos de reciclagem, etc.
	Remanufatura	Instruções e facilidade de desmontagem, ID de peças avariadas, etc.

Deste modo, os responsáveis pela produção têm acesso a informação única e instantânea que, de outro modo, seria muito difícil de obter como, por exemplo, detalhes sobre o apoio técnico (reclamações, devoluções, substituições, entre outros), de forma a melhorar a qualidade dos produtos e satisfazer por completo as exigências e necessidades do cliente. A partir do historial do produto, torna-se também muito mais fácil realizar a manutenção preventiva de equipamentos e produtos. Por outro lado, no fim de vida dos produtos, os responsáveis podem decidir qual o melhor plano de remanufatura na medida em que passam a ter informação sobre quais produtos e respetivos componentes devem ser reciclados, reutilizados e descartados.

2.4.4 Aplicações em Ambiente Industrial

Nos últimos anos, o conceito de *smart object* tem vindo a ganhar força. A explicação deve-se, em parte, à brilhante contribuição de G. Q. Huang e Y. F. Zhang, no desenvolvimento desta área.

Em 2007, usaram a tecnologia RFID para capturar informação em tempo real sobre trabalhadores, máquinas e materiais, de uma linha de montagem de modo a simplificar os fluxos físicos e baixar os níveis do WIP (“*Work In Process*”). Por outras palavras, o seu sistema inteligente, baseado em *smart object*, permite que “*os recursos certos sejam movidos para os locais certos às horas certas*” (Huang et al., 2007).

Em 2008, criaram de raiz um inovador sistema *Kanban*, integrado com estes objetos inteligentes. A sua função era gerir a produção no chão de fábrica através da recolha automática de informação (Zhang, Jiang & Huang, 2008). Nesse ano, propuseram também um *framework* para implementar *smart objects* nos postos de trabalho. O intuito era detetar, de forma instantânea, qualquer problema que surgisse, de modo a agilizar o processo de tomada de decisão (Huang, Zhang, Chen & Newman, 2008a).

Em 2010, propuseram um mecanismo que facilita as interações entre *smart objects* implementados em sistemas de produção reconfiguráveis (Zhang, Huang, Qu & Ho, 2010). Ainda nesse ano, apresentaram uma plataforma inovadora que permite aos dispositivos inteligentes estabelecer uma relação lógica entre si, segundo um determinado fluxo de trabalho existente no chão de fábrica (Zhang et al., 2011a).

Em 2011, desenvolveram uma plataforma inteligente (“*Smart Gateway Technology*”) para capturar informação em tempo real, proveniente de vários recursos com diferentes tipos de tecnologia (Zhang, Qu, Ho & Huang, 2011c).

Em 2012, propuseram uma infraestrutura para gerir, em tempo real, a informação que circula dentro das empresas. Assim, assegura-se que cada colaborador recebe, em tempo real, a informação que realmente necessita para exercer as suas funções (Zhang et al., 2012).

Para encerrar este capítulo, é importante referir que o conceito de *smart object* encontra-se ainda numa fase inicial e, por esse motivo, ainda existem muitos obstáculos condicionantes à sua adoção. Embora a maioria destes obstáculos seja de natureza tecnológica existe outro grande obstáculo, relativo à ausência de uma base sólida de conhecimento científico. A definição de *smart object* varia de autor para autor, o que pode implicar o atraso na sua evolução e no desenvolvimento de novos dispositivos. Neste sentido, pretende-se que o presente trabalho venha a contribuir para o seu crescimento e desenvolvimento.

3 FUNÇÕES DESEMPENHADAS PELOS *SMART OBJECTS*

Regra geral, as empresas confiam na informação disponibilizada pelos seus sistemas de informação, como o ERP (*Enterprise Resource Planning*), para tomar decisões. Todavia, a maioria dos pacotes de *software* são alimentados com informação recolhida pelos próprios colaboradores. Para além dos problemas associados à recolha manual de informação, já abordados no primeiro capítulo, a sua introdução no sistema ocorre, por norma, em momentos específicos do dia como, por exemplo, no final de cada turno de trabalho. Isto significa que a tomada de decisão destas empresas é baseada em relatórios já com dias, semanas ou até mesmo meses de atraso. Assim, e no âmbito do conceito *smart object*, procura-se, com esta dissertação, oferecer uma solução viável a todas as empresas com problemas semelhantes.

No presente capítulo encontram-se definidas as funções desempenhadas pelo *smart object*, bem como o tipo de informação capturado por estas. Para além dos módulos de funções, especificam-se as funções de apoio aos colaboradores que indicam a informação, proveniente do *smart object*, a que este tem acesso.

3.1 Módulos de Funções

O termo “função” apresenta várias aceções segundo o contexto em que é empregue. Na área das engenharias, o termo significa um “*processo, ação ou tarefa específica que um sistema é capaz de realizar*” (Barker & Longman, 1990). Por outras palavras, cada função representa uma tarefa específica desempenhada pelos *smart objects*, a fim de apoiar a gestão da produção da empresa. No entanto, estas são únicas devido à sua dimensão, setor de atividade e necessidades específicas. Por esta ordem de ideias, a situação ideal seria trabalhar em parceria com uma empresa no desenvolvimento das funções. Como tal não foi possível, optou-se por basear o seu estudo em tarefas manuais, realizadas diariamente pelos trabalhadores. Posto isto, propõem-se os seguintes módulos de funções (Figura 15):

- Módulo “Contagem” – Apresenta funções que contam, em tempo real, o número de artigos produzidos por um equipamento;
- Módulo “Taxa” – Inclui funções que determinam, em tempo real, o ritmo com que um equipamento processa artigos, bem como a sua taxa de ocupação;

- Módulo “Tempo” – Consiste em funções que determinam, em tempo real, os tempos de produção associados aos diferentes estados de produção de um equipamento;
- Módulo “Manutenção” – Engloba funções que melhoram a gestão da manutenção de equipamentos.

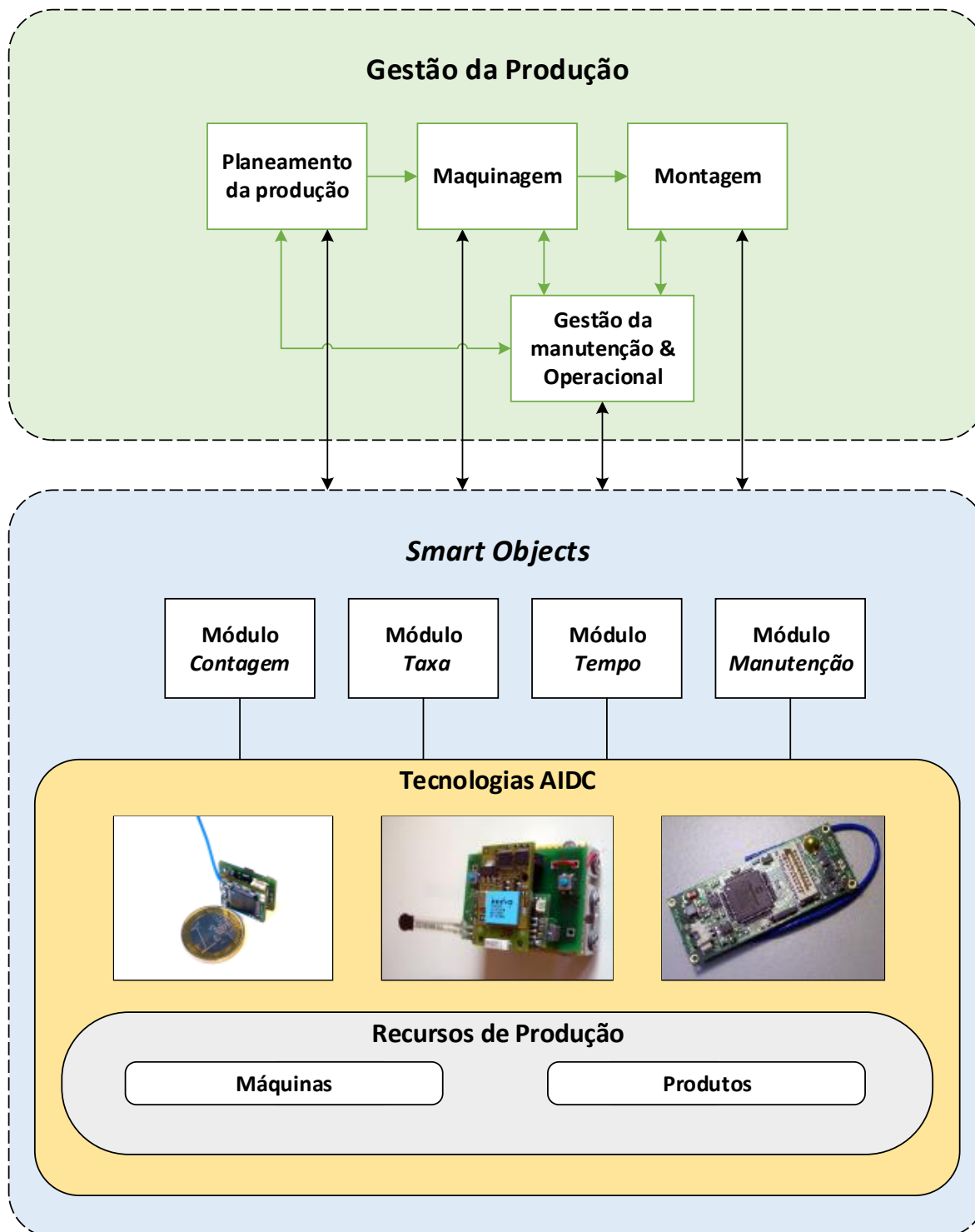


Figura 15 – Módulos de funções propostos

3.1.1 Módulo I – Contagem

O primeiro módulo de funções permite ao *smart object* efetuar a contagem de artigos produzidos num equipamento. O módulo é composto por três funções com diferentes graus de complexidade:

- $Count_1$ – Quantidade Atual Produzida;
- $Count_2$ – Quantidade Atual Produzida de Conformes;
- $Count_3$ – Progresso Atual da Ordem.

A função $Count_1$ permite ao *smart object* contar o número de artigos processados por uma máquina. Quando é lançada uma nova ordem, o dispositivo inteligente recebe informação sobre o seu código (O_{ID}) e a sua quantidade planeada (O_{QTD}). No momento em que a máquina inicia a sua atividade, o *smart object* procede ao registo do número de artigos produzidos (O_{QTDRT}). Como este registo é efetuado em tempo real, o aparelho sabe a quantidade exata e o tempo estimado que falta para finalizar a ordem. Na Tabela 2, encontram-se os parâmetros que definem esta função.

Tabela 2 – Função “Quantidade Atual Produzida”

$Count_1 = \{O_{ID}, M_{ID}, O_{QTD}, O_{QTDRT}\}$	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
O_{QTD}	Quantidade planeada da ordem
O_{QTDRT}	Quantidade produzida da ordem em tempo real

Por norma, o *smart object* necessita apenas de um sensor fotoelétrico. No caso de o equipamento processar artigos com diferentes características (cor, dimensão, entre outros), o dispositivo pode ter a capacidade de os identificar e distinguir por meio de *tags*.

Por sua vez, a função $Count_2$ realiza a mesma tarefa que a função anterior. Não obstante, e para além da contagem de artigos, a ferramenta “inteligente” inspeciona a qualidade dos mesmos, conforme descrito na Tabela 3. Assim, o dispositivo regista o número atual de artigos conformes (O_{QTDNC}) e não conformes (O_{QTDNC}), produzidos por uma máquina.

Tabela 3 – Função “Quantidade Atual Produzida de Conformes”

Count₂ = {O_{ID}, M_{ID}, O_{QTD}, O_{QTDRT}, O_{QTDC}, O_{QTDNC}}	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
O_{QTD}	Quantidade planeada da ordem
O_{QTDRT}	Quantidade produzida da ordem em tempo real
O_{QTDC}	Quantidade produzida de conformes em tempo real
O_{QTDNC}	Quantidade produzida de não conformes em tempo real

O *smart object* para desempenhar esta tarefa, necessita de possuir um certo grau de inteligência e que varia conforme o rigor exigido na inspeção. Quanto maior for o detalhe na análise, mais avançada terá de ser a tecnologia sensorial a integrar no aparelho. Com base na informação recolhida e armazenada, a ferramenta “inteligente” pode ser programada para alertar os colaboradores quando, por exemplo, a eficiência da ordem se encontra num valor inferior ao estabelecido. Pode ainda comunicar o nível atual de sucata produzido pela máquina, isto é, o número de não conformes produzidos (O_{QTDNC}) em relação à quantidade total de artigos já processados (O_{QTDRT}).

Por seu turno, a última função do módulo Tabela 3 contabiliza o número de operações de uma ordem, que ainda é necessário realizar, para ficar pronta. Por outras palavras, a *Count₃*, regista e avalia o progresso de uma ordem (Tabela 4).

Tabela 4 – Função “Progresso Atual da Ordem”

Count₃ = {O_{ID}, OP_{ID}, M_{ID}, OP_I, OP_F, PO}	
O_{ID}	ID da ordem
OP_{ID}	ID da operação
M_{ID}	ID da máquina
OP_I	Início de operação
OP_F	Fim de operação
PO	Progresso da ordem

A complexidade do dispositivo está sempre dependente do tipo (OP_{ID}) e número de operações a monitorizar por este, assim como o detalhe do progresso pretendido. Nesse sentido, pode ser

necessário recorrer à interação entre *smart objects* dado que existe a necessidade de registar pelo menos dois momentos: início da primeira operação da ordem e fim da última operação da ordem.

3.1.2 Módulo II – Taxa

O módulo II consiste em funções que determinam a cadência de produção, ou seja, a velocidade com que um equipamento processa artigos. Desta forma, o *smart object* torna-se num autêntico cronómetro “inteligente”, verificando se o equipamento está a produzir a uma velocidade superior ou inferior à cadência considerada como valor padrão (taxa nominal). Para além da taxa de produção, o aparelho tecnológico pode recolher informação sobre a taxa de ocupação de uma máquina. Por conseguinte, o módulo é composto por três funções:

- $Rate_1$ – Taxa de Produção;
- $Rate_2$ – Taxa de Conformes Produzidos;
- $Rate_3$ – Taxa de Ocupação.

A função introdutória do módulo, $Rate_1$, mede o ritmo atual da produção, isto é, o número de artigos produzidos por unidade de tempo. Na Tabela 5 são especificados os seus parâmetros. O dispositivo encontra-se programado com a taxa nominal de produção (RN_P) referente à máquina (M_{ID}) a monitorizar, de forma a poder comparar o seu valor com a taxa atual (RA_P) e taxa média (RM_P) de produção.

Tabela 5 – Função “Taxa de Produção”

$Rate_1 = \{O_{ID}, M_{ID}, RN_P, RM_P, RA_P\}$	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
RN_P	Taxa nominal de produção
RM_P	Taxa média de produção
RA_P	Taxa atual de produção

Existe ainda a possibilidade de enviar alertas aos responsáveis, caso a taxa atual de produção (RA_P) seja inferior ou superior ao pretendido. Para além da tecnologia sensorial, o aparelho necessita de possuir um relógio de tempo real, responsável por registar o tempo presente.

A próxima função calcula o número de artigos conformes e não conformes produzidos por unidade de tempo. A ferramenta tecnológica programada com esta função pretende aumentar os níveis de qualidade dos produtos concebidos, através da sua monitorização em tempo real. A Tabela 6 descreve os parâmetros desta função.

Tabela 6 - Função “Taxa de Conformes Produzidos”

$\text{Rate}_2 = \{O_{ID}, M_{ID}, RM_C, RA_C, RM_{NC}, RA_{NC}\}$	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
RM_C	Taxa média de conformes
RA_C	Taxa atual de conformes
RM_{NC}	Taxa média de não conformes
RA_{NC}	Taxa atual de não conformes

Este tipo *smart object* detém a capacidade de registar o número atual e médio de artigos conformes (RM_C) e não conformes (RM_{NC}) produzidos por unidade de tempo. Por conseguinte, o dispositivo guarda na sua memória interna o histórico das ordens e respetivo nível de qualidade. Quando existir a necessidade, os responsáveis pela qualidade podem aceder a este histórico para tomar decisões com base em informação fidedigna.

Por fim, a função da Tabela 7 analisa a eficiência de uma máquina segundo a sua taxa de ocupação. Por outras palavras, a Rate_3 compara o número atual de artigos processados por unidade de tempo (RA_O) com o seu limite máximo teórico (RN_O), definido pelo fabricante da máquina.

Tabela 7 – Função “Taxa de Ocupação”

$\text{Rate}_3 = \{O_{ID}, M_{ID}, RN_O, RM_O, RA_O\}$	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
RN_O	Taxa nominal de ocupação
RM_O	Taxa média de ocupação
RA_O	Taxa atual de ocupação

A tecnologia AIDC mais adequada a integrar e respetiva complexidade está dependente do tipo de máquina e processo a monitorizar. Prevê-se que a utilização destes aparelhos “inteligentes” aumente o nível de utilização referente à capacidade instalada nas empresas identificando, em tempo real, os equipamentos que estão disponíveis para produzir novos artigos.

3.1.3 Módulo III – Tempo

O Módulo III pretende que estas ferramentas determinem os tempos produtivos e não produtivos associados a uma máquina. Todavia, o cálculo destes tempos pode ser uma tarefa árdua e de forma a não tornar o sistema muito complexo, consideram-se as seguintes funções:

- $Time_1$ – Tempo de Processamento;
- $Time_2$ – Tempo de Avaria;
- $Time_3$ – Tempo de Setup;
- $Time_4$ – Tempo de Espera.

Cada função pretende recolher o tempo associado ao *status* das máquinas de forma a avaliar a produtividade destas. Para tal, considera-se que uma máquina apresenta os seguintes estados:

- “A processar artigos” ($Time_1$);
- “Avariada” ($Time_2$);
- “A ser preparada para executar uma operação diferente” ($Time_3$);
- “À espera de processar artigos” ($Time_4$).

A primeira função indica os tempos produtivos de uma máquina. Isto é, o dispositivo “inteligente” regista o período de tempo em que uma máquina se encontra a produzir, efetivamente, artigos. Os parâmetros desta função encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Função “Tempo de Processamento”

$Time_1 = \{O_{ID}, M_{ID}, TA_P, TM_P, TI_P, TF_P\}$	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
TA_P	Tempo atual de processamento
TM_P	Tempo médio de processamento
TI_P	Tempo de início de processamento
TF_P	Tempo de fim de processamento

Os sensores do *smart object* encontram-se integrados na máquina, permitindo reconhecer quando este está a processar artigos (TA_P). O dispositivo armazena os valores capturados pelos seus sensores, elaborando posteriormente o historial dos tempos médios de processamento (TM_P).

A próxima função (Tabela 9) regista o tempo que uma máquina está parada por motivos técnicos. O *smart object* com a $Time_2$ pretende igualmente alertar os colaboradores quando o equipamento em questão avaria.

Tabela 9 – Função “Tempo de Avaria”

$Time_2 = \{O_{ID}, M_{ID}, TA_A, TM_A, TI_A, TF_A\}$	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
TA_A	Tempo atual de avaria
TM_A	Tempo médio de avaria
TI_A	Tempo de início de avaria
TF_A	Tempo de fim de avaria

O nível de tecnologia necessário depende do tipo de solução desejado. Quer-se com isto dizer que o dispositivo pode ser constituído unicamente por um sensor simples, que deteta, por exemplo, quando uma broca é partida. Ou então, algo mais avançado, como uma rede de sensores sem fios que deteta especificamente qual foi o componente da máquina que avariou.

Por sua vez, a função da Tabela 10 calcula o tempo despendido na preparação de uma máquina para realizar uma operação diferente. A ferramenta pretende incentivar os colaboradores a reduzirem os tempos de *setup*, pois são tempos que não acrescentam valor ao produto final. Exemplificando, ela tem a capacidade de alertar os gestores da produção quando o tempo atual de *setup* (TA_S) ultrapassa o seu tempo médio (TM_S). Relativamente à tecnologia AIDC utilizada, o *smart object* tem sensores incorporados que detetam, por exemplo, quando uma máquina é aberta ou alguns dos seus parâmetros modificados.

Tabela 10 – Função “Tempo de Setup”

Time₃ = {O_{ID}, M_{ID}, TA_S, TM_S, TI_S, TF_S}	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
TA_S	Tempo atual de <i>setup</i>
TM_S	Tempo médio de <i>setup</i>
TI_S	Tempo de início de avaria
TF_S	Tempo de fim de avaria

Finalmente, a função Time₄ regista o tempo que uma máquina se encontra parada. Esta função, tal como a Time₂ e a Time₃, pretende eliminar tempos não produtivos. Os seus parâmetros encontram-se definidos na Tabela 11.

Tabela 11 – Função “Tempo de Espera”

Time₄ = {O_{ID}, M_{ID}, TA_E, TM_E, TIF_E}	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
TA_E	Tempo atual de espera
TM_E	Tempo médio de espera
TIF_E	Tempo de início e fim de espera

Os sensores para realizar esta função são idênticos aos necessários para determinar o tempo de processamento (Time₁).

3.1.4 Módulo IV – Manutenção

O último módulo de funções destina-se à manutenção preventiva de equipamentos. Os *smart objects* são programados com funções que controlam e monitorizam os equipamentos, de modo a reduzir o seu número de falhas. O modo de funcionamento deste dispositivo assemelha-se muito aos sistemas de aviso que a maioria das viaturas modernas possui. Isto porque os carros têm igualmente sensores que enviam uma mensagem para o painel de bordo, no momento em que é necessário substituir o óleo ou proceder à substituição de algum componente.

Na Tabela 12 encontra-se descrita a função que permite ao *smart object* executar o que foi anteriormente descrito.

Tabela 12 – Função “Alerta de Manutenção”

Man = {M_{ID}, D₁}	
M_{ID}	ID da máquina
D₁	ID da mensagem

Através da sua tecnologia sensorial e, de acordo com as necessidades individuais das empresas, estes dispositivos podem enviar para os colaboradores mensagens de alerta, tais como: “mudar óleo do motor”, “remover obstrução no interior da máquina”, “substituir componente y”, “limpar máquina” e “ausência de matéria-prima”.

3.2 Funções de Apoio por Níveis Hierárquicos

Os módulos anteriores apresentam funções que são irrelevantes para a tomada de decisão de certos colaboradores. Por exemplo, o progresso de uma ordem (Count₃) não é relevante para a tomada de decisão de um operador de máquina. Afinal, cada nível na hierarquia da empresa exige responsabilidades e tomada de decisões distintas. Nesse sentido, existiu a necessidade de especificar qual é a informação que é transmitida aos colaboradores consoante o cargo desempenhado. Para o efeito, consideram-se quatro posições hierárquicas: operador, supervisor, gestor e diretor. Para além disso, criam-se novas funções de apoio que indicam o tipo de informação visualizada por cada colaborador, através, por exemplo, de um *dashboard*, tal como ilustrado na Figura 16.



Figura 16 – Dashboards de apoio à tomada de decisão

De seguida, definem-se as funções de apoio ao operador, supervisor, gestor e diretor, baseado nos módulos de funções apresentados anteriormente.

3.2.1 Funções de Apoio ao Operador

As funções de apoio ao operador disponibilizam informação útil sobre as suas operações. A função especificada na Tabela 13 permite ao operador consultar os detalhes destas, como se de uma folha da operação “digital” se tratasse.

Tabela 13 – Função de apoio “Ordens de Operação”

$FA_{OP1} = \{O_{ID}, O_{QTD}, OP_{ID}, OP_T, OP_{EID}\}$	
O_{ID}	ID da ordem
O_{QTD}	Quantidade planeada da ordem
OP_{ID}	ID da operação
OP_T	Tempo de operação
OP_{EID}	ID do elemento de operação

Por seu lado, a função da Tabela 14 disponibiliza os indicadores de desempenho fornecidos pelos *smart objects* que estão programados com a $Count_2$ do módulo II.

Tabela 14 - Função de apoio “Progresso da Produção”

$FA_{OP2} = \{O_{ID}, O_{QTD}, O_{QTDRT}, O_{QTDC}\}$	
O_{ID}	ID da ordem
O_{QTD}	Quantidade planeada da ordem
O_{QTDRT}	Quantidade produzida da ordem em tempo real
O_{QTDC}	Quantidade produzida de conformes em tempo real

Assim, o seu *dashboard* apresenta métricas, atualizadas em tempo real, sobre a operação que este se encontra a realizar no momento. A Figura 17 ilustra um exemplo da interface gráfica do utilizador (do inglês: “*Graphical User Interface*”, GUI), onde são indicadas a quantidade planeada (O_{QTD}), a quantidade produzida (O_{QTDRT}) e a eficiência da ordem ($\frac{O_{QTDC}}{O_{QTDRT}}$).



Figura 17 – Exemplo do GUI do dashboard de apoio ao operador

3.2.2 Funções de Apoio ao Supervisor e Gestor

Os *smart objects* comunicam o mesmo tipo de informação ao supervisor e gestor. No entanto, a diferença está no nível de acesso à mesma. Isto é, enquanto o gestor tem acesso a informação proveniente de todo o chão de fábrica, o supervisor recebe o referente à linha ou célula pela qual está responsável. Por conseguinte, propõem-se as seguintes funções de apoio:

- FA_{SG1} – Ordens de Produção;
- FA_{SG2} – Produção Atual;
- FA_{SG3} – Folha das Operações;
- FA_{SG4} – Atraso nas Ordens;
- FA_{SG5} – Máquinas;

A função “Ordens de Produção”, definida na Tabela 15, indica os vários tipos de ordens planeadas e respetivas quantidades, ou seja, faz uma listagem de tudo o que é necessário produzir pela empresa.

Tabela 15 – Função de apoio “Ordens de Produção”

$FA_{SG1} = \{O_{ID}, O_{QTY}, O_{TIPO}\}$	
O_{ID}	ID da ordem
O_{QTD}	Quantidade planeada da ordem
O_{TIPO}	Tipo de ordem

Relativamente ao parâmetro O_{TIPO} , considera-se que existem cinco tipos de ordens de produção: (1) ordem de operação, (2) ordem de componente, (3) ordem de montagem, (4) ordem de produto e (5) ordem de encomenda. A ordem de operação diz respeito a qualquer operação necessária à transformação final de um componente. “Furar peça” ou “tornear peça” são exemplos de ordens de operação. Várias ordens deste tipo formam uma ordem de componente. Um componente pode ainda ser juntado a outros componentes e, por isso, é

necessário que exista uma ordem de montagem. O produto final pode ainda ser o resultado de várias montagens, ou seja, uma ordem de produto. Finalmente, uma ordem de encomenda refere-se, como o próprio nome indica, uma variedade de produtos finais que o cliente quer encomendar.

Já o parâmetro “ID da ordem” segue um sistema de codificação formado por uma letra, que identifica o tipo de ordem (O=Operação, C=Componente, M=Montagem, P=Produto e E=encomenda), e por um conjunto de algarismos, que representa o número da ordem. Por exemplo, o ID da ordem “M1024” refere-se à ordem de montagem 1024. Para efeitos exemplificativos e expositivos, encontra-se na Figura 18 o GUI do *dashboard* de apoio ao supervisor e gestor, onde se pode observar a lista de funções de apoio do lado esquerdo e os parâmetros da função “Ordens de Produção” (FA_{SG1}) do lado direito.



Figura 18 – Exemplo do GUI do *dashboard* de apoio ao supervisor e gestor

Por sua vez, a função de apoio “Produção Atual” possibilita monitorizar as ordens que estão a ser processadas atualmente pelas máquinas. Isto só é possível graças à informação comunicada pelos *smart objects*, programados com as funções dos módulos II e III.

Tabela 16 – Função de apoio “Produção Atual”

$FA_{SG2} = \{O_{ID}, O_{TIPO}, M_{ID}, O_{QTDRT}, O_{QTDNC}, TA_P, TA_E\}$	
O_{ID}	ID da ordem
O_{TIPO}	Tipo de ordem
M_{ID}	ID da máquina
O_{QTDRT}	Quantidade produzida da ordem em tempo real
O_{QTDNC}	Quantidade produzida de conformes em tempo real
TA_P	Tempo atual de processamento
TA_E	Tempo atual de espera

Conforme é possível observar na Tabela 16, a função de apoio disponibiliza valores provenientes das funções $Count_2$ (O_{QTDRT} e O_{QTDNC}), $Time_1$ (TA_P) e $Time_4$ (TA_E). Não obstante, os parâmetros desta são um exemplo das várias combinações possíveis. Por outras palavras, a FA_{SG2} pode ser personalizada com os parâmetros dos módulos de funções apresentados anteriormente e de acordo com as necessidades de cada empresa.

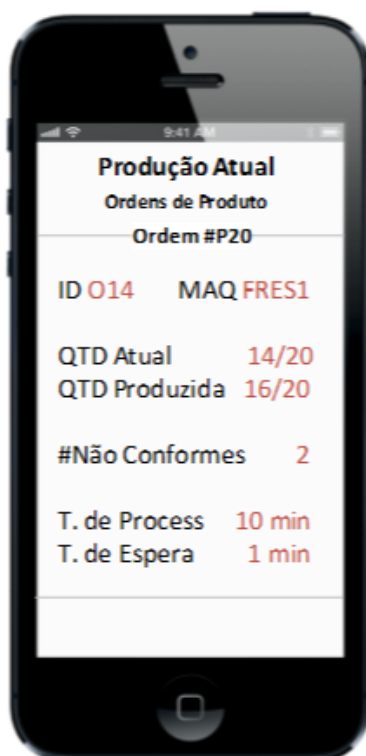


Figura 19 - Exemplo da interface gráfica da função “Produção Atual”

A Figura 19 ilustra o GUI da função FA_{SG2} , onde os supervisores e gestores podem visualizar em tempo real detalhes sobre o progresso da ordem de produto “P20”.

A próxima função, FA_{SG3} , é uma espécie de “livro de receitas” com os dados técnicos sobre todas as operações realizadas dentro da empresa e necessárias à transformação final dos seus produtos. Desta forma, e de acordo com a Tabela 17, os supervisores e gestores podem consultar os elementos da operação (EOP_{ID}), os seus tempos médios (EOP_T) e suas especificações (EOP_{ESP}). Considera-se como especificação, por exemplo, o diâmetro de uma fresa necessária à execução de um elemento de operação.

Tabela 17 – Função de apoio “Folha das Operações”

$FA_{SG3} = \{OP_{ID}, OP_N, OP_T, EOP_{ID}, EOP_T, EOP_{ESP}\}$	
OP_{ID}	ID da operação
OP_N	Nome da operação
OP_T	Tempo de operação
EOP_{ID}	ID do elemento de operação
EOP_T	Tempo do elemento de operação
EOP_{ESP}	Especificações do elemento de operação

Por sua vez, a função de apoio “Atraso nas Ordens” (Tabela 18) assiste os supervisores e gestores na monitorização do progresso das ordens. Considera-se que uma ordem (O_{ID}) é constituída por um conjunto de operações, independentemente do tipo de ordem. Assim, o atraso de uma ordem (O_{TA}) é calculado através do somatório dos atrasos referentes a todas as suas operações (OP_{TA}). Nesse sentido, sempre que uma operação é iniciada (OP_{TI}) é estimado um tempo de fim (OP_{TPF}) segundo a sua duração média (OP_T). Assim, quando uma operação é finalizada (OP_{TRF}), o *dashboard* envia um alerta caso a sua duração ultrapasse o tempo esperado (OP_{TPF}). Esta *dashboard* é alimentada com informação proveniente de smart objects programados com o módulo “Tempo”.

Por fim, a função de apoio FA_{SG5} expõe vários indicadores de desempenho dos equipamentos de produção. Isto significa que praticamente toda a informação proveniente dos módulos de funções é relevante para esta. Por conseguinte, e mais uma vez, os seus parâmetros dependem dos indicadores de desempenho que a empresa quer visualizar.

Tabela 18 – Função de apoio “Atraso nas Ordens”

$FA_{SG4} = \{O_{ID}, M_{ID}, OP_{ID}, OP_T, OP_{TI}, OP_{TPF}, OP_{TRF}, OP_{TA}, O_{TA}\}$	
O_{ID}	ID da ordem
M_{ID}	ID da máquina
OP_{ID}	ID da operação
OP_T	Tempo de operação
OP_{TI}	Tempo de início de operação
OP_{TPF}	Tempo planeado de fim de operação
OP_{TRF}	Tempo real de fim de operação
OP_{TA}	Tempo de atraso de operação
O_{TA}	Tempo de atraso de ordem

No entanto, encontra-se na Tabela 19 um exemplo viável desta função de apoio. Os supervisores e gestores têm acesso, em tempo real, ao estado (M_{STAT}) de cada máquina. Com base na informação comunicada pelos dispositivos com as funções do módulo tempo, este *dashboard* indica se a máquina em questão está: “a trabalhar”, “avariada”, “a ser preparada” ou “à espera”. Quando esta se encontra a trabalhar, é possível visualizar, em tempo real, a sua taxa de conformes (RA_C) e a sua taxa de ocupação (RA_O). Esta informação é proveniente, respetivamente, da função $Rate_2$ e $Rate_3$.

Tabela 19 – Função de apoio “Máquinas”

$= \{M_{ID}, M_N, M_L, M_{STAT}, RA_C, RA_O, TA_A, D_1\}$	
M_{ID}	ID da máquina
M_N	Nome da máquina
M_L	Localização da máquina
M_{STAT}	Estado da máquina
RA_C	Taxa atual de conformes
RA_O	Taxa atual de ocupação
TA_A	Tempo atual de avaria
D_1	ID da mensagem

3.2.3 Funções de Apoio ao Diretor

O diretor tem à sua disposição um conjunto de indicadores que medem a produtividade da empresa. Assim, a função de apoio da Tabela 20 permite visualizar, de uma forma rápida e intuitiva, o desempenho real da empresa por turnos de trabalho, linhas ou células de produção. Estes indicadores baseiam-se no conceito de eficácia global do equipamento que, de acordo com Muchiri & Pintelon (2008) é calculado através da multiplicação dos seguintes três fatores: disponibilidade dos equipamentos para produzir (EGE_1), eficiência dos equipamentos (EGE_2) e qualidade dos artigos produzidos pelos equipamentos (EGE_3).

Tabela 20 - Função de apoio “Eficácia Global do Equipamento”

$FA_{CEO1} = \{TU_{ID}, EGE_1, EGE_2, EGE_3, EG_4\}$	
TU_{ID}	ID do turno
EGE₁	Disponibilidade dos equipamentos
EGE₂	Eficiência dos equipamentos
EGE₃	Qualidade dos artigos produzidos pelos equipamentos
EGE	Eficácia global do Equipamento

O indicador disponibilidade representa o tempo que uma máquina está apta para processar artigos face ao tempo que está parada devido a alguma avaria ou ajuste. Esta informação é proveniente dos *smart objects* programados com as funções do módulo “Tempo”. Por sua vez, a eficiência de desempenho compara a taxa de produção real com a taxa de produção planeada. Estes valores são indicados pela função $Rate_1$ do módulo “Taxa”. Já a qualidade dos artigos produzidos é fornecida pela função $Count_2$.

4 ARQUITETURAS DE *SMART OBJECTS*

O capítulo anterior introduziu as funções desempenhadas pelos *smart objects* no suporte à gestão em tempo real da produção. Este capítulo propõe arquiteturas destes objetos “inteligentes” com base em tecnologias AIDC distintas, como a tecnologia RFID, RSSF e sensorial. Neste sentido, as arquiteturas propostas representam diferentes cenários de implementação de *smart objects* numa empresa, bem como a forma como os seus elementos (sensores, *dashboards*, entre outros) comunicam e trocam informação entre si.

4.1 Elementos das Arquiteturas Propostas

O termo arquitetura pode ser definido como uma construção lógica, formada por uma série de elementos que compõem um todo, representando o modo como estes se conjugam e agregam entre si (Zachman, 1987). Por outras palavras, é um esquema descritivo que pode assumir várias perspetivas (Rodrigues, 2002). Por conseguinte, os elementos das arquiteturas propostas encontram-se presentes na Tabela 21.

Tabela 21 – Elementos das arquiteturas propostas

Elemento	Papel
Tecnologia AIDC	Recolha automática de informação
<i>Smart object</i>	Recolha de informação e execução de funções
Estação	Armazenamento de informação proveniente dos <i>smart objects</i>
Dashboard	Exibição da informação transmitida pelos <i>smart objects</i>

Segundo Huang, Wright & Newman (2009) não existe um modelo fixo a seguir relativamente à implementação de *smart objects* numa empresa. A melhor solução depende do contexto económico específico em que está inserida e das suas necessidades em particular. Desta forma, os referidos autores recomendam uma análise detalhada ao seu processo produtivo antes de optar por uma alternativa. A Figura 20 ilustra a implementação de *smart objects* no ciclo de vida do produto. No âmbito desta dissertação, as arquiteturas de *smart objects* propostas neste capítulo encontram-se orientadas para a primeira fase do ciclo, ou seja, início de vida do produto.

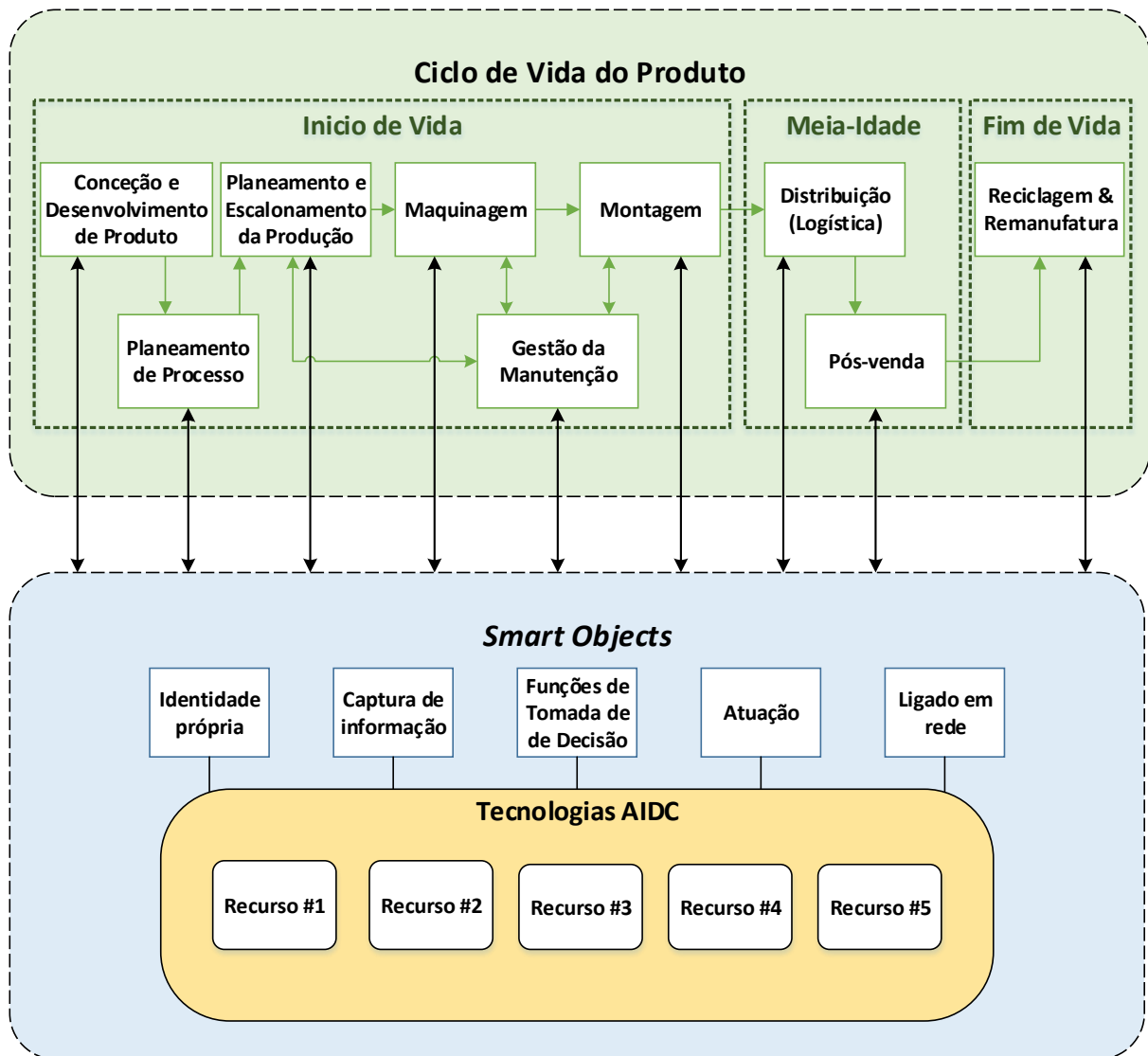


Figura 20 - Framework para a implementação de *smart objects* no ciclo de vida do produto

As próximas arquiteturas representam a implementação de *smart objects* no chão de fábrica com RFID, RSSF e sensores integrados. A interação entre vários dispositivos “inteligentes” é igualmente exposta.

4.2 Arquitetura de *Smart Objects* com RFID

A primeira arquitetura apresenta *smart objects* integrados com tecnologia RFID. Esta arquitetura adequa-se às empresas que pretendam implementar as funções dos módulos “Contagem” e “Taxa”, introduzidas no capítulo anterior. A lista de componentes dos dispositivos “inteligentes” com esta tecnologia encontra-se assinalada na Tabela 22.

Tabela 22 – Especificações do smart object com RFID

Componente	Descrição
Processador	Executa as funções de tomada de decisão
Memória	Contém a informação necessária à execução das funções
Leitor RFID	Permite ler a informação contida nos <i>tags</i>
Módulo de RF	Transmissão de dados por Radio Frequência
Relógio de tempo real	Registo do tempo exato em que a informação foi capturada

A particularidade está no leitor interno de RFID, que recolhe dados técnicos sobre recursos equipados com *tags*. Por norma, apresentam um relógio de tempo real, responsável por manter o controlo do tempo presente, tal como ilustrado na Figura 21.



Figura 21 – Smart object com relógio de tempo real [adaptado de:(Beigl & Gellersen, 2003)]

De acordo com a arquitetura da Figura 22, os *smart objects* recolhem a informação necessária à execução das suas funções, através da leitura dos *tags*. À medida que os dispositivos desempenham as funções para os quais foram programados, informação sobre a sua atividade é transmitida para o *dashboard* do operador e para a estação “célula”. Estas estações são servidores localizados nas células de produção, cuja função é armazenar informação proveniente de todos os dispositivos implementados nesta. Entretanto, cada estação “célula” reencaminha os seus dados para a estação principal, designada por “chão de fábrica”. Esta detém o historial de toda a atividade desempenhada pelos *smart objects* da empresa. Como tal, somente os *dashboards* de apoio ao gestor e diretor têm acesso ao seu conteúdo.

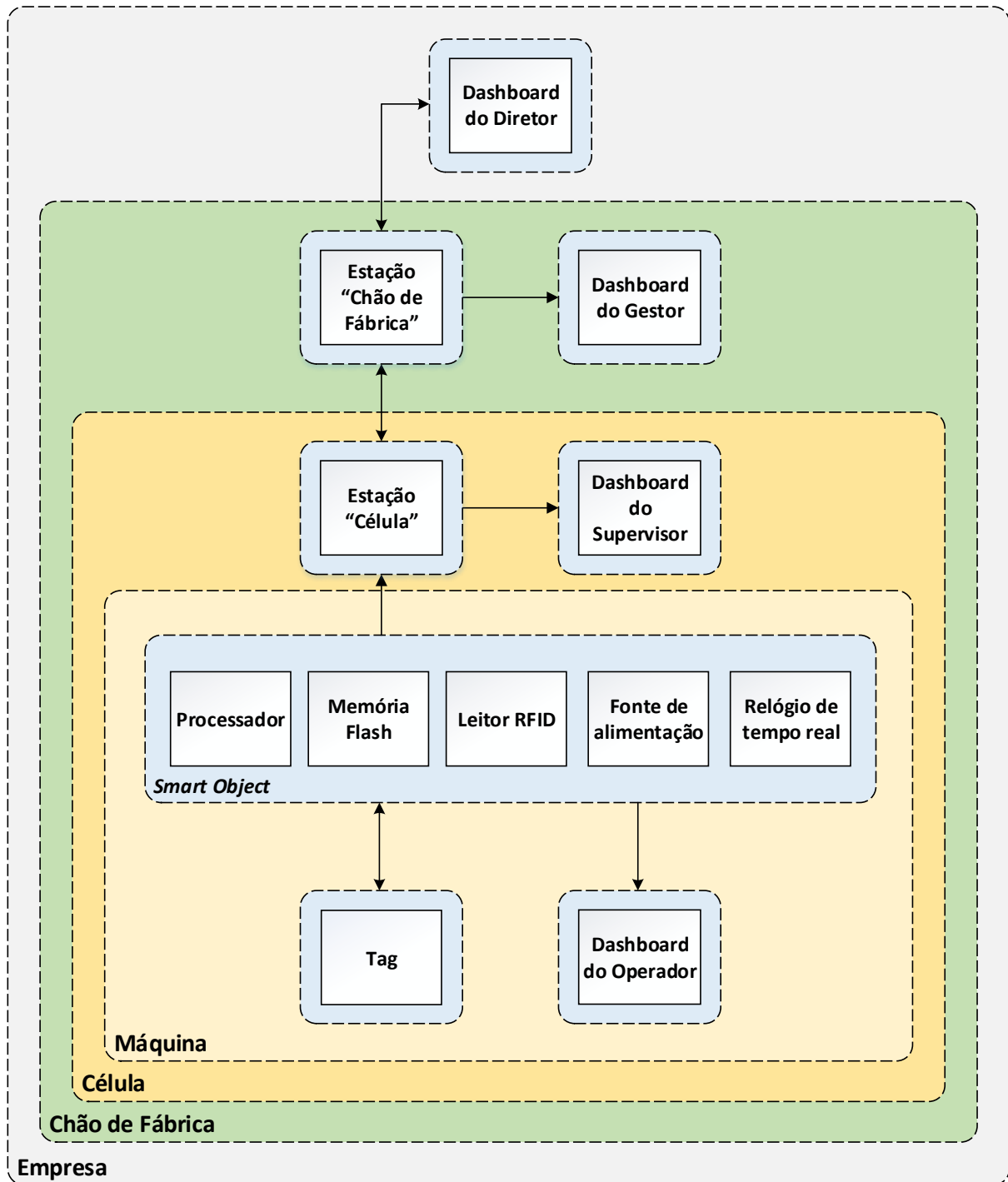


Figura 22 – Arquitetura de smart object com RFID

4.3 Arquitetura de *Smart Objects* com RSSF

A presente arquitetura é direcionada às empresas que procurem uma solução simples e económica. Esta alternativa é baseada em *smart objects* com tecnologia RSSF e caracteriza-se pela facilidade de implementação destes dispositivos, devido ao tamanho reduzido dos seus nós sensores, tal como é possível observar na Figura 23.

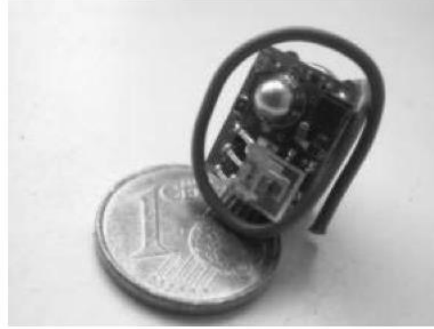


Figura 23 – Exemplo de um nó sensor (Beigl, Decker, Krohn, Riedel & Zimmer, 2005)

No entanto, o seu baixo custo traduz-se em algumas limitações, principalmente ao nível de *hardware*. Regra geral, o microcontrolador destes *smart objects* possui uma memória interna com pouco espaço e um processador muito limitado, impedindo este de desempenhar funções complexas. As suas funções típicas resumem-se a determinar valores de um parâmetro pré-definido num dado local, detetar a ocorrência de eventos ou rastrear componentes ou artigos.

Esta solução adequa-se às empresas com interesse na função “Alerta de Manutenção” do módulo “Manutenção”. Os nós sensores podem ser implementados no interior de um equipamento, monitorizando o estado dos seus componentes. Na Tabela 23 estão indicadas as especificações deste tipo de *smart object*.

Tabela 23 – Especificações do *smart object* com tecnologia RSSF

Componente	Descrição
Microcontrolador	Execução de funções simples (pouca memória interna)
Estação Base	Ponto de acesso entre os vários nós
Nó Sensor	Recolha de informação

Relativamente à sua arquitetura, esta encontra-se representada na Figura 24. A sua diferença face à arquitetura anterior está na ausência do *dashboard* do operador. O motivo prende-se com o facto de os *smart objects* com RSSF não recolherem e processarem informação pertinente para a tomada de decisão dos operadores. Como tal, o *smart object* da Figura 24 comunica apenas com a estação da célula onde está implementado.

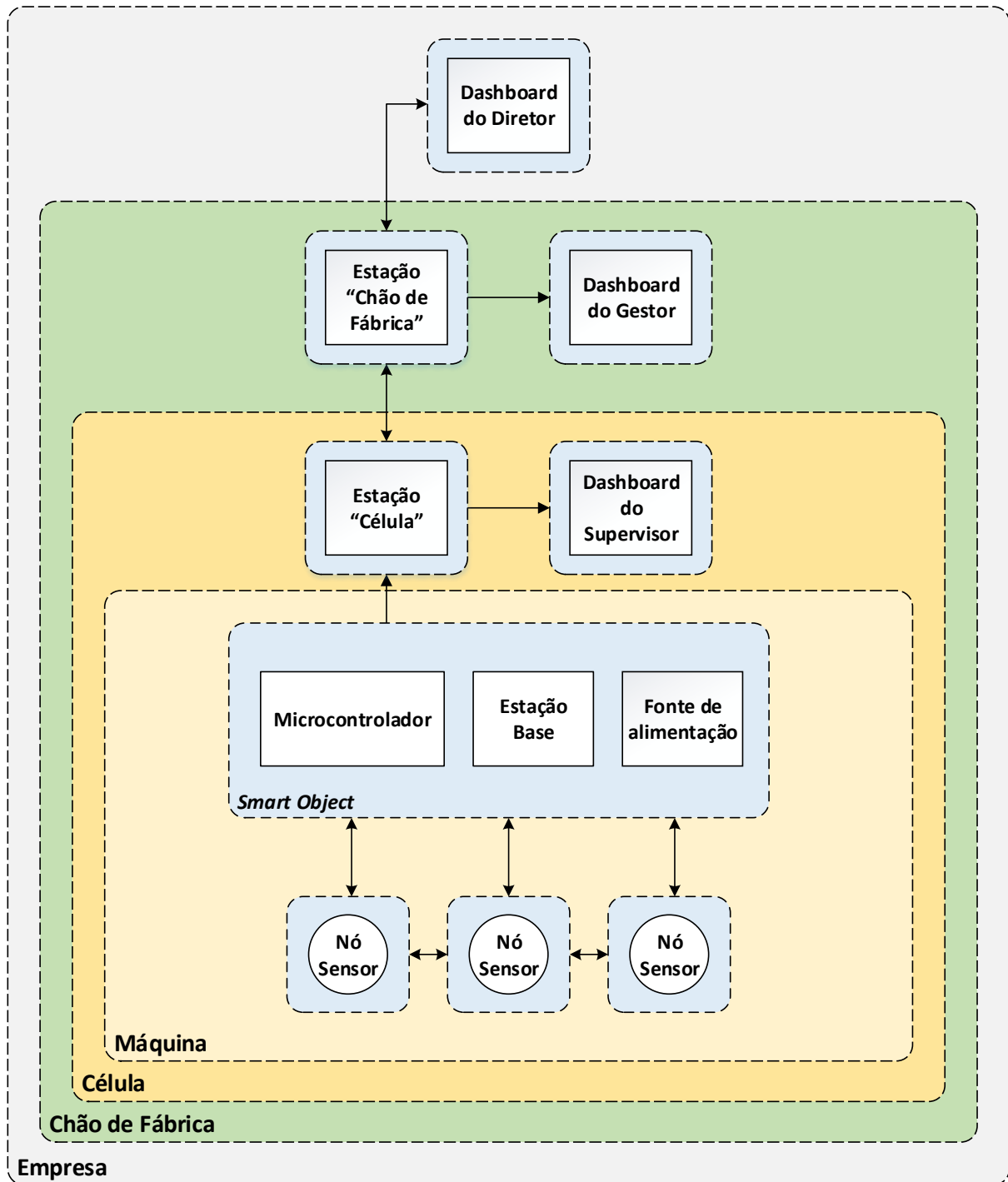


Figura 24 – Arquitetura de smart object com tecnologia RSSF

4.4 Arquitetura de *Smart Objects* com Sensores Integrados

A próxima solução destina-se às empresas que pretendem fazer a gestão de máquinas e produtos, de uma forma rigorosa e minuciosa. Os dispositivos desta solução são constituídos por componentes muito idênticos aos dos *smart objects* apresentados na primeira arquitetura, à exceção do leitor RFID.

No entanto, estes manifestam um grau superior de inteligência face aos anteriores, uma vez que integram múltiplos sensores, conforme é possível visualizar na Figura 25.

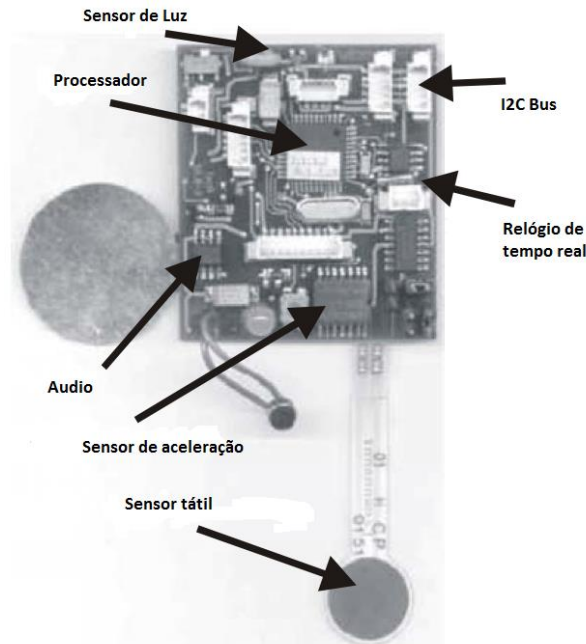


Figura 25 – *Smart object* com sensores integrados [adaptado de:(Beigl, Zimmer, Krohn, Decker & Robinson, 2003)]

Esta solução recomenda-se no caso de os *smart objects* desempenharem funções como, por exemplo, o controlo e monitorização dos tempos produtivos e não produtivos de um equipamento, ou seja, funções referentes ao módulo III. Desta forma, os sensores ilustrados na Figura 25 têm a capacidade de analisar o estado de um equipamento. Isto é, o seu sensor de aceleração identifica quando os motores estão a funcionar. Por sua vez, o seu sensor de luz identifica a presença de artigos no interior do equipamento, enquanto o sensor tátil comunica sempre que existe um ajustamento na máquina.

A arquitetura de *smart objects* com sensores integrados está representada na Figura 26. Uma diferença substancial em relação às duas anteriores é a presença de uma única estação. Por vezes não é necessário colocar um servidor em cada célula ou linha de produção, devido a dimensão reduzida do chão de fábrica de algumas empresas. Nesse sentido, e conforme é possível visualizar na Figura 26, todos os *smart objects* comunicam para o mesmo servidor. Isto significa que é a própria estação a responsável por fazer a distribuição da informação pelos diferentes *dashboards*. Não obstante, o seu acesso continua a ser exclusivo dos gestores e diretor.

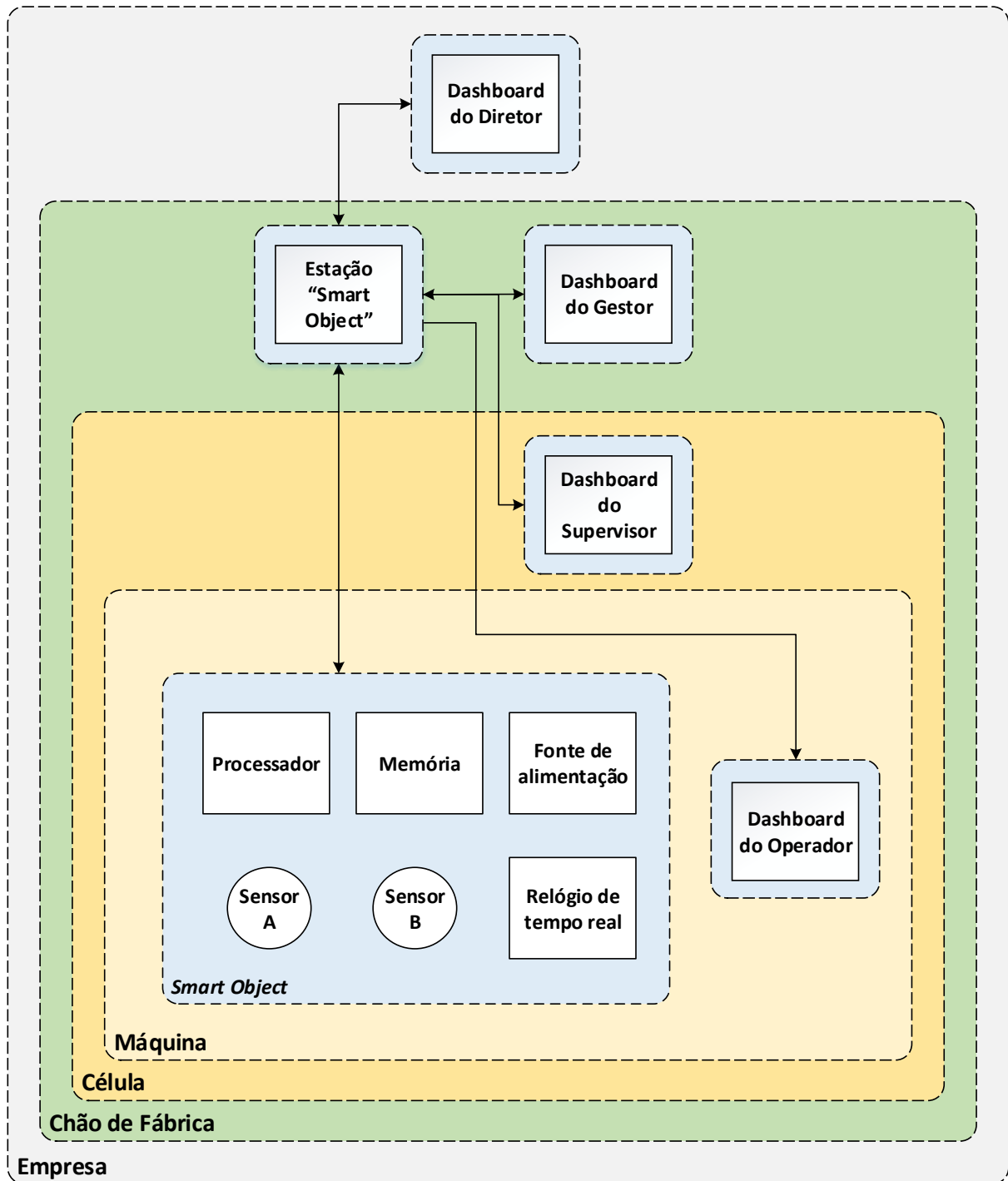


Figura 26 – Arquitetura de smart object com múltiplos sensores integrados

4.5 Arquitetura de *Smart Objects* com Interação entre si

A última arquitetura presente neste capítulo resulta da combinação de *smart objects* com diferentes tecnologias. A ideia é explorar a sua capacidade de interação, de modo a cooperarem e trocarem informação entre si. Considera-se que esta solução é a mais indicada para todas as empresas que atuam na indústria farmacêutica, alimentar ou similares, onde é exigido um controlo rigoroso de certos parâmetros, tais como humidade, exposição solar, pressão ou

inclinação, ao longo de todo o processo produtivo. Na Figura 27 encontra-se o exemplo de dois objetos “inteligentes” com capacidade para trocarem dados.

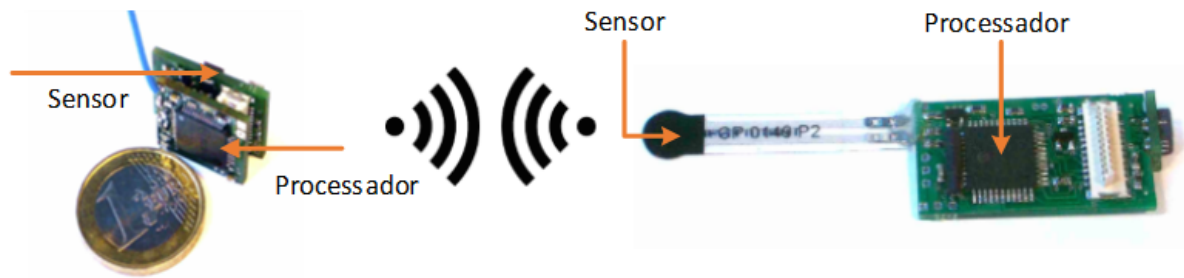


Figura 27 – Dois *smart objects* com capacidade para comunicar entre si [adaptado de:(TECO, 2014)]

Contudo, o grande problema associado à interação de *smart objects* reside no facto de, por vezes, usarem protocolos de comunicação diferentes, levantando problemas de compatibilidade e sincronização de informação (Zhang, Huang, Qu & Sun, 2013).

O *smart object* programado com a função do módulo I “Progresso da Ordem” pode exigir uma solução deste género. Isto é, imagine-se o caso de uma ordem cujos artigos necessitam de ser processados em várias máquinas. No fim de cada operação, o dispositivo “inteligente”, equipado na máquina, irá comunicar ao tal *smart object* que a operação foi realizada. Deste modo, o *smart object* recebe informação dos restantes, permitindo que este indique as operações que já foram realizadas e as que ainda estão por processar.

A arquitetura de *smart objects* com interação encontra-se exposta na Figura 28. Através desta figura, é possível observar a existência de três dispositivos “inteligentes”. Por norma, existe sempre um dispositivo que possui um grau de inteligência superior, ficando este responsável por comunicar as trocas de informação com os restantes aos *dashboards* e estações. Neste caso, o responsável por esta tarefa é o “*smart object I*”, uma vez que dispõe de um processador e uma memória principal, enquanto os restantes possuem apenas um microcontrolador (μC). Por fim, o “*smart object III*” detém ainda um atuador que executa um comando pré-programado, no momento em que recebe informação sobre o valor de um parâmetro, proveniente dos restantes dispositivos.

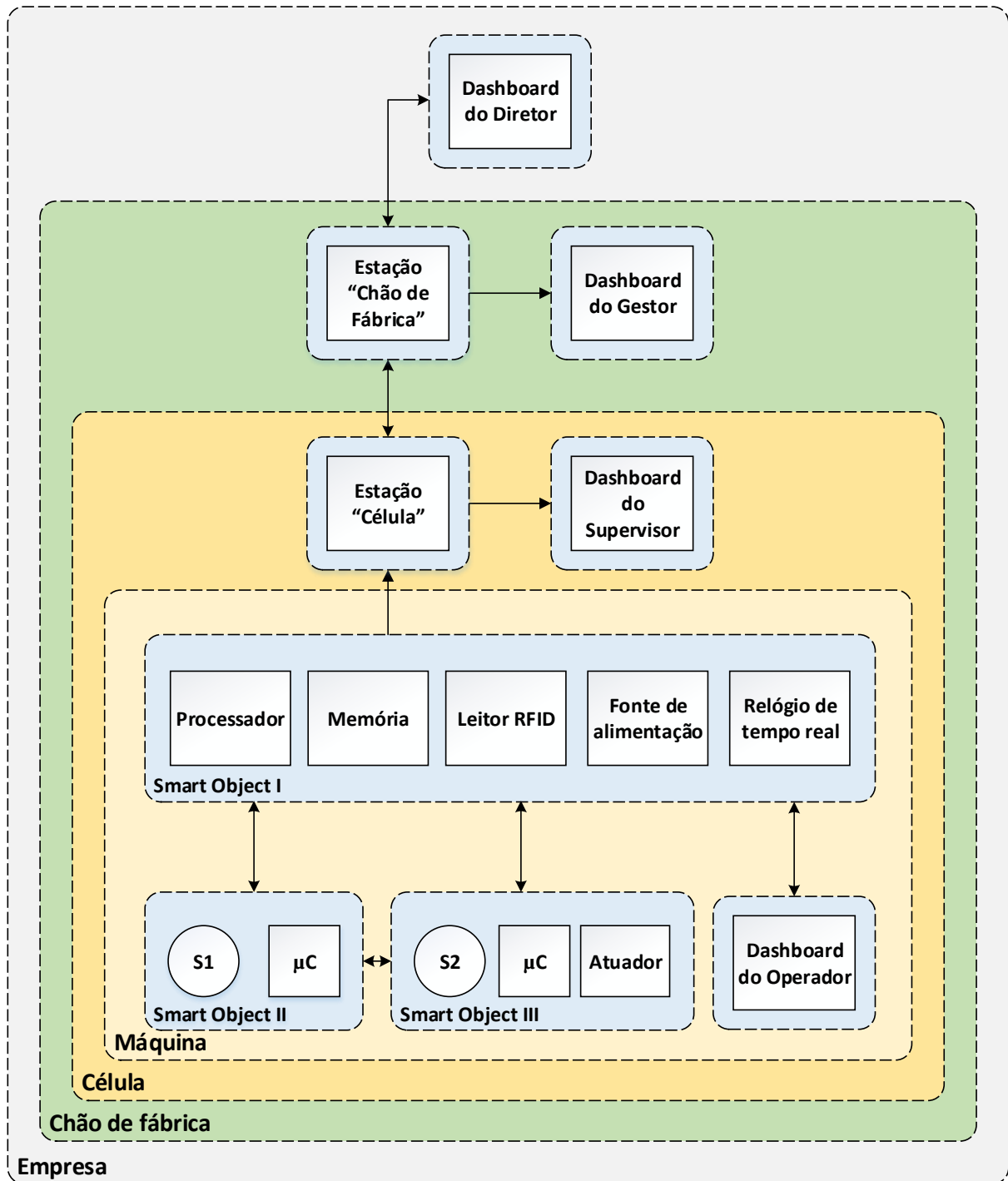


Figura 28 – Arquitetura de smart objects com interação entre si

5 VALIDAÇÃO DAS FUNÇÕES PROPOSTAS

Neste capítulo é explorada a estratégia de investigação adotada e as diferentes técnicas aplicadas na validação das funções desenvolvidas no capítulo 3. Por motivos de confidencialidade e de proteção de dados, a empresa sobre a qual a investigação se debruçou denomina-se por “Empresa X”.

5.1 Metodologia de Validação

O processo de validação foi baseado no estudo de um caso único. A razão para a escolha desta metodologia prende-se com o facto de ser a estratégia mais apropriada para investigar um fenómeno contemporâneo, no seu contexto real e natural, nomeadamente quando os limites entre o fenómeno e o contexto não são claros nem específicos (Yin, 1989). O método Caso de Estudo tenta iluminar a decisão ou o conjunto de decisões tomadas e dá resposta ao “porquê”, “ao como” e ao “quê”. Deste modo, os investigadores conseguem ter uma visão holística de certos eventos da vida real como ciclos de vida, processos organizacionais e amadurecimento das indústrias (Schramm, 1971). Por sua vez, o instrumento para a aplicação da metodologia adotada foi o questionário.

5.2 Questionário Desenvolvido

Para a validação desta dissertação solicitou-se a colaboração de uma empresa metalomecânica, no estudo de viabilidade e interesse nas funções desempenhadas pelos *smart objects*. A colaboração consistiu no preenchimento de um questionário, desenvolvido para o efeito, por o responsável pela gestão de produção na “Empresa X”. O questionário encontra-se no anexo I e é constituído por seis áreas de questões:

1. Caraterísticas do inquirido;
2. Tipologia de produção;
3. Sistemas de apoio à gestão da produção;
4. Medição do desempenho do sistema de produção;
5. Medidas de desempenho usadas pela empresa;
6. Medidas de desempenho que gostaria de implementar.

A primeira fase do questionário diz respeito às características do inquirido como o número de anos de experiência profissional na área da gestão industrial, habilitações literárias e nível de conhecimento informático na ótica do utilizador.

De seguida, pretende-se saber um pouco mais sobre a tipologia de produção adotada pela empresa consoante três critérios: (1) organização do seu fluxo de produção, isto é, se apresenta uma produção contínua (*flow shop*), descontínua (*job shop*), produção por projeto ou outro tipo; (2) relacionamento com o cliente, ou seja, se vende a partir do *stock*, se produz e/ou faz montagem por encomenda; (3) tipo de implantação no seu chão de fábrica: se existem secções homogéneas, linhas de fabrico ou células de fabrico.

O terceiro grupo de questões identifica os sistemas de apoio à gestão da produção, utilizados pela empresa, bem como a utilização de métodos de identificação por RFID.

A próxima fase avalia o nível de satisfação, em geral, dos indicadores de desempenho utilizados atualmente pela empresa na gestão da produção.

A quinta área de questões é a mais importante, uma vez que pretende recolher informação sobre cada indicador de desempenho implementado na empresa. Deste modo, solicita-se uma breve descrição sobre o indicador, o nível de satisfação quanto ao mesmo, a informação (*input*) necessária a recolher para este ser calculado e de que modo (manualmente ou automaticamente) são obtidos os seus valores. Pretende-se igualmente saber a frequência de obtenção na fonte dos valores da métrica e o atraso durante os seguintes intervalos:

- Valor obtido na fonte e valor disponível para a tomada de decisão;
- Valor disponível para a tomada de decisão e momento da tomada de decisão;
- Momento da tomada de decisão e momento da execução.

Analisa-se ainda o grau de impacto atribuído à medida de desempenho em relação aos seguintes fatores: na necessidade de rapidez na tomada de decisão e nos efeitos económicos/ambientais da empresa. Para finalizar esta seção, pergunta-se ao responsável se gostaria de eliminar a medida de desempenho em questão no futuro.

Com a última área de questões testa-se a aplicabilidade das funções apresentadas no capítulo 3, identificando as funções que já foram implementadas pela empresa, bem como as que gostaria de implementar e visualizar em tempo real.

5.3 Demonstrador: Empresa Metalomecânica

A “Empresa X” trabalha no ramo metalomecânico e apresenta uma faturação anual na ordem de 50 milhões de euros. Atualmente tem cerca de 400 colaboradores e conta com duas unidades industriais certificadas pela norma ISO 9001. A empresa abastece mercados por todo o mundo, tal como o setor da pesca, de gruas e de construção *offshore*. É também um dos maiores produtores nacionais no mercado das fibras sintéticas. Possui ainda um laboratório moderno para o desenvolvimento de novos produtos e controlo da qualidade.

Relativamente à tipologia da sua produção, a empresa adota o tipo de produção mais comum nesta indústria, isto é, produção descontínua com máquinas (tornos, fresadoras, entre outras) agrupadas em função da tarefa a executar. Assim, encontra-se organizada por secções homogéneas e produz por encomenda, bem como produção para stock. A empresa utiliza *software* de aplicação ERP na gestão da produção mas não utiliza métodos de identificação por RFID.

5.4 Resultados e Análise

A última etapa do processo de validação da dissertação consiste na exposição dos resultados obtidos e na análise dos mesmos. Numa primeira fase analisaram-se os indicadores de desempenho adotados pela “Empresa X”. Em seguida, examinaram-se as respostas obtidas relativas ao interesse e viabilidade das funções propostas, desenvolvidas no âmbito deste projeto.

Posto isto, encontra-se na Tabela 24 o resumo das respostas obtidas referentes a dois indicadores de desempenho adotados pela empresa: “Indicador A” e “Indicador B”. O critério de seleção foi baseado no forte impacto económico que ambos têm na empresa. Os dois indicadores têm em comum a recolha manual e diária dos seus valores. Isto significa que o seu registo é efetuado apenas quando o colaborador responsável está efetivamente presente no local do acontecimento, o que por vezes não acontece. Nesse sentido, esta foi a primeira fraqueza identificada e que é solucionada pelo processo de tomada de decisão proposto pois os valores e respetivos instantes de tempo são recolhidos automaticamente pelos *smart objects*.

No entanto, e embora os valores sejam recolhidos diariamente, estes estão somente disponíveis para a tomada de decisão no dia seguinte. Como tal, a tomada de decisão irá ser baseada em

informação desatualizada e com um dia de atraso. Não obstante, a realidade mostra que este atraso é bem superior a um dia em consequência de se verificar que o momento da tomada de decisão não ocorre mal o valor esteja disponível. Consequentemente, e no caso do “Indicador B”, representa uma tomada de decisão efetuada a partir de informação com mais de um mês, o que não deixa de ser surpreendente face ao elevadíssimo impacto do indicador na economia da empresa. Não fosse isto suficiente, há ainda que acrescentar o atraso entre o momento da tomada de decisão e o momento da sua execução efetiva. Desta forma, os resultados obtidos permitem concluir que a tomada de decisão relativa a métricas críticas para o sucesso da “Empresa X” é baseada em informação com mais de três dias no caso do Indicador A, e mais de cinco semanas no caso do “Indicador B”. Um dos grandes objetivos do processo de tomada de decisão proposto é precisamente acabar com estes atrasos que são reais e que acarretam custos avultados para as empresas.

Tabela 24 – Informação sobre o indicador de desempenho A e B adotado pela empresa

	Indicador A	Indicador B
Impacto económico na empresa	Muito elevado	Muito elevado
Importância na rapidez da tomada de decisão	Muito elevado	Elevado
Frequência e modo de obtenção	Diária / Manual	Diária / Manual
Nível de satisfação quanto ao indicador	Médio	Médio
Atraso 1*	Diário	Diário
Atraso 2**	Diário	Mensal
Atraso 3***	Diário	Semanal

* Intervalo de tempo entre o momento em que o valor é obtido na fonte e o momento em que esse mesmo valor está disponível para a tomada de decisão;

** Intervalo de tempo entre o momento em que o valor está disponível para a tomada de decisão e o momento da tomada de decisão relativo a esse valor;

*** Intervalo de tempo entre momento da tomada de decisão e o momento da sua execução efetiva;

Relativamente às funções de tomada de decisão propostas no capítulo 3, a empresa manifestou elevado interesse em implementá-las. O gráfico da Figura 29 – Interesse manifestado pela “Empresa X” nas funções propostas Figura 29 revela que mais de metade das funções propostas já foram adotadas pela empresa de modo manual. Este resultado é muito positivo no sentido em que as funções desenvolvidas vão ao encontro das necessidades e exigências da “Empresa X”,

bem como serem uma mais-valia para esta pelas razões já referidas. Por sua vez, a empresa gostaria de implementar as restantes funções propostas e que nunca foram adotadas pela empresa, revelando o seu elevado grau de aplicabilidade.

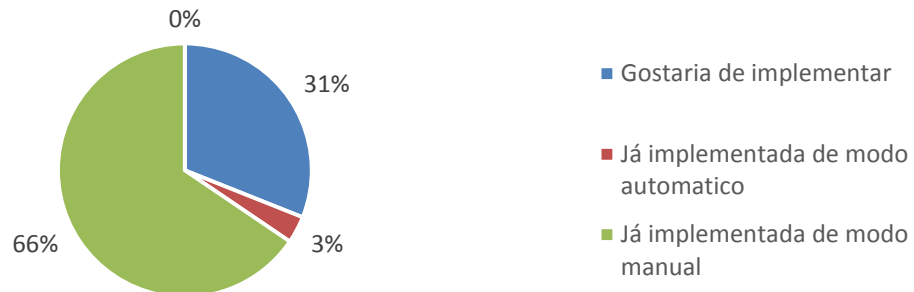


Figura 29 – Interesse manifestado pela “Empresa X” nas funções propostas

Para compreender melhor este interesse e identificar a influência de cada módulo no resultado final, elaborou-se o gráfico da Figura 30. O gráfico permite constatar que as únicas funções implementadas na empresa de modo automático dizem respeito ao módulo “Contagem”. Este é um resultado de certa forma esperado, uma vez que não seria muito comum e viável para uma empresa metalomecânica realizar a contagem de peças produzidas manualmente. No que diz respeito as restantes funções já implementadas pela empresa, a ilação que se retira é a de que os quatro módulos propostos são validos para a “Empresa X”, visto que todos eles possuem pelo menos já quatro funções adotadas. Para finalizar, a empresa gostaria de visualizar em tempo real os valores recolhidos de todas as funções propostas nesta dissertação.

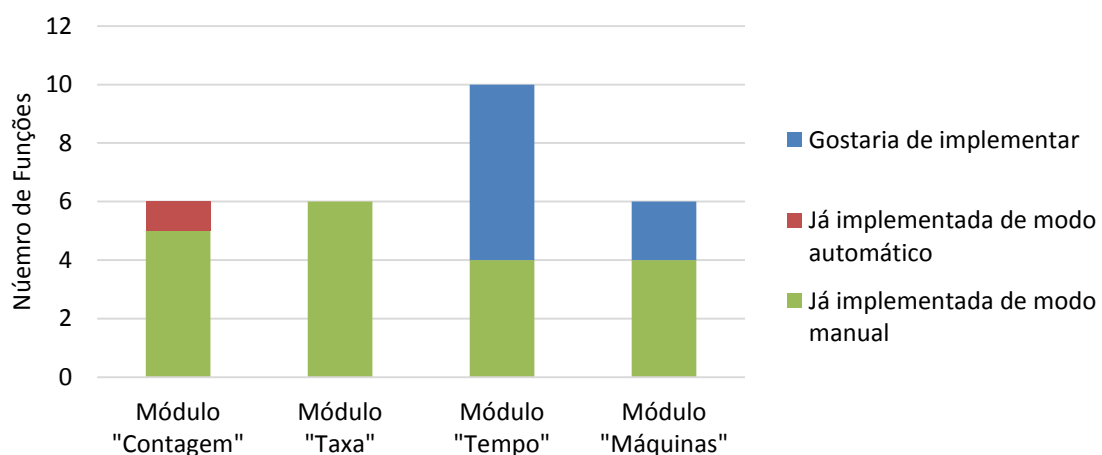


Figura 30 – Interesse manifestado pela “Empresa X” nos módulos apresentados

Em síntese, os resultados obtidos do inquérito revelam o total interesse da empresa no projeto desenvolvido.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O último capítulo destaca os principais resultados obtidos com este projeto, os vários constrangimentos que surgiram durante o desenvolvimento desta e os trabalhos a desenvolver num futuro próximo.

6.1 Principais Resultados

Esta dissertação teve como objetivo central a definição de funções desempenhadas pelos *smart objects* no suporte à gestão em tempo real da produção. Considera-se que este objetivo foi alcançado com sucesso uma vez que a Empresa X ficou muito interessada nas funções desenvolvidas. A especificação do tipo de informação recolhida por estes dispositivos e o modo como esta é distribuída por todos os responsáveis pela gestão da produção é um contributo original deste trabalho. Contribui-se igualmente com a elaboração de um questionário que permite identificar as funções mais adequadas às necessidades da empresa, bem como avaliar o interesse destas no conceito de *smart object*. Por último, pode-se referir ainda a construção de arquiteturas de *smart objects* com diferentes tecnologias, oferecendo diversas soluções às empresas.

6.2 Constrangimentos ao Desenvolvimento do Projeto

Ao longo do projeto surgiram obstáculos que foram difíceis de ultrapassar. O facto de não existir uma base sólida de conhecimento científico e tecnológico do conceito de *smart object*, criou algumas dificuldades no levantamento das tecnologias a integrar nos dispositivos. Apesar de o tema não ser propriamente recente e já ser uma realidade, este ainda não se encontra amadurecido, existindo divergências na literatura relativamente à sua caracterização e tecnologias aplicadas. A especificação das funções foi um processo que exigiu muito trabalho e tempo despendido, uma vez que foi algo criado de raiz, não existindo praticamente nenhuma referência na literatura sobre o assunto.

6.3 Próximos Desenvolvimentos

Num futuro próximo pretende-se continuar a melhorar e a desenvolver novas funções no âmbito do conceito de *smart object*. Outros aspetos a serem considerados em desenvolvimentos futuros:

- Definição de funções para dispositivos que atuem na fase intermédia e fase final do ciclo de vida do produto. Isto é, funções destinadas à melhoria dos processos de distribuição, pós-venda, reciclagem e remanufactura;
- Construção de um protótipo com base na plataforma Arduíno que execute algumas funções simples como a contagem de objetos de forma a potenciar o interesse das empresas neste projeto;
- Estudo mais aprofundado do tema através da submissão do questionário a um número significativo de empresas.

Uma ação futura, que fica também em aberto, é o desenvolvimento de uma plataforma que integra a informação capturada pelos *smart objects* com os Sistemas de Informação existentes nas empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeles, R. (2005). RFID technologies: supply-chain applications and implementation issues. *Information Systems Management*, 22(1), 51-65.
- Bailey, D., & Wright, E. (2003). *Practical SCADA for industry*: Newnes.
- Bajic, E. (2005). Ambient services modeling framework for intelligent products. *Research Centre for Automatic Control, University Henri Poincare, Nancy, Technical Report, CRAN-CNRS UMR, 7039*.
- Bajic, E. (2009). A service-based methodology for RFID-smart objects interactions in supply chain. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 4(3), 37-54.
- Barker, R., & Longman, C. (1990). *Case Method: Function and Process Modelling*: Addison Wesley.
- Beigl, M., Decker, C., Krohn, A., Riedel, T., & Zimmer, T. (2005). *μparts: Low cost sensor networks at scale*. Paper presented at the Ubicomp 2005.
- Beigl, M., & Gellersen, H. (2003). *Smart-its: An embedded platform for smart objects*. Paper presented at the Smart Objects Conference (sOc).
- Beigl, M., Zimmer, T., Krohn, A., Decker, C., & Robinson, P. (2003). *Smart-its-communication and sensing technology for ubicomp environments*: Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik.
- Bolton, W. (2009). *Programmable logic controllers*: Newnes.
- Brewer, A., Sloan, N., & Landers, T. L. (1999). Intelligent tracking in manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 10(3-4), 245-250.
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2007). *Gestão da Produção: Para uma gestão industrial ágil, criativa e cooperante*. Lisboa: LIDEL.
- Diallo, O., Rodrigues, J. J. P. C., & Sene, M. (2012). Real-time data management on wireless sensor networks: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 35(3), 1013-1021. doi: 10.1016/j.jnca.2011.12.006
- Eckerson, W. W. (2010). *Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business*: John Wiley & Sons.
- Everett, R. R., Zraket, C., & Benington, H. (1957). *SAGE: A data-processing system for air defense*. Paper presented at the Papers and discussions presented at the December 9-13, 1957, eastern joint computer conference: Computers with deadlines to meet.
- Few, S. (2004). Dashboard Confusion. *Perceptual Edge*.
- Finkenzeller, K., & Waddington, R. (1999). *RFID handbook: radio-frequency identification fundamentals and applications*: Wiley New York.
- Fisher, P. R., Heins, R. D., Ehler, N., & Lieth, J. H. (1997). A decision-support system for real-time management of Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) scheduling and height—I. System description. *Agricultural Systems*, 54(1), 23-37.
- Flamini, M., & Pacciarelli, D. (2008). Real time management of a metro rail terminus. *European Journal of Operational Research*, 189(3), 746-761. doi: 10.1016/j.ejor.2006.09.098
- Gunasekaran, A., Ngai, E. W., & McGaughey, R. E. (2006). Information technology and systems justification: A review for research and applications. *European Journal of Operational Research*, 173(3), 957-983.
- Haynes, M., McGregor, A., & Stewart, N. (1997). The business team standard: A means of improving the effectiveness of individual businesses in a multibusiness corporation. *Systems practice*, 10(3), 219-239.

- Huang, G. Q., Wright, P., & Newman, S. T. (2009). Wireless manufacturing: a literature review, recent developments, and case studies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 22(7), 579-594.
- Huang, G. Q., Zhang, Y., Chen, X., & Newman, S. T. (2008a). RFID-enabled real-time wireless manufacturing for adaptive assembly planning and control. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(6), 701-713.
- Huang, G. Q., Zhang, Y., & Jiang, P. (2007). RFID-based wireless manufacturing for walking-worker assembly islands with fixed-position layouts. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(4), 469-477.
- Huang, G. Q., Zhang, Y., & Jiang, P. (2008b). RFID-based wireless manufacturing for real-time management of job shop WIP inventories. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(7-8), 752-764.
- Inman, R. A., Sale, R. S., Green Jr, K. W., & Whitten, D. (2011). Agile manufacturing: Relation to JIT, operational performance and firm performance. *Journal of Operations Management*, 29(4), 343-355. doi: 10.1016/j.jom.2010.06.001
- Jun, H.-B., Shin, J.-H., Kim, Y.-S., Kiritsis, D., & Xirouchakis, P. (2009). A framework for RFID applications in product lifecycle management. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 22(7), 595-615.
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing Execution Systems-MES*: Springer.
- Lineview. (2014). Real-time manufacturing intelligence. Retrieved 3 de junho, 2014, from http://www.lineview.com/pdf/Lineview_brochure.pdf
- López, T. S., Ranasinghe, D. C., Patkai, B., & McFarlane, D. (2011). Taxonomy, technology and applications of smart objects. *Information Systems Frontiers*, 13(2), 281-300.
- McFarlane, D., Sarma, S., Chirn, J. L., Wong, C., & Ashton, K. (2002). *The intelligent product in manufacturing control and management*. Paper presented at the To Appear, IFAC World Congress.
- Monostori, L., Csáji, B. C., Kádár, B., Pfeiffer, A., Ilie-Zudor, E., Kemény, Z., & Szathmári, M. (2010). Towards adaptive and digital manufacturing. *Annual Reviews in Control*, 34(1), 118-128.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535.
- Parmenter, D. (2010). *Key performance indicators (KPI): developing, implementing, and using winning KPIs*: John Wiley & Sons.
- Penin, A. R. (2011). *Sistemas Scada*: Marcombo.
- Pinson, S. D., Louçã, J. A., & Moraitis, P. (1997). A distributed decision support system for strategic planning. *Decision Support Systems*, 20(1), 35-51.
- Power, D. J. (2002). *Decision support systems: concepts and resources for managers*: Greenwood Publishing Group.
- Rodrigues, L. S. (2002). *A Arquitectura dos Sistemas de Informação*: FCA - Editora de Informática, Lda.
- Ruhanen, A., Hanhikorpi, M., Bertuccelli, F., Colonna, A., Malik, W., & López, T. S. (2008). Sensor-enabled RFID Tag Handbook. *BRIDGE Project - Building Radio frequency IDentification for the Global Environment*.
- Schramm, W. (1971). Notes on Case Studies of Instructional Media Projects.
- Singh, S. (2004). *Computer-Aided Process Control*: PHI Learning Pvt. Ltd.
- Soloman, S. (2009). *Sensors and control systems in manufacturing* (2 ed.): McGraw-Hill, Inc.
- Tanenbaum, A., & Van Steen, M. (2007). *Distributed systems*: Pearson Prentice Hall.
- TECO. (2014). Technology for Pervasive Computing. Retrieved 2014, 4 de setembro, from <http://particle.teco.edu/devices/index.html>

- Uckelmann, D., Harrison, M., & Michahelles, F. (2011). *Architecting the Internet of Things*: Springer.
- Vorne. (2014). XL Image Gallery. Retrieved 21 de agosto, 2014, from <http://www.vorne.com/xl/xl-image-gallery.htm>
- Wong, C. Y., McFarlane, D., Ahmad Zaharudin, A., & Agarwal, V. (2002). *The intelligent product driven supply chain*. Paper presented at the Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference On.
- Wu, F., & Kaiser, G. E. (1993). *On Hard Real-Time Management Information*. Paper presented at the Systems Management, 1993., Proceedings of the IEEE First International Workshop on.
- Wu, J. (1998). *Distributed System Design*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Yin, R. K. (1989). *Case Study Research: Design and Methods*: Sage Publications.
- Zachman, J. A. (1987). A framework for information systems architecture. *IBM systems journal*, 26(3), 276-292.
- Zhang, Y., Huang, G. Q., Qu, T., & Ho, O. (2010). Agent-based workflow management for RFID-enabled real-time reconfigurable manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 23(2), 101-112.
- Zhang, Y., Huang, G. Q., Qu, T., Ho, O., & Sun, S. (2011a). Agent-based smart objects management system for real-time ubiquitous manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(3), 538-549.
- Zhang, Y., Huang, G. Q., Qu, T., & Sun, S. (2013). Real-Time Work-in-Progress Management for Ubiquitous Manufacturing Environment *Cloud Manufacturing* (pp. 193-216): Springer.
- Zhang, Y., Jiang, P., & Huang, G. (2008). RFID-based smart kanbans for just-in-time manufacturing. *International Journal of Materials and Product Technology*, 33(1), 170-184.
- Zhang, Y., Jiang, P., Huang, G., Qu, T., Zhou, G., & Hong, J. (2012). RFID-enabled real-time manufacturing information tracking infrastructure for extended enterprises. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(6), 2357-2366.
- Zhang, Y., Qu, T., Ho, O., & Huang, G. Q. (2011b). Real-time work-in-progress management for smart object-enabled ubiquitous shop-floor environment. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 24(5), 431-445.
- Zhang, Y., Qu, T., Ho, O. K., & Huang, G. Q. (2011c). Agent-based smart gateway for RFID-enabled real-time wireless manufacturing. *International Journal of Production Research*, 49(5), 1337-1352.
- Zhekun, L., Gadh, R., & Prabhu, B. (2004). *Applications of RFID technology and smart parts in manufacturing*. Paper presented at the ASME 2004 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference.

ANEXOS

Anexo I – Questionário

ANEXO I – QUESTIONÁRIO

Este questionário faz parte de um estudo sobre o tema "Funções desempenhadas pelos *smart objects* no suporte à gestão em tempo real da produção" e pretende identificar os indicadores/medidas de desempenho com maior relevância na área da gestão da produção.

O preenchimento do questionário deverá ser feito pelo responsável (ou um representante) da gestão da produção.

Informa-se que, estão garantidos a total confidencialidade e o anonimato das respostas.

Após a conclusão do estudo, os resultados da análise serão enviados para o seu conhecimento, e espera-se que contribua para os seus objetivos profissionais.

1. Sobre a Empresa

Localização	
Áreas de Negócio	

2. Características do Inquirido

Idade	
Sexo	
Categoria Profissional	
Habilitações Literárias	

2.1. Quantos anos possui de experiência profissional na área da Gestão da Produção?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

<5 anos	
5 – 10 anos	
11 – 15 anos	
16 – 20 anos	
>20 anos	

2.2. Como avalia o seu conhecimento informático na ótica do utilizador?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

	1	2	3	4	5	
Fraco						Excelente

2.3. No caso de possuir um *smartphone*, indique a(s) finalidade(s) do seu uso

Assinale, por favor, com um X a(s) resposta(s) mais adequada(s).

Chamadas e mensagens (trabalho)	
Chamadas e mensagens (privado)	
GPS	
Redes Sociais	
Meteorologia	
E-mail	
Pesquisa de informação	
Notícias	
Outro: _____	

3. Tipologia de Produção

3.1. Consoante a organização do fluxo de produção

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Produção contínua (<i>flow shop</i>)	
Produção descontínua (<i>job shop</i>)	
Produção por projeto	
Outro: _____	

3.2. Consoante o relacionamento com o cliente

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Venda a partir do stock	
Produção por encomenda	
Montagem por encomenda	
Outro: _____	

3.3. Consoante o tipo de implementação

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Secções homogéneas	
Linhas de fabrico	
Células de fabrico	
Outro: _____	

4. Sistemas de Apoio à Gestão da Produção

4.1. A empresa utiliza software de aplicação ERP na gestão da produção?

ERP (Enterprise Resource Planning) é um pacote de software utilizado para gerir os recursos através da partilha de informação entre as diferentes áreas funcionais da empresa (ex.: contabilidade, planeamento, produção, marketing, etc). Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Sim	
Parcialmente	
Não. Motivo(s): _____ _____	

4.2. A empresa utiliza métodos de identificação por Radiofrequência (RFID) para as seguintes finalidades?

Assinale, por favor, com um X a(s) resposta(s) mais adequada(s).

	Sim	Não
Identificação de pessoas ou controlo de acessos		
Acompanhamento e controlo da produção industrial		
Manutenção ou gestão de ativos		
Controlo de stocks		
Identificação do produto após o processo de produção (ex.: controlo de roubo, prevenção de falsificações)		

5. Sistemas de Apoio à Gestão da Produção

5.1. Qual o nível de satisfação quanto ao conjunto, como um todo, das medidas de desempenho usadas atualmente na gestão da produção da empresa?

"Medida de desempenho" ou "indicador de desempenho" é um dado quantificado que mede a eficácia da totalidade ou parte de um processo ou sistema em relação a uma norma, um plano ou um objetivo que deverá ser determinado e aceite, no quadro de uma estratégia global. Exemplos: no de peças produzidas, tempos de setup, tempo de ciclo, % de peças defeituosas, etc. Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

	1	2	3	4	5	
Muito Insatisfeito						Totalmente satisfeito

6. Medida de Desempenho #__

6.1. Breve descrição da medida de desempenho

6.2. Qual é a informação (input) necessária a recolher para calcular a medida de desempenho?

6.3. Como são obtidos os valores da medida de desempenho?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Manualmente	
Automático	

6.4. Qual é a frequência de obtenção (na fonte) de valores da medida de desempenho?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Segundos	
Minutos	
Horas	
Diária	
Semanal	
Mensal	
Outra: _____	

6.5. Qual é o atraso entre a obtenção (na fonte) dos valores da medida de desempenho e a sua disponibilidade? *(Quando o valor está disponível para a tomada de decisão).*

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Segundos	
Minutos	
Horas	
Diária	
Semanal	
Mensal	
Outra: _____	

6.6. Qual é o atraso entre a disponibilidade dos valores da medida de desempenho e a tomada de decisão?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Segundos	
Minutos	
Horas	
Diária	
Semanal	
Mensal	
Outra: _____	

6.7. Qual é o atraso entre a tomada de decisão e a sua execução?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.

Segundos	
Minutos	
Horas	
Diária	
Semanal	
Mensal	
Outra: _____	

6.8. Qual o nível de satisfação quanto à medida de desempenho?*Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.*

	1	2	3	4	5	
Muito Insatisfeito						Totalmente satisfeito

6.9. Qual o grau de impacto que atribui à medida de desempenho na necessidade de rapidez da tomada de decisão?*Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.*

	1	2	3	4	5	
Nulo						Muito elevado

6.10. Qual o grau de impacto que atribui à medida de desempenho nos efeitos económicos da empresa?*Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.*

	1	2	3	4	5	
Nulo						Muito elevado

6.11. Qual o grau de impacto que atribui à medida de desempenho nos efeitos ambientais da empresa?*Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.*

	1	2	3	4	5	
Nulo						Muito elevado

6.12. Gostaria de eliminar esta medida no futuro?*Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada.*

Sim	
Não	

7. Medidas de Desempenho que gostaria de implementar

7.1. Quais das seguintes medidas de desempenho, já estão implementadas ou gostaria de implementar na empresa?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada em cada linha da tabela.

	Já implementada de modo manual	Já implementada de modo automático	Gostaria de implementar	Irrelevante
Nº de peças produzidas				
Nº de peças conformes produzidas				
Nº de peças não conformes produzidas				
% de peças conformes produzidas				
% de peças não conformes produzidas				
“Work in progress”				

7.2. Gostaria de visualizar em tempo real alguma das medidas de desempenho referidas anteriormente?

Assinale, por favor, com um X a(s) resposta(s) mais adequada(s).

Nº de peças produzidas	
Nº de peças conformes produzidas	
Nº de peças não conformes produzidas	
% de peças conformes produzidas	
% de peças não conformes produzidas	
“Work in progress”	

7.3. Quais das seguintes medidas de desempenho, já estão implementadas ou gostaria de implementar na empresa?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada em cada linha da tabela.

	Já implementada de modo manual	Já implementada de modo automático	Gostaria de implementar	Irrelevante
Taxa média de peças produzidas por unidade de tempo				
Taxa atual de peças produzidas por unidade de tempo				
Taxa média de peças conformes produzidas por unidade de tempo				
Taxa atual de peças conformes produzidas por unidade de tempo				
Taxa média de peças não conformes produzidas por unidade de tempo				
Taxa atual de peças não conformes produzidas por unidade de tempo				

7.4. Gostaria de visualizar em tempo real alguma das medidas de desempenho referidas anteriormente?

Assinale, por favor, com um X a(s) resposta(s) mais adequada(s).

Taxa média de peças produzidas por unidade de tempo	
Taxa atual de peças produzidas por unidade de tempo	
Taxa média de peças conformes produzidas por unidade de tempo	
Taxa atual de peças conformes produzidas por unidade de tempo	
Taxa média de peças não conformes produzidas por unidade de tempo	
Taxa atual de peças não conformes produzidas por unidade de tempo	

7.5. Quais das seguintes medidas de desempenho, já estão implementadas ou gostaria de implementar na empresa?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada em cada linha da tabela.

	Já implementada de modo manual	Já implementada de modo automático	Gostaria de implementar	Irrelevante
Tempo médio de atravessamento*				
Tempo atual de atravessamento*				
Tempo médio que uma máquina necessita para levar a cabo uma operação				
Tempo atual que uma máquina necessita para levar a cabo uma operação				
Tempo médio de transporte de peças entre máquinas ou postos de trabalho				
Tempo atual de transporte de peças entre máquinas ou postos de trabalho				
Tempo médio de espera de uma peça para ser processada				
Tempo atual de espera de uma peça para ser processada				
Tempo médio de Setup**				
Tempo atual de Setup**				

* Tempo de atravessamento - tempo que uma peça demora a atravessar o sistema produtivo.

** Tempo de setup - tempo atual de preparação da máquina para processar uma peça diferente.

7.6. Gostaria de visualizar em tempo real alguma das medidas de desempenho referidas anteriormente?

Assinale, por favor, com um X a(s) resposta(s) mais adequada(s).

Tempo médio que uma peça demora a atravessar o sistema produtivo	
Tempo atual que uma peça demora a atravessar o sistema produtivo	
Tempo médio que uma máquina necessita para levar a cabo uma operação	
Tempo atual que uma máquina necessita para levar a cabo uma operação	
Tempo médio de transporte de peças entre máquinas ou postos de trabalho	
Tempo atual de transporte de peças entre máquinas ou postos de trabalho	
Tempo médio de espera de uma peça para ser processada	
Tempo atual de espera de uma peça para ser processada	
Tempo médio de setup	
Tempo atual de setup	

7.7. Quais das seguintes medidas de desempenho, já estão implementadas ou gostaria de implementar na empresa?

Assinale, por favor, com um X a resposta mais adequada em cada linha da tabela.

	Já implementada de modo manual	Já implementada de modo automático	Gostaria de implementar	Irrelevante
Eficácia global do equipamento				
Disponibilidade do equipamento				
Eficiência do equipamento				
Qualidade das peças produzidas pelo equipamento				
Equipamento a trabalhar				
Equipamento parado				
Equipamento avariado				

7.8. Gostaria de visualizar em tempo real alguma das medidas de desempenho referidas anteriormente?

Assinale, por favor, com um X a(s) resposta(s) mais adequada(s).

Eficácia global do equipamento	
Disponibilidade do equipamento	
Eficiência do equipamento	
Qualidade das peças produzidas pelo equipamento	
Equipamento a trabalhar	
Equipamento parado	
Equipamento avariado	

7.9. Indique outras medidas de desempenho que ache relevante e gostaria de controlar?
