



Planeamento, controlo e gestão de linhas de produção para PMEs

Mestrado em Computação Móvel

Marcelo Gonçalves Pereira

Leiria, março de 2023



Planeamento, controlo e gestão de linhas de produção para PMEs

Mestrado em Computação Móvel

Marcelo Gonçalves Pereira

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação do Professor Doutor Luís Alexandre Lopes
Frazão

Leiria, março de 2023

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Computação Móvel, no ano letivo 2021/2022, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Agradecimentos

Agradeço em especial ao Professor Doutor Luis Alexandre Lopes Frazão pela orientação e pelos valiosos conselhos ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Aos meus colegas de trabalho, amigos e família que nunca me deixaram desistir, mesmo nos momentos mais complicados, mantendo-me motivado para continuar.

Por último mas não menos importante, um profundo agradecimento à minha namorada pela paciência demonstrada nas alturas de maior frustração e ansiedade.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo resolver o desafio de planejar e criar o chão de fábrica de uma nova empresa de produção, integrando em tempo real toda a informação relativa aos estados das linhas de produção, stock e expedição com o software de gestão da empresa. Para automatizar a maioria dos processos, foi necessário encontrar uma solução para identificar os artigos em produção, tendo sido escolhida a utilização de *tags* RFID para cada número de série. O sistema implementado baseou-se em tecnologias de comunicação RFID e *Fog/Edge computing* e foi integrado com o ERP Odoo, permitindo uma gestão mais eficiente do *stock* e controlo do chão de fábrica.

Para garantir o sucesso do projeto, foi necessário desenvolver uma solução de comunicação entre o software da fábrica e o software das restantes empresas do grupo, utilizando XML RPC. Como principais conclusões, destacam-se a importância da digitalização da indústria e utilização de tecnologias inovadoras para melhorar a eficiência dos processos e a competitividade das empresas. Como trabalho futuro, sugere-se a reestruturação do sistema para torná-lo mais escalável e replicável.

A contribuição deste trabalho reside na aplicação de soluções IoT para simplificar e automatizar os projetos de empresas de produção, o que pode ser útil para outras empresas que enfrentem desafios semelhantes. O sistema desenvolvido demonstrou a viabilidade e eficácia desta abordagem, bem como a importância de uma comunicação eficaz entre diferentes sistemas e redes. Em suma, este trabalho apresenta um modelo sólido para gestão de produção, com potencial para melhorar a eficiência e a competitividade da indústria.

Palavras-chave: IoT, RFID, ERP, Industrialização, digitalização, tempo real

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Lista de Figuras	viii
Lista de tabelas	ix
Lista de siglas e acrónimos	x
1. Introdução	1
2. Digitalização da indústria (Estado da Arte)	5
2.1. Sistemas ERP	5
2.1.1. Sage	6
2.1.2. Primavera	7
2.1.3. PHC	7
2.1.4. SAP ERP	8
2.1.5. Odo	9
2.1.6. Comparação dos sistemas ERP	10
2.2. Internet of Things	10
2.3. Tecnologia de comunicação RFID	12
2.4. Comunicação (cliente - servidor)	15
2.4.1. Crontab	16
2.4.2. Long-polling	17
2.4.3. WebSocket	18
2.5. Fog / edge computing	19
2.6. Trabalho relacionado	21
2.6.1. SIMATIC	22
2.6.2. Amazon	22
2.6.3. DHL	23
2.6.4. Toyota	23
2.6.5. Zara	24
2.7. Síntese	25
3. Solução Proposta	27
3.1. Requisitos	27

3.2.	Integração do processo de produção.....	29
3.3.	Fog / Edge Computing.....	32
3.4.	Síntese	33
4.	Implementação.....	34
4.1.	Integração do sistema RFID com o ERP Odoo.....	34
4.1.1.	Objeto MRP/RFID Device	35
4.1.2.	Objeto RFID Action	36
4.1.3.	Testes à comunicação RFID	38
4.2.	Desenvolvimento de Dashboards de visualização	39
4.2.1.	Desenvolvimento de Dashboards interativos	40
4.2.2.	Impressão automática	46
4.3.	Implementação de novas funcionalidades no sistema Odoo.....	47
4.3.1.	Aplicação de Compras	47
4.3.2.	Aplicação de Inventário	48
4.3.3.	Aplicação de MRP (Produção)	48
4.3.4.	Comunicação entre sistemas	49
4.4.	Síntese	50
5.	Conclusão	52
5.1.	Trabalho Futuro	52
	Bibliografia.....	54

Lista de Figuras

Figura 1 - Ilustração do funcionamento e aplicações IOT	12
Figura 2 – Elementos de uma arquitetura típica de IoT	12
Figura 3 - Representação funcionamento RFID.....	15
Figura 4 - Ilustração da diferença de funcionamento entre Polling e Long-polling [17]	18
Figura 5 - Ilustração do funcionamento de uma comunicação utilizando Websockets	19
Figura 6 - Ilustração da estrutura de Fog.....	21
Figura 7 - Esquema representativo da disposição da fábrica.....	30
Figura 8 - Esquema representativo do sistema de alocação de artigos após produção.....	31
Figura 9 - Esquema representativo do controlo de cargas.....	32
Figura 10 - Configuração de dispositivo RFID	36
Figura 11 - Listagem de Ações de Leituras RFID.....	38
Figura 12 - Ecrã principal (Tablet do posto de trabalho “costura”)	40
Figura 13 - Instruções de trabalho (Tablet).....	41
Figura 14 - Listagem de produções em espera	41
Figura 15 - Opções de Produção (Tablet)	42
Figura 16 - Exemplo de tablet com impressão de etiquetas	43
Figura 17 - Menu de pesquisa de números de série para impressão.....	43
Figura 18 - Ecrã de listagem de material.....	44
Figura 19 - Ecrã para pedido de material	45
Figura 20 - Transferência interna criada no odoo para pedido de material	45
Figura 21 - Fluxo do processo após leitura de código de barras	47

Lista de tabelas

Tabela 1 - Comparações entre sistemas ERP	10
Tabela.2 – RFID - Frequência, características e aplicações	14
Tabela 3 - Diferenças básicas entre <i>Coud</i> , <i>Fog</i> e <i>Edge computing</i>	21

Lista de siglas e acrónimos

AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
BoM	<i>Bill of Materials</i>
DCS	<i>Distributed Control System</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ESTG	<i>Escola Superior de Tecnologia e Gestão</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IoT	<i>Internet of things</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
MRP	<i>Manufacturing Resource Planning</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
POS PLC	<i>Point of Sale</i>
REST	<i>Representational state transfer</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>

1. Introdução

Atualmente vivemos num período onde muitas empresas têm dificuldade em recrutar mão de obra qualificada. Aliada a esta dificuldade, temos enfrentado uma crescente exigência nos padrões de qualidade nas diferentes áreas da indústria, obrigando assim cada vez mais as empresas a procurarem consistência na sua produção. Esta procura incessante pela convergência do aumento da qualidade e a redução de custos tem dirigido cada vez mais as empresas para soluções IoT (*Internet of Things*), que permitem às empresas uma maior estabilidade que apesar do investimento inicial mais elevado, permite uma boa poupança a médio/longo prazo.

Cada vez mais as empresas procuram sistemas completos para a sua área de negócio, ou sistemas que consigam integrar com os restantes sistemas, de forma a automatizar processos e evitar ao máximo os erros humanos. Além disso é crucial conseguir ter toda a informação agregada num só sistema, mesmo quando os dados são gerados pelos restantes sistemas, de forma a simplificar e otimizar a leitura de dados. Esta necessidade tem vindo a potenciar em muito o crescimento de soluções IoT, que prometem automatizar e simplificar os processos das empresas de uma forma que nem se imaginara a uma década atrás.

Com o crescimento da indústria 4.0 as empresas de produção são das mais influenciadas pela evolução de soluções IoT, onde são procuradas soluções para automatização e controlo de processos em chão de fábrica e armazém. A indústria 4.0 veio facilitar a comunicação contínua entre humanos, humanos e maquinaria, e ainda entre maquinaria, o que vem contribuir para uma melhoria significativa na qualidade e velocidade de execução dos processos num ambiente fabril. Embora ainda haja a preocupação da comunicação entre os dispositivos e as pessoas, a tendência será reduzir a necessidade de interação com o humano durante o processo de produção. Na maioria das situações as máquinas transmitem os seus dados para um só local, onde toda essa informação é computada e retransmitida para os restantes dispositivos onde é apresentada e/ou utilizada sem necessidade de intervenção humana.

A gestão de stock é um dos pontos mais importante em grande parte das empresas ligadas à indústria, não só para conseguirem manter uma boa gestão das matérias-primas e artigos produzidos em stock, mas também para efeitos fiscais com a valorização de inventário. Manter

os stocks atualizados no software requiere um controlo apertado de tudo o que está em cada parte do armazém, bem como tudo o que é utilizado ou dado como quebra. Este problema é agravado em produções de larga escala, onde os artigos são manipulados por diversas pessoas de diversos setores, obrigando a um registo constante de tudo o que é movimentado tanto em armazém como em chão de fábrica de forma a evitar ruturas ou extravasamentos de stock.

Devido à competitividade existente na indústria, algumas empresas só conseguem manter sua margem de lucro mantendo a sua produção num nível constante. Assim, a capacidade de gerir e prever a carga de produção a médio/longo prazo torna-se um aspeto crucial para uma gestão eficiente. Para isso os gestores de fábrica necessitam de a qualquer momento poder consultar a carga atual e esperada da fábrica, bem como o estado atual de cada produção e cada centro de trabalho. Além disso é importante saber o desempenho de cada centro de trabalho, por isso muitas empresas procuram ainda um controlo de tempo utilizado em cada posto, por cada produção, de forma a conseguir detetar pontos de melhoria, seja em gestão de carga, ou alterações na linha de produção.

A gestão de qualidade é também um ponto bastante relevante quando se fala em chão de fábrica. Neste sentido é de notar que muitas vezes um problema detetado numa unidade produzida é transversal a muitas outras unidades. Por exemplo, caso exista um defeito num dado lote de uma dada matéria-prima, o problema poderá ser transversal a todos os artigos produzidos com aquele lote dessa matéria-prima. Conseguir detetar possíveis falhas em larga escala pode poupar muitos problemas às empresas, sendo por isso extremamente importante conseguir ter um rastreio dos artigos e lotes ou números de série utilizados numa produção.

Este projeto tem como objetivo implementar um sistema de chão de fábrica que comunique com o ERP (*Enterprise Resource Planning*) de uma empresa. Para tal, será necessário solucionar ou contornar algumas das principais dificuldades enfrentadas pelas empresas que tentam atualizar-se tecnologicamente e, assim, otimizar os seus processos, melhorar a sua qualidade e aumentar as suas margens de lucro.

A comunicação entre o ERP e o chão de fábrica será uma das principais metas deste projeto, e isso será alcançado através da criação de dashboards que recebem e enviam informações em tempo real para o sistema de gestão empresarial. Esses dashboards serão implementados tanto no chão de fábrica como no armazém da empresa.

Outro objetivo importante deste projeto será otimizar diversos processos, tais como a gestão de matéria-prima, gestão de armazém de produto acabado, registo de estado de produção, de gastos de matéria-prima e controlo de artigos que saem do armazém. Esses processos serão automatizados e/ou otimizados através da utilização de RFID e algoritmos que utilizam os dados existentes no ERP para torná-los mais eficientes e ágeis.

A melhoria da qualidade dos processos será alcançada através da manutenção da rastreabilidade de tudo o que acontece no chão de fábrica, permitindo saber as matérias-primas utilizadas em cada artigo individualmente, o estado de cada produção e para que cliente é cada produção. Essa informação será integrada com o sistema ERP para um melhor controle e gestão da qualidade.

Para melhorar o controle de stock, o projeto prevê a automatização da escolha da localização de destino de cada artigo, bem como a atribuição de etiquetas RFID em cada caixa, facilitando o rastreamento dos produtos no armazém.

Todas essas ações visam melhorar as margens de lucro da empresa, permitindo um maior controle sobre a gestão do tempo e da matéria-prima, além de automatizar alguns processos, tornando toda a produção e gestão de armazém mais rápida e eficiente.

Com a implementação do sistema de chão de fábrica que comunica com o ERP da empresa, é possível obter uma série de benefícios que contribuem para o crescimento do negócio, do ponto de vista académico, tecnológico e social.

Do ponto de vista académico e científico, o projeto permite o crescimento do conhecimento relacionado com as tecnologias utilizadas para otimização e automatização de chão de fábrica e armazém, bem como o conhecimento relacionado com a utilização de ERPs em chão de fábrica.

Já do ponto de vista industrial e de negócio, a implementação do sistema numa fábrica real em atividade contribui para a criação de soluções que podem ser aplicadas em outras empresas, além de melhorar os processos, aumentar a qualidade e as margens de lucro.

Em relação ao ponto de vista tecnológico, a criação de novas soluções utilizando tecnologias já existentes para solucionar problemas comuns a muitas empresas pode contribuir para o avanço da área.

E do ponto de vista social, a criação de novos postos de trabalho com a implementação do sistema permite recompensar cada colaborador pelo seu trabalho, uma vez que a informação é automaticamente enviada para o ERP, facilitando assim a atribuição de prémios.

É importante notar que este projeto foi realizado em parceria com uma empresa real em Portugal e foi conduzido no contexto de um ambiente de chão de fábrica. Devido à natureza do projeto e às considerações de confidencialidade, certas informações específicas sobre o projeto não podem ser compartilhadas nesta tese. No entanto, todas as etapas do projeto foram realizadas na empresa e as políticas de privacidade e ética da empresa foram rigorosamente observadas em todas as fases do projeto. Apesar das limitações nas informações compartilhadas, a solução desenvolvida mostrou resultados promissores na melhoria da eficiência e gestão de dados no chão de fábrica.

No segundo capítulo deste relatório, serão exploradas as dificuldades antecipadas e as soluções viáveis para cada um desses pontos, culminando com uma comparação das diferentes opções, com o objetivo de encontrar a alternativa mais adequada à implementação. No terceiro capítulo, serão apresentadas as soluções escolhidas e o motivo por trás dessas decisões. O quarto capítulo descreverá detalhes da implementação, incluindo exemplos para facilitar a compreensão do processo. Por fim, o quinto capítulo apresentará a conclusão do projeto, com um resumo geral dos resultados da implementação, bem como possíveis direções futuras para a continuação do projeto.

2. Digitalização da indústria (Estado da Arte)

Neste capítulo serão abordadas algumas soluções e tecnologias que podem ser utilizadas para combater as principais dificuldades que têm vindo a ser encontradas pelas pequenas e médias empresas que se tentam adaptar à evolução constante, ajustando os seus métodos de trabalho para obter uma maior rentabilidade e melhorar o controlo sobre o que acontece no seu chão de fábrica.

2.1. Sistemas ERP

A função principal de um ERP é armazenar e gerir toda a informação necessária para o funcionamento da empresa, sendo que essa informação pode ter diferentes origens. Por exemplo uma empresa pode ter um sistema para a faturação, outro para a gestão de faturação, e um terceiro para a gestão do chão de fábrica. Nestas situações, a função do ERP é armazenar de forma organizada toda essa informação que é fornecida pelos restantes três sistemas, de forma que a consulta dessas informações seja mais simples e rápida, podendo assim cruzar os diferentes dados, de forma a conseguir tomar decisões mais fundamentadas.

Cada vez mais as empresas procuram manter a sua informação centralizada, e usar uma menor variedade de sistemas[1], uma vez que quanto mais sistemas diferentes existirem nos fluxos de trabalho da empresa, mais formação será necessária para novos elementos das equipas, mais complexa fica a análise da informação e mais gastos com licenciamento poderá ser necessário[2]. Com esta tendência, tem-se notado uma crescente procura de sistemas que consigam satisfazer as necessidades das empresas sem necessitar de outros sistemas paralelos. Com essa procura, começa também a crescer a oferta, tendo vindo a notar-se cada vez mais a crescente quantidade e qualidade de opções existentes no mercado.

Qualquer empresa necessita gerir o seu negócio, para isso a grande maioria opta por utilizar um ERP para conseguir manter a sua informação centralizada, e preferencialmente acessível facilmente. Embora pelo mundo fora existam várias opções para colmatar esta necessidade, em Portugal existe um número mais restrito, sendo o principal motivo as regras apertadas impostas pela Autoridade Tributária em relação a softwares que permitam a emissão de documentos para consulta de mercadorias ou serviços, como por exemplo faturas, orçamentos e guias de

transporte. Para este projeto foram analisadas cinco opções de ERP, as quais serão descritas de seguida:

- Sage;
- Primavera;
- PHC;
- SAP ERP;
- Odo

2.1.1. Sage

Sage é um software empresarial focado na contabilidade, recursos humanos, salários e faturação, no entanto tem vindo a alargar a sua oferta, tendo novos produtos como o “Sage X3” que tende a focar mais na gestão de produção, cadeia de fornecimento e gestão financeira, para que os colaboradores consigam organizar o seu trabalho de uma forma mais rápida e flexível. Alguns dos pontos chave referenciados pelos próprios produtores de software no seu site oficial¹ são:

- Gestão de produção:
 - Gestão de listas de materiais;
 - Controlo do chão de loja;
 - Controlo da qualidade;
 - Gestão de projetos;
- Gestão de cadeia de fornecimento:
 - Aquisições;
 - Gestão de inventário;
 - Gestão de vendas;
 - Serviços ao cliente;
- Gestão Financeira:
 - Orçamentação e contabilidade;
 - Ativos imobilizados;
 - Relatórios financeiros;

¹ <https://www.sage.com/pt-pt/sage-business-cloud/sage-x3/>

2.1.2. Primavera

O Primavera é um ERP desenvolvido pela empresa portuguesa Primavera BSS². Este é projetado para ajudar as empresas a gerir os seus negócios, incluindo finanças, recursos humanos, compras, vendas e operações de produção.

Os principais pontos fortes do Primavera incluem sua capacidade de integração com outras soluções de software, como o Microsoft Office e o Microsoft Project, o que permite uma fácil comunicação entre diferentes áreas da empresa. Além disso, é uma solução flexível e escalável, que pode ser adaptada às necessidades específicas de uma empresa. Fornece também relatórios avançados e ferramentas de análise de dados que ajudam as empresas a tomar decisões fundamentadas.

Alguns dos pontos fracos do Primavera incluem o seu alto custo, especialmente comparado com outros ERPs no mercado [3]. Além disso, pode ser complexo de utilizar e configurar, o que pode levar a uma curva de aprendizagem acentuada para os novos utilizadores[4]. Pode também ser limitado em termos de personalização, o que pode tornar difícil adaptá-lo às necessidades específicas de uma empresa.

2.1.3. PHC

O PHC é um ERP desenvolvido pela empresa portuguesa PHC Software³. Este está projetado para atender às necessidades de pequenas e médias empresas, oferecendo uma ampla variedade de módulos, incluindo contabilidade, gestão de vendas, gestão de compras, gestão de inventário, gestão de recursos humanos e gestão de projetos.

Os pontos fortes do PHC incluem sua facilidade de uso, sua flexibilidade para adaptar-se às necessidades específicas de cada empresa e sua capacidade de integrar-se com outros sistemas e aplicativos. Este oferece também suporte a múltiplos idiomas e moedas, o que o torna uma boa escolha para empresas com operações internacionais. Além disso, o PHC tem uma boa capacidade de automatizar processos e fluxos de trabalho, o que pode aumentar a eficiência e reduzir erros.

Alguns dos pontos fracos do PHC incluem sua interface, que pode ser um pouco complexa para utilizadores menos experientes e algumas limitações em termos de recursos avançados, como

² <https://pt.primaverabss.com/pt/>

³ <https://phcsoftware.com/>

inteligência artificial. Além disso, o PHC pode ser caro comparado com outros ERPs no mercado, especialmente para empresas com necessidades limitadas.

Tal como o primavera, este é um software sólido mas um pouco antiquado em termos visuais e de utilização quando comparado com softwares de origem mais recente, ou que tentam manter boa parte do seu foco em simplificar e melhorar os fluxos e processos de trabalho. No entanto tem havido um esforço nos últimos cinco anos para renovar este software acompanhado com um crescimento nas suas aparições (seja com anúncios, ou o aumento do foco nas suas redes sociais) , bem como renovar as equipas de desenvolvimento, o que pode vir a trazer bastantes melhorias no futuro.

2.1.4. SAP ERP

O SAP ERP⁴ é um sistema de gestão empresarial amplamente utilizado em todo o mundo. Este é desenvolvido pela SAP, uma empresa alemã de software. Os principais módulos incluem finanças, recursos humanos, vendas e marketing, produção e logística.

De acordo com a informação presente no website oficial, este software conta já com presença em 180 países. Segundo o site news.sap.com em 2021 70% das 500 maiores empresas do mundo utilizavam SAP, sendo estas líderes mundiais nas mais diversas áreas de negócio, como por exemplo na automação, na indústria automóvel e ainda alimentar.

Um dos principais pontos fortes do SAP ERP é a sua capacidade de integrar todos os processos empresariais em uma única plataforma. Isso permite aos utilizadores aceder a dados e informações de forma rápida e fácil, melhorando a eficiência dos processos. Além disso, o SAP ERP é altamente escalável, permitindo que as empresas adaptem facilmente o sistema às suas necessidades crescentes. Outro ponto forte é a segurança dos dados pois o SAP ERP permite aos administradores controlarem e monitorarem o acesso aos dados, garantindo que somente as pessoas autorizadas possam visualizar e modificar informações confidenciais.

No entanto, há alguns pontos fracos quando comparado com outros ERPs. O SAP ERP é um sistema muito complexo e pode ser difícil de usar para utilizadores sem experiência prévia. Além disso, o custo de implementação e manutenção do sistema pode ser alto, especialmente para pequenas e médias empresas. Outra desvantagem é a necessidade de treino específico para

⁴ <https://www.sap.com/products/erp.html>

os utilizadores, o que pode ser caro e demorado. Além disso, a configuração do sistema pode ser difícil e requer uma equipa especializada.[5][6]

Sendo um software modular, este permite utilizar apenas os módulos necessários para cada empresa, tendo opções para as mais diversas áreas de negócio, de forma a conseguir responder as necessidades das empresas sem a necessidade de outros softwares, conseguindo assim manter a informação centralizada e de fácil acesso.

2.1.5. Odoo

O Odoo⁵ é um software de planeamento de recursos empresariais modelar de código aberto, criado pela Odoo S.A., uma empresa belga. O software é uma solução integrada que fornece funcionalidades de gestão de vendas, compras, inventário, contabilidade, produção, recursos humanos e outros processos empresariais. de forma a tornar o produto cada vez mais robusto. Desta forma o software pode facilmente adaptar-se as necessidade de cada empresa, e não o contrário, como acontece na maioria dos softwares.

Uma das principais vantagens do Odoo é o facto de ser um software de código aberto, que permite aos utilizadores modificar o software para atender às suas necessidades específicas sem a necessidade de pagar por licenças adicionais. Isso também significa que a comunidade de desenvolvedores pode contribuir para a melhoria do software, tornando-o uma opção económica e altamente personalizável para empresas de todos os tamanhos. Além disso, o Odoo é conhecido por sua interface amigável e intuitiva, o que torna mais fácil para as equipas trabalharem e colaborarem. O software também oferece recursos avançados de relatórios e análises, permitindo que as empresas tomem decisões informadas e fundamentadas.

No entanto, há algumas desvantagens do Odoo em comparação com outros ERPs no mercado. Por exemplo, enquanto o software é altamente personalizável, pode ser necessário algum conhecimento técnico para fazer as modificações necessárias. Além disso, o Odoo ainda não tem a mesma abrangência de recursos como alguns de seus concorrentes, como o SAP.

No geral, o Odoo oferece uma solução ERP altamente personalizável e de baixo custo, com uma interface amigável e recursos avançados de relatórios e análises. No entanto, pode não ser a melhor opção para empresas muito grandes ou para utilizadores com menos experiência técnica.

⁵ <https://www.odoo.com/>

2.1.6. Comparação dos sistemas ERP

Como mencionado, o Odoo destaca-se por ser um ERP de código aberto com uma interface amigável e altamente personalizável. Em comparação, o SAP é conhecido por sua ampla gama de funcionalidades e sua alta escalabilidade, mas é complexo e tem um custo alto. O SAGE também é uma opção proprietária, com funcionalidades amplas, mas limitadas em termos de personalização e interfaces. O Primavera é uma opção popular em Portugal, com amplas funcionalidades, mas uma interface complexa e personalização limitada. Finalmente, o PHC é uma opção de baixo custo com uma interface simples, mas limitada em funcionalidades e personalização. Na tabela 1 poderemos ver uma comparação dos sistemas ERP referidos anteriormente.

Tabela 1 - Comparações entre sistemas ERP

Características	Odoo	SAP	SAGE	Primavera	PHC
Modelo de Licenciamento	Código Aberto	Proprietário	Proprietário	Proprietário	Proprietário
Interface	Amigável	Complexa	Complexa	Complexa	Simples
Personalização	Altamente personalizável	Limitada	Limitada	Limitada	Limitada
Funcionalidades	Amplas	Amplas	Amplas	Amplas	Básicas
Preço	Baixo	Alto	Alto	Alto	Baixo
Suporte da Comunidade	Forte	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Escalabilidade	Média	Alta	Média	Média	Média
Complexidade da Implementação	Baixa	Alta	Média	Média	Baixa

2.2. Internet of Things

IoT é uma sigla que cada vez mais é ouvida no dia-a-dia, sendo algo cada vez mais presente nas nossas vidas. Trata-se da existência de comunicação entre dispositivos, de forma a conseguir ler ou utilizar a informação fornecida por esses dados dispositivos. Com a introdução da indústria 4.0 as soluções IoT têm vindo a ganhar cada vez mais atenção, especialmente nas empresas ligadas à produção, uma vez que com a utilização desta tecnologia, as empresas conseguem ter informação mais precisa e atualizada do estado das suas produções, bem como automatizar processos de acordo com as informações fornecidas por alguns dispositivos.

No dia-a-dia de uma pessoa que não esteja ligada à indústria, as soluções IoT continuam a ser uma tecnologia muito relevante, uma vez que esta é a base de todas as grandes inovações que

têm vindo a ser feitas no que toca a *smart home* ou *smart cities*. O facto de ser possível conseguir controlar alguns dispositivos das nossas casas, através do nosso *smartphone* só é possível graças a soluções IoT que permitem a comunicação com os dispositivos existentes nas nossas casas, mesmo sem a necessidade de cablagem entre eles.

Além das aplicações já citadas, esta tecnologia tem uma infinidade de utilidades, sendo já utilizada nos mais diversos setores, como por exemplo logística, construção, saúde, entre muitos outros.

Embora possa parecer que estas soluções são compostas apenas por dois tipos de dispositivos (os que fazem o pedido de ação, e os atuadores) dependendo da complexidade do ambiente e da solução desejada podem ser necessários diversos tipos de componentes.

A versatilidade e comodidade que as tecnologias IoT obriga também à existência de alguns cuidados, assim levantam também a questão da segurança, questão essa que tem vindo a ser cada vez mais falada por diversos motivos, com por exemplo o crescente número de casas de ataques informáticos [7].

A figura 1 apresenta uma ilustração da evolução de soluções IoT ao longo do tempo, onde podemos ver que no passado utilizava-se muito o armazenamento e processamento em *cloud*, sendo que passamos a ter uma camada intermédia para tratar a parte do processamento, e caminhamos para um futuro onde a comunicação passa a ser cada vez mais *peer to peer*, e se tenta ao máximo descentralizar a informação.

A figura 2 apresenta uma visão geral dos elementos que compõem uma arquitetura típica de IoT. Esses elementos incluem dispositivos IoT, que são sensores e atuadores conectados à rede, protocolos IoT, que fornecem uma linguagem comum para que os dispositivos possam se comunicar entre si, armazenamento de dados, que é necessário para armazenar e processar grandes quantidades de dados gerados pelos dispositivos, análise de dados, que é usada para extrair as informações mais importantes a partir dos dados recolhidos, e aplicações IoT, que são as soluções finais que utilizam os dados coletados para fornecer serviços aos utilizadores. É

importante notar que esses elementos estão interconectados e funcionam juntos para fornecer soluções de IoT.

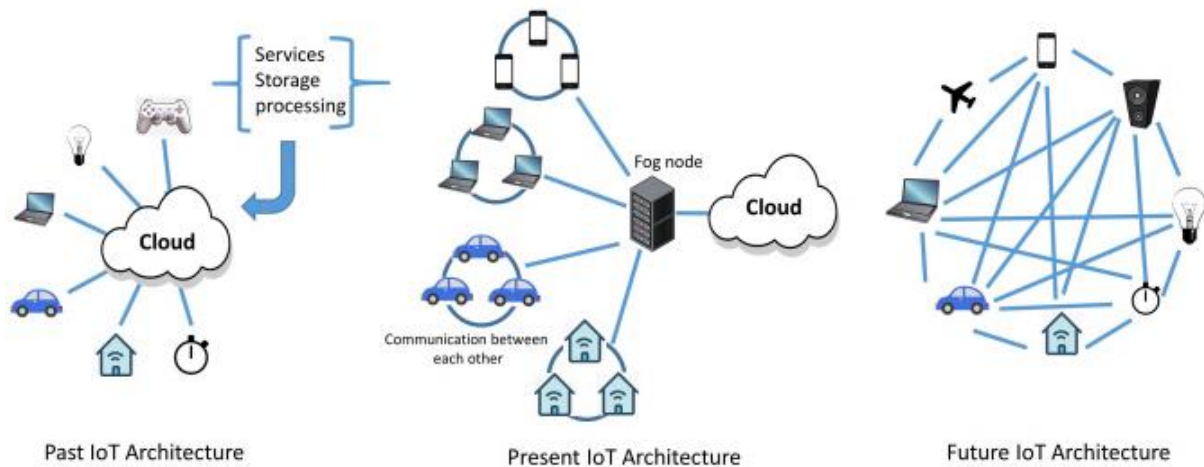


Figura 1 - Ilustração do funcionamento e aplicações IOT

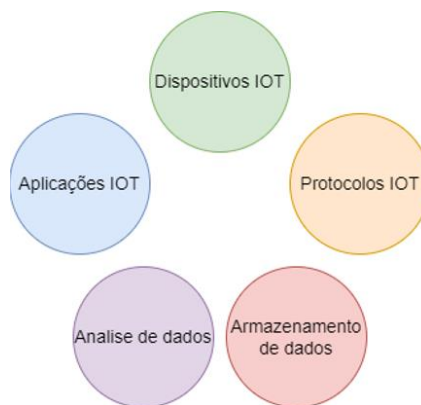


Figura 2 – Elementos de uma arquitetura típica de IoT

2.3. Tecnologia de comunicação RFID

A localização por radiofrequência é uma tecnologia bastante utilizada para a identificação, localização e autenticação de objetos, que através de ondas de radiofrequência permite a transmissão de dados sobre esses mesmo objetos. De uma forma simplificada para o funcionamento desta tecnologia são necessários dois elementos, o leitor e o chip identificador (que está geralmente inserido numa *tag* que é por sua vez colocada no objeto a identificar)[8], sendo que o leitor envia vários sinais de rádio sucessivamente, a uma dada frequência para a qual a *tag* está configurada para detetar. No entanto a estrutura

Em relação aos identificadores existem essencialmente dois tipos, o primeiro tipo trata-se as antenas fixas, colocadas em pontos estratégicos de forma a detetar o que passa por elas (por exemplo em passadeiras de fábricas, nos pórticos de armazéns ou nas caixas de lojas), já o segundo tipo de antenas são os dispositivos móveis, que são normalmente utilizados para conseguir encontrar objetos com localização exata desconhecida, ou para gerar a movimentação de artigos dentro de um armazém sem precisar ter uma antena por cada localização.

As *tags* podem ser divididas em vários grupos diferentes dependendo das suas características, no entanto estas podem ser divididas principalmente em dois grandes grupos. No primeiro grupo estão as *tags* ativas, também conhecidas como “transponder”, que necessitam de uma fonte de energia e transmitem ativamente informação para o leitor. No segundo grupo temos as passivas que não necessitam de uma fonte de energia constante. Na maioria das aplicações que um “cidadão comum” encontra são usadas *tags* passivas, uma vez que embora as ativas sejam mais eficazes em grandes distancias, e consigam manter uma comunicação constante, as *tags* passivas são uma solução mais barata e de menos complexidade, uma vez que ao contrário das *tags* ativas, não necessitam de uma fonte de energia externa como por exemplo uma bateria, permitindo assim que não exista manutenção associada, tornando-as assim descartáveis.[9]

Na tabela 2 podemos analisar uma relação entre os tipos de *tags*, a frequência e as características de uma comunicação de RFID. Esta tabela apresenta ainda alguns exemplos de utilizações de comunicações com esses níveis de frequência, facilitando assim a interpretação.

As *tags* passivas utilizam a energia enviada pela antena para alimentar os seus circuitos e transmitir a informação que nelas foi injetada, de volta para o leitor. Para a concretização de uma comunicação o leitor fica responsável por iniciar a comunicação, bombardeando consecutivamente a sua área de leitura com sinais de rádio a fim de detetar a presença de uma *tag*. Quando a corrente elétrica fornece potência suficiente ao circuito da *tag*, esta ativa-se e transmite de volta a sua informação. Este funcionamento faz com que o alcance deste tipo de *tags* seja mais reduzido, no entanto remove a necessidade de manutenção sobre as mesmas[10].

Apesar de tudo, esta pode considerar-se uma tecnologia de baixo custo para o seu elevado potencial e viabilidade o que pode justificar o grande crescimento da tecnologia no mercado, principalmente quando analisamos o volume de *tags* RFID comercializadas. A crescente utilização desta solução para gerir chão de fábrica, armazém, ou ainda lojas (como por exemplo nas loja Decathlon) é também uma prova da potencialidade desta tecnologia. É de ainda de

notar o crescimento que esta tecnologia tem encontrado em áreas completamente distintas da indústria fabril, como por exemplo em implementações na área da saúde [11].

Além dos pontos já referidos existem outros fatores que têm contribuído para a grande adoção desta tecnologia por parte das empresas[12]:

1. Sistemas fáceis de implementar e manter;
2. Baixa probabilidade de falha;
3. Eficiência (velocidade a que o sistema consegue detetar inúmeras *tags* diferentes);
4. Facilidade em desenvolver sistemas “*Plug and play*”;

Tabela.2 – RFID - Frequência, características e aplicações

Frequência de banda	Propriedades	Frequência RFID	Alcance de leitura	Velocidade de transmissão	Exemplos de Aplicações
Low Frequency (LF) 30-300 kHz	Passiva	125-134 kWz	Baixo	Lento	Armazenamento manual
High Frequency (HF) 3–30 MHz	Passiva	13.56 MHz	Médio	Médio	Contagem de produtos automática
Ultra-High Frequency (UHF) 300 MHz-3 GHz	Passiva	433 MHz e 865–956 MHz e 2.45 GHz	Longo	Rápido	Rastreio de logística e atualizações para diferentes localizações
Microwave 2–30 GHz	Ativa	2.45–5.8 GH	Muito longo	Muito rápido	Rastreio de tempo e eficiência (OEE por exemplo)

Atualmente para utilização em gestão de armazém ou chão de fábrica existem poucas alternativas ao RFID, uma vez que as mais diretas seriam códigos de barras e *QRcode*. Nenhuma destas duas consegue competir realmente com o RFID em termos de automação uma vez que uma *tag* de RFID pode ser detetada a distâncias consideráveis, mesmo estando

obstruída por alguns tipos de materiais, enquanto que os códigos de barras e *QRcode* necessitam obrigatoriamente de contacto “visual” direto[13].

Na Figura 3 podemos analisar como funcionaria a passagem da informação para o ERP / base de dados, através da leitura das *tags*.

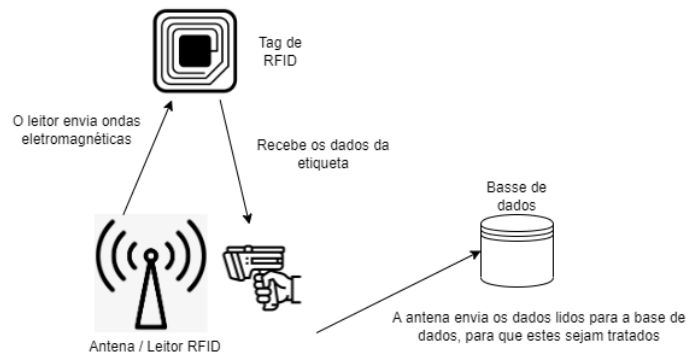


Figura 3 - Representação funcionamento RFID

2.4. Comunicação (cliente - servidor)

Em muitas situações as empresas possuem complexos sistemas de gestão de armazém ou de chão de fábrica, no entanto encontram algumas dificuldades em conseguir fazer a transição de toda essa informação existente no ambiente, para o mundo digital, de forma a conseguir manter histórico de toda a informação que gerada no seu armazém e/ou chão de fábrica.

Utilizando um exemplo de uma empresa de produção, a comunicação entre o chão de fábrica e o sistema ERP da empresa é essencial para garantir que o processo de produção está bem coordenado e eficiente. O ERP é o software que gere toda a informação, desde informação de stock, produção, vendas, faturação, etc. Uma boa comunicação entre o chão de fábrica e o ERP permite que a informação seja partilhada em tempo real pelos dois sistemas, permitindo a utilização de informação mais atualizada e fidedigna na análise e em tomadas de decisão. Podemos enumerar alguns benefícios da existência de um bom sistema de comunicação

1. Melhoria da eficiência: Ao compartilhar dados em tempo real entre a linha de produção e o sistema ERP, os processos de produção podem ser melhor coordenados, diminuindo erros e desperdícios.
2. Tomada de decisões acertadas: Com acesso a informações precisas e atualizadas, gerentes e outros *stakeholders* podem tomar decisões informadas sobre os processos de produção e a alocação de recursos.

3. Visibilidade aumentada: Um sistema de comunicação entre a linha de produção e o sistema ERP pode proporcionar maior visibilidade sobre o processo de produção, permitindo que os gerentes identifiquem e resolvam problemas potenciais em tempo real.

Para conseguir que dois sistemas comuniquem existem algumas soluções possíveis, como por exemplo a utilização de *crontab*, *long-polling* ou *websockets*

2.4.1. Crontab

Crontab é uma ferramenta de linha de comandos em sistemas operacionais Unix, que permite aos utilizadores agendar tarefas para execução automatizada em intervalos de tempo específicos. É frequentemente utilizada para tarefas de execução regular como por exemplo *backups* e importação/exportação de dados[14].

No contexto de sistemas de comunicação está normalmente associado à automatização de envio de e receção de dados entre sistemas. Por exemplo pode ser utilizado para periodicamente recuperar informação de uma base de dados, e enviá-los para um sistema remoto, via API (*Application Programming Interface*) ou outro protocolo de comunicação, permitindo assim que a informação seja refletida com precisão em ambos os sistemas

Esta ferramenta pode ser muito útil na automatização de certos processos, e melhorar a eficiência de sistemas de comunicação, no entanto é importante planear e testar cuidadosamente as tarefas que se pretende agendar utilizando crontab de forma a evitar que estas prejudiquem o funcionamento do sistema. Algumas das principais dos pontos positivos da utilização de crontab são:

1. Garantir precisão e confiabilidade: Tarefas agendadas que são executadas utilizando crontab são frequentemente cruciais para o funcionamento de um sistema e é importante garantir que elas sejam executadas corretamente. Isso significa testar a tarefa de forma a garantir que ela funcione como o planeado e produza os resultados desejados;
2. Evitar interrupções: Se uma tarefa agendada utilizando crontab não estiver a funcionar corretamente pode interromper o funcionamento do sistema e causar problemas. Ao planear e testar cuidadosamente as tarefas antes de agendá-las para execução, é possível reduzir o risco de interrupções e minimizar o impacto de quaisquer problemas que surjam;

3. Melhorar a eficiência: Ao planear e testar cuidadosamente as tarefas agendadas usando o crontab, é possível garantir que elas estejam sendo executadas de forma eficiente e não estejam a consumir recursos desnecessários. Isso pode ajudar a melhorar o desempenho geral do sistema;
4. Manter o controle: Planear e testar cuidadosamente as tarefas agendadas utilizando crontab permite manter o controlo sobre o funcionamento do sistema e garantir que este funcione corretamente.

Como referido esta ferramenta pode ser utilizada para criar backups ou transferir dados de forma agendada, por exemplo o comando “0 3 * * * /usr/bin/rsync -avz /pasta/origem /pasta/destino” irá executar a passagem de informação diariamente pelas 3h da manhã. No exemplo o primeiro valor (0) representa os minutos, enquanto o segundo (3) representa as horas, além disso temos de seguida 4 campos vazios (*) sendo que o primeiro destes campos representa o dia do mês. O segundo representa o mês, e o terceiro representa o dia da semana.

2.4.2. Long-polling

Esta é uma técnica utilizada em sistemas de comunicação em tempo real para permitir que um cliente obtenha atualizações assim que elas estejam disponíveis, sem a necessidade de solicitações constantes ao servidor. Isso é feito enviando uma solicitação HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) a um servidor e mantendo-a aberta por um período de tempo específico, ao contrário de outras técnicas como por exemplo *polling*, onde a ligação é iniciada e terminada em curtos períodos, fazendo que a informação só seja recebida quando a ligação volta a ser estabelecida, como podemos ver na figura 4. Na existência de novas informações disponíveis no servidor, estas são enviadas de volta para o cliente na mesma conexão HTTP.

O *long-polling* foi amplamente utilizado nos primeiros anos da era da web para implementar sistemas de comunicação em tempo real, como *chats* e sistemas de notificação. No entanto, com o surgimento de novas tecnologias de comunicação em tempo real, como *WebSocket*, o *long-polling* tem vindo a ser cada vez menos utilizado em aplicações web modernas. Mesmo com o aparecimento de outras soluções, esta é ainda utilizada em algumas aplicações (na maioria das vezes em conjunto com outras técnicas de comunicação em tempo real). Isso deve-se principalmente à sua menor eficiência em termos de uso de recursos do servidor, já que requer mais recursos para manter as conexões HTTP abertas por períodos de tempo prolongados[15].

É importante notar que apesar do crescimento da utilização de *WebSocket* nos últimos anos, o *long-polling* ainda é uma técnica útil e pode ser utilizado em algumas circunstâncias, como em aplicações que precisam ser compatíveis com *browsers* antigos que não suportam *WebSocket*, ou em aplicações que precisam de compatibilidade com *firewall* ou *proxies* que bloqueiam *WebSocket*.

Alguns outros detalhes sobre o *long-polling*:

- É uma alternativa ao uso de *polling* frequente, onde o cliente faz uma solicitação HTTP a cada poucos segundos para verificar se há novas informações disponíveis[16];
- É compatível com a maioria dos *browsers* e pode ser implementado com a maioria das tecnologias de servidor (um bom indicador disso é a documentação do Socket.io);
- É mais simples de implementar do que outras técnicas de comunicação em tempo real, como *WebSocket*, mas pode ser menos eficiente em termos de uso de recursos do servidor;
- Pode ser usado em conjunto com outras técnicas, como *streaming* em *chunked* HTTP, para melhorar a eficiência.

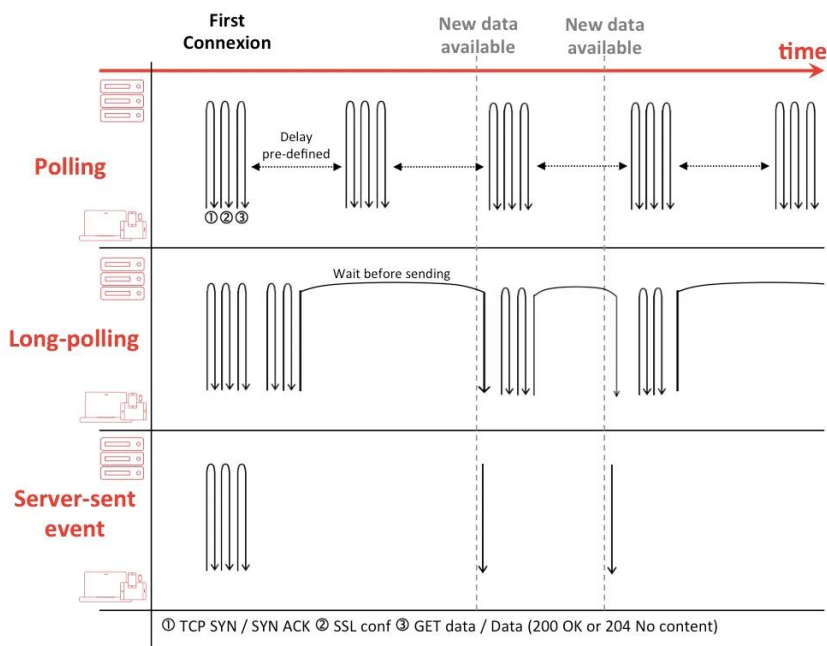


Figura 4 - Ilustração da diferença de funcionamento entre Polling e Long-polling [17]

2.4.3. WebSocket

O *Websocket* trata-se de uma tecnologia de comunicação bidirecional em tempo real utilizada para permitir a comunicação de um *browser* com um servidor, permitindo a troca de informação

nas duas direções em simultâneo, a qualquer momento, removendo a necessidade de criação de pedidos e respostas.

Diferencia-se de outras tecnologias de comunicação em tempo real, como por exemplo o *long-polling*, por não depender de uma conexão HTTP mantida em aberto para permitir a comunicação, para isso estabelece uma conexão direta entre o *browser* e o servidor, através de um protocolo de rede específico, permitindo assim que a informação seja trocada de forma mais eficiente.

Na figura 5 podemos ver uma representação de como funciona uma ligação utilizando *websockets*, no momento em que um cliente (por exemplo um *browser*) quer estabelecer uma conexão por *WebSockets*, é enviado para o servidor um pedido HTTP com um *header* “*Upgrade*” (representado na figura como *request*). Se o servidor suportar a utilização de *WebSockets* e estiver disponível para atualizar a ligação, responde com um código 101 de HTTP e a conexão é atualizada para *WebSockets* (representado como *hand shake*). A partir do momento que a conexão com *WebSockets* está estabelecida, deixa de ser necessário a criação de novas ligações HTTP para a comunicação entre o cliente e o servidor.

Esta tecnologia tem vindo a ser cada vez mais usada nos últimos anos, especialmente em aplicações que necessitam de comunicação bidirecional em tempo real, como por exemplo *chats*, jogos online, *dashboards* de informação em tempo real, etc.

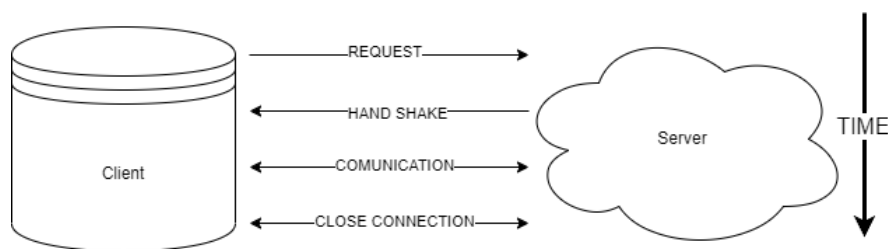


Figura 5 - Ilustração do funcionamento de uma comunicação utilizando Websockets

2.5.Fog / edge computing

Fog computing e *Edge computing* são dois conceitos relacionados à computação distribuída. Ambos visam colocar cálculos e armazenamento de dados mais próximo dos dispositivos de “finais”, em vez de centralizá-los nos servidores em *cloud*.

O *Fog computing* é uma extensão da computação em *cloud*, onde os dados são processados e armazenados em dispositivos intermédios, como *gateways* e *switches*, que estão próximos dos

dispositivos “finais”, como sensores e câmaras. Isso ajuda a reduzir a latência e aumentar a escalabilidade e a segurança. Na figura 6 podemos analisar uma representação da utilização de *fog computing*, onde temos o servidor a comunicar com diversos dispositivos, no entanto a informação passa por alguns dispositivos que existem para executar alguns processamentos, aliviando assim a carga do servidor.

O *Edge computing*, por outro lado, coloca a computação e o armazenamento de dados diretamente nos dispositivos “finais”, como *smartphones*, carros autónomos e dispositivos IoT. Isso permite que esses dispositivos processem dados e tomem decisões locais, sem precisar comunicar-se com nuvens distantes.

Fog computing e *edge computing*, são arquiteturas de computação descentralizada que aproximam a computação e o armazenamento de dados dos dispositivos que os geram e consomem. Por outras palavras, permitem que em vez dos dados serem processados e analisados num servidor centralizado como na *cloud*, sejam tratados num sistema que recebe a informação dos dispositivos ou logo à saída dos dispositivos, tratando-a e devolvendo os resultados já trabalhados para o servidor. Este trabalho pode ser feito por diversos tipos de dispositivos como computadores, routers, *switches* ou sensores. Estas duas abordagens podem ser consideradas bastante semelhantes, no entanto trazem resultados diferentes, como podemos analisar na tabela 3.

A utilização deste tipo de sistemas pode ser muito vantajosa, uma vez que ao reduzir a quantidade de dados que necessitam ser transmitidos pela rede, pode-se notar uma considerável diferença de latência. Em situações onde existe um grande volume de dados a serem gerados e transmitidos, estas soluções podem reduzir a carga na rede, melhorando assim o desempenho geral do sistema. As vantagens já citadas podem ainda ser mais notórias em situações que seja necessária uma resposta do servidor após a receção dos dados enviados, o que pode ter grande impacto em aplicações em tempo real, como por exemplo a automação de fábricas.

De forma geral o *fog computing* pode ser extremamente benéfico no desempenho e resposta de sistemas que dependem da transmissão e processamento de grandes quantidades de dados.

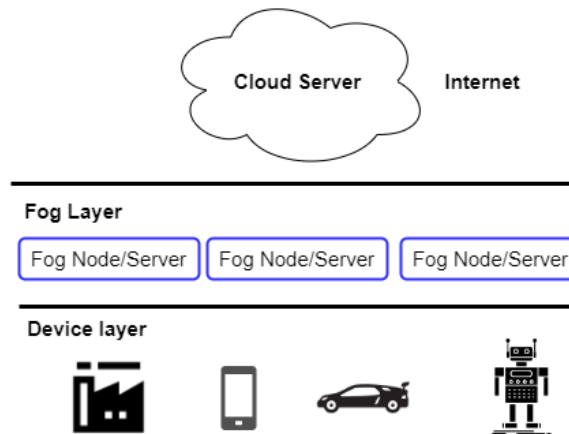


Figura 6 - Ilustração da estrutura de Fog

Tabela 3 - Diferenças básicas entre Cloud, Fog e Edge computing

	Cloud	Fog	Edge
Latência	Mais Alta	Média	Mais baixa
Escalabilidade	Facilmente escalável	Escalável (dentro da rede)	Difícil/Complexa
Poder computacional	Alto	Limitado	Limitado
Interoperabilidade	Alta	Alta	Baixa

2.6. Trabalho relacionado

Neste projeto, foi necessário desenvolver uma solução completa para automatizar o chão de fábrica de uma nova empresa de produção. Isso incluiu o planeamento e criação do chão de fábrica em si, bem como a integração com o sistema ERP da empresa para gerir o estado das linhas de produção, o stock e a expedição. Além disso, o sistema ERP precisou ser integrado com outro sistema pertencente a outras empresas do grupo para automatizar o processo de encomenda e faturação. Outros desafios incluíram a automação da identificação da fase de produção e a integração com transportadoras para rastrear as encomendas, bem como a gestão de performance para manter toda a comunicação e tratamento de informação em tempo real.

Existem muitos trabalhos relacionados a este projeto, incluindo o desenvolvimento de sistemas de automação de chão de fábrica, integração de sistemas ERP com outros sistemas de negócios, automação de processos de encomenda e faturação, integração com transportadoras e soluções de continuidade de operação em caso de falha de internet. Empresas como a Siemens, por exemplo, têm desenvolvido soluções de automação de chão de fábrica e integração de sistemas empresariais há muitos anos e são líderes em tecnologia e inovação neste campo.

2.6.1. SIMATIC

A SIMATIC⁶ é uma marca de produtos da Siemens destinados à automação industrial (*Automation Software | Industry software | Siemens Global*). A linha de produtos SIMATIC inclui controladores programáveis (PLCs), painéis operacionais, sistemas de automação distribuídos (DCS), sistemas de supervisão e controle de processo (SCADA) e muito mais. Estes produtos são projetados para serem flexíveis, confiáveis e fáceis de usar, e são amplamente utilizados em uma variedade de aplicações industriais, incluindo fabricação, processamento de alimentos, petróleo e gás, energia, transporte e muito mais.

Os PLCs SIMATIC são dispositivos eletrônicos que controlam as operações industriais usando programas armazenados em memória. Estes são amplamente utilizados em aplicações de automação em que é necessária uma resposta rápida e precisa a estímulos externos. Os painéis operacionais SIMATIC são dispositivos de interface homem-máquina que permitem aos operadores monitorizar e controlar os processos industriais de forma fácil e intuitiva.

Os sistemas de automação distribuídos (DCS) SIMATIC são sistemas de controle de processo que utilizam controladores programáveis, sensores e atuadores para automatizar os processos industriais. Estes são projetados para gerir processos complexos e oferecer alta disponibilidade e flexibilidade. Os sistemas de supervisão e controle de processo (SCADA) SIMATIC são sistemas de automação que permitem aos utilizadores monitorar e controlar processos industriais a partir de uma única interface centralizada.

Em resumo, a SIMATIC é uma linha de produtos amplamente utilizada e respeitada da Siemens, projetada para ajudar as empresas a automatizar e otimizar seus processos industriais de forma eficiente e confiável.

2.6.2. Amazon

A Amazon, implementou uma variedade de tecnologias de automação, incluindo robótica e RFID nos seus armazéns e centros de distribuição para melhorar a eficiência e precisão das suas operações de gestão de stock. Isso incluiu o desenvolvimento de mais de 200.000 robôs nos seus centros de distribuição em todo o mundo. A Amazon também implementou sistemas de rastreamento RFID nos seus armazéns e centros de distribuição, que permitem rastrear automaticamente o movimento e a localização de mercadorias em tempo real [18][19].)

⁶ <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software.html>

2.6.3. DHL

No contexto da pandemia COVID-19, um aumento significativo no comércio eletrónico tem sido observado. Como os consumidores têm ficado em casa e as lojas têm sido obrigadas a fechar, as compras online são uma solução para muitos continuarem a ter acesso aos produtos de que necessitam. A DHL teve de implementar mudanças rápidas e imediatas em muitos dos seus processos de cadeia de abastecimento para lidar com o aumento da procura. Neste sentido, os esforços já existentes para digitalizar o setor da logística foram intensificados, resultando na criação de armazéns inteligentes. No entanto, há uma escassez de funcionários em armazéns em todo o mundo devido à crescente demanda de e-commerce e outros serviços de logística, o que pode ser um entrave para o funcionamento sem limitações das cadeias de abastecimento. A automação pode ser utilizada para tarefas repetitivas ou fisicamente exigentes em quase todas as operações de armazém, libertando os humanos para tarefas mais complexas e que agregam valor. O *Smart Warehouse* da DHL em Beringe, Holanda, é um exemplo de utilização da automação e robótica em armazéns. Este armazém cobre uma área útil de 128.000 m² e conta com cem docas de carga que recebem de 200 a 250 camiões por dia. Robôs, como os de "visão de máquina", são utilizados para tarefas de recolha e robôs móveis autónomos trabalham ao lado dos humanos para melhorar os processos existentes ou criar novos. Além disso, o uso de tecnologias como RFID e sistemas de realidade aumentada ajudam a otimizar os processos de armazém [20].

2.6.4. Toyota

A Toyota implementou uma variedade de tecnologias de automação em seus chãos de fábrica, incluindo robôs e algoritmos de inteligência artificial, para melhorar a eficiência e reduzir o risco de erros em seus processos de produção. Isso incluiu a implementação de mais de 1.000 robôs nas suas fábricas em todo o mundo[21]. Implementou um sistema de execução de produção que se integra com seu sistema ERP para fornecer visibilidade em tempo real nos processos de produção, permitindo-lhe otimizar os horários de produção e melhorar a eficiência.

Em geral, as peças automóveis variam muito em material e forma, e há um número particularmente grande de produtos metálicos. Por isso, o uso de RFID que utiliza ondas de rádio foi associado a problemas como a diminuição da precisão da leitura RFID devido à reflexão irregular das ondas de rádio e à interferência das ondas de rádio causada por peças metálicas. A fixação de *tags* RFID nas caixas de embalagem durante o transporte de peças para armazéns, seguida da comparação dos resultados da leitura de *tags* RFID com as listas de

entrada de armazém planeadas, listas de inventário e listas de envio planeadas para cada processo de trabalho, aumentará a eficiência do trabalho e melhorará a precisão. Em particular, o trabalho de inventário exigia que os trabalhadores usassem um empilhador para colocar os artigos no chão, realizassem o inventário e o devolvessem à prateleira. O sistema AGV (*Automated Guided Vehicle*) de inventário pode ser usado para ler automaticamente as *tags* em prateleiras de inventário com até 6 metros de altura, permitindo que o trabalho de inventário seja concluído sem precisar mover os artigos para o chão. Este sistema pode ser usado para aumentar a eficiência do trabalho e tornar possível realizar o inventário com mais frequência [22].

2.6.5. Zara

A tecnologia RFID tem sido um *game-changer* na indústria de vestuário da ZARA, pois permite uma visibilidade clara e disponibilidade de produtos nas prateleiras das lojas de retalho. Através da seleção de produtos online, *in-store* ou envio a partir de centros de distribuição, tanto os retalhistas como os clientes podem verificar se os artigos de uma determinada dimensão estão disponíveis ou não [23].

A implementação da tecnologia RFID nas lojas ZARA permite a identificação individual de cada produto de vestuário através de sinais de rádio. A ZARA faz uso deste mecanismo RFID para:

- Distribuição eficiente de produtos;
- Gestão precisa de produtos *in-store*;
- Reposição rápida de stock;
- Receção precisa e ágil de produtos;
- Controlos de segurança melhorados;
- Contagens de inventário fiáveis;
- Melhoria da experiência do cliente;

De acordo com o Grupo INDITEX, a ZARA incorpora uma *tag* RFID de vestuário em cada peça de roupa nos centros de logística. Desta forma, quando os produtos chegam à loja ZARA, o sistema RFID ajuda os trabalhadores a identificar qual o stock que precisa de ser repostado.

Outra função importante da tecnologia RFID nas lojas ZARA é que melhora a qualidade da experiência do cliente. Por exemplo, se uma das lojas ZARA não tiver um determinado produto,

os colaboradores da loja podem rapidamente determinar a existência desse dado produto nas lojas próximas através do ID do produto.

Este processo completo ajuda os clientes a verificar a disponibilidade de produtos tanto online como em loja, juntamente com a localização das lojas. Além disso, a ZARA é informada de imediato quando a quantidade de um produto específico está a acabar na loja, o que lhes permite repor a quantidade num curto espaço de tempo.

RFID é também uma solução perfeita para o problema de furto nas lojas ZARA. A instalação de um scanner RFID no balcão de segurança garante que nenhum produto pode sair da loja sem um *tag* RFID. Além disso, a capacidade dos *tags* RFID de serem reciclados e reutilizados permite às lojas ZARA remove-los nos pontos de *checkout*. Portanto, a tecnologia RFID é uma solução eficiente em termos de custos para a marca ZARA, assim como para outras lojas de retalho [24].

2.7.Síntese

Um ERP é utilizado pelas empresas para armazenar e gerir toda a informação necessária ao seu funcionamento. A sua principal função é armazenar de forma organizada toda a informação fornecida por diferentes sistemas da empresa, permitindo a consulta dessas informações de forma mais simples e rápida, para a tomada de decisões mais fundamentadas. Em Portugal, as opções de ERP são mais restritas devido às regras impostas pela Autoridade Tributária em relação a softwares que permitem a emissão de documentos para consulta de mercadorias ou serviços. Entre as opções analisadas estão Sage, Primavera, PHC, SAP ERP e Odoo. Cada uma dessas opções apresenta pontos fortes e fracos, como, por exemplo, solidez adquirida com a experiência, a facilidade de uso, a flexibilidade e o custo.

A tecnologia de Identificação por Radiofrequência é amplamente utilizada para identificar, localizar e autenticar objetos. A tecnologia requer um leitor e um chip identificador (geralmente inserido numa *tag* colocada no objeto), com o leitor enviando sinais de rádio para a *tag*, que responde com a informação necessária. Existem dois tipos de *tags*, ativas (que exigem energia externa) e passivas (que não exigem energia externa), com as passivas sendo mais utilizadas, pois são mais baratas e descartáveis. As *tags* passivas usam a energia do leitor para transmitir a informação armazenada de volta para o mesmo, eliminando a necessidade de manutenção. A tecnologia RFID tem muitos benefícios, incluindo facilidade de implementação e manutenção,

baixa probabilidade de falhas, eficiência e facilidade de desenvolvimento de sistemas *plug and play*.

Num sistema de gestão de chão de fábrica e armazém, um bom sistema de comunicação cliente-servidor é de extrema importância. A comunicação em tempo real entre esses dois sistemas permite que a informação seja compartilhada e atualizada, melhorando a eficiência, a tomada de decisões e a visibilidade do processo de produção. Após uma análise de algumas das principais soluções chegamos a duas opções viáveis, sendo estas *Long-Polling* e *WebSockets* uma vez que ambas permitem comunicação em tempo real, sendo que a primeira tem vindo a perder alguma utilização quando comparada a *websockets*, muito pela diferença de performance que se consegue obter quando se trata de sistemas complexos.

Por vezes alguns sistemas recebem dados de vários dispositivos diferentes, centralizando a computação de toda essa informação num só servidor (geralmente na *cloud*), o que pode levar a problemas de performance em momentos de maior carga e volume de comunicação. Para combater este problema começou-se a usar *Fog* e *Edge computing*, que servem para “diluir” a carga computacional. O *Fog computing* estende a computação em *cloud*, permitindo que os dados sejam processados e armazenados em dispositivos intermediários próximos aos dispositivos finais. Já o *Edge computing* coloca a computação e o armazenamento diretamente nos dispositivos finais, como smartphones e dispositivos IoT.

3. Solução Proposta

A solução proposta neste projeto foi testada e implementada num ambiente real de chão de fábrica numa indústria em Portugal. Devido à natureza do projeto, e ao sigilo exigido, várias informações específicas de planeamento e desenvolvimento não podem ser divulgadas. Especificamente, não podemos fornecer detalhes sobre as arquiteturas de comunicação e tecnologia criadas, o código desenvolvido, nem os produtos e hardware utilizados na solução. No entanto, podemos afirmar que o projeto foi realizado em estreita colaboração com a empresa, e todas as etapas do desenvolvimento foram supervisionadas pela empresa. Além disso, a solução foi desenvolvida em conformidade com as políticas de privacidade e ética da empresa. É importante ressaltar que, mesmo com as limitações de informações compartilhadas, o desenvolvimento da solução foi bem sucedida, estando atualmente em produção e com resultados promissores na melhoria da eficiência e gestão de dados no chão de fábrica.

3.1. Requisitos

Neste projeto é necessário encontrar solução mais adequada à necessidade de uma empresa de produção de colchões, que necessita ter o controlo automatizado da sua produção e gestão de inventário, e ainda ter em tempo real toda a informação do chão de fábrica no seu ERP e vice-versa. Relativamente à produção, deve ser possível identificar o estado atual de cada produção ou operação de produção de forma automática, bem como obter uma previsão e planeamento das mesmas. Foi ainda pedido que seja possível analisar a performance dos colaboradores em alguns postos de trabalho, de forma a conseguir atribuir prémios aos colaboradores com melhor performance (como é o caso do posto da Costura). No final da linha de produção deve ser identificado automaticamente onde o artigo deve ser armazenado (dependendo da tipologia, modelo e rotatividade do artigo), tendo ainda uma nova etiqueta do artigo impressa automaticamente para a identificação na embalagem. Deve ainda ser possível controlar o inventário existente em todo armazém e movimentar facilmente os artigos no sistema. Será também necessário desenvolver um sistema de chão de fábrica com diferentes dispositivos (passivos ou ativos) em cada centro de trabalho, que permitam aos colaboradores analisar todas as informações relevantes que estejam relacionadas com as produções planeadas para o posto de trabalho. Por fim, é necessário um sistema que identifique os artigos que devem entrar e sair do armazém, identificando assim caso haja algo em falta, ou algo que está a ser movimentado indevidamente.

A implementação de um sistema de gestão empresarial (ERP) baseado no Odoo foi escolhida como a solução mais adequada para atender às necessidades do nosso cliente. Esta escolha foi baseada em vários fatores, sendo os principais a relação custo-benefício, devido à ampla gama de funcionalidades oferecidas pelo software, e a flexibilidade para ajustes e personalizações, permitindo assim integrar vários sistemas sem ficar limitado a uma solução estática. Após avaliarmos várias opções de ERP, decidimos optar pelo Odoo devido à sua versatilidade e flexibilidade. Uma vantagem importante do Odoo é o facto de ser *open source*, o que significa que pode ser personalizado para atender às necessidades específicas de cada cliente. Além disso, é desenvolvido em Python, JavaScript e XML, que são todas linguagens de programação populares com as quais estamos familiarizados. Isso permite-nos facilmente fazer alterações no software conforme necessário.

Outra vantagem do Odoo é que pode ser implementado tanto em um servidor local quanto em *cloud*, o que nos dá a flexibilidade de escolher o método de implementação que melhor atenda às nossas necessidades, podendo alterar para uma outra opção a qualquer momento, caso seja necessário ou vantajoso.

Em termos de funcionalidade, o Odoo é particularmente adequado para gerir operações de chão de fábrica e inventário, bem como gestão financeira e contabilística. Possui também uma ampla gama de integrações disponíveis, o que facilita a conexão com outros software e sistemas que possamos vir a utilizar no projeto. Em geral, acreditamos que o Odoo é a melhor escolha para o nosso projeto de fábrica devido à sua natureza de código aberto e flexibilidade.

Uma vez que o cliente tem uma vasta gama de produtos com um alto nível de especificações nas listas de materiais e fichas técnicas dos seus artigos (também conhecidas como *Bill of Materials* (BoM)), notamos que o processo de criação das mesmas seria um processo demorado. Com isto em mente decidimos que seria adequado desenvolver um importador de BoM feito à medida para o cliente, utilizando como base os ficheiros de Excel que já utilizavam anteriormente, simplificando assim o processo de transição para o sistema Odoo.

Para automatizar os processos no chão de fábrica da fábrica a solução proposta inclui o uso de dispositivos RFID para gerir toda a informação existente. Optamos por utilizar antenas RFID nos postos de trabalho mais sensíveis para controlar o tempo utilizado, no fim da linha de produção e na expedição de forma a conseguir gerir a entrada de novos artigos produzidos, bem como a saída dos mesmos. No armazém, as antenas foram colocadas na entrada e saída para registar a entrada e saída de matérias-primas. A escolha destes locais de instalação de antenas

foi feita devido à necessidade de controlo e monitorização destes pontos críticos, onde é fundamental ter informação precisa e em tempo real.

Uma vez que as *tags* RFID permitem ter também informação visual, como texto e códigos de barras, decidimos também colocar a informação que consideramos relevante na etiqueta, de forma a facilitar identificação por parte dos colaboradores, além da identificação automática já feita pelos dispositivos RFID. A informação adicionada foi o nome, categoria e código de barras dos artigos. Desta forma, além de uma fácil identificação a olho nu, permitimos a existência de leitores de códigos de barras nos postos em que existirá a presença de colaboradores, facilitando assim as alterações manuais em caso de necessidade (como por exemplo a atribuição de novos artigos às cargas, ou alteração dessas mesmas atribuições na existência de artigos danificados).

3.2. Integração do processo de produção

Para a organização no chão de fábrica optamos por utilizar diversos *dashboards* e *tablets* que irão apresentar a informação relevante a cada centro de trabalho, bem como disponibilizar diferentes ações a executar. Estas ações serão simples e diretas e terão três objetivos principais:

1. Conseguir refletir em tempo real no ERP (Odo) o que está a acontecer no chão de fábrica (como identificar quebras, tempos e produções);
2. Requerer informação adicional mais detalhada sobre o posto ou o artigo a produzir;
3. Notificar o gestor de fábrica que existe uma necessidade de apoio.

Toda a comunicação entre estes dispositivos e o ERP deve ser feita em tempo real, e deve ser bidirecional.

Para a comunicação dos RFIDs com o sistema Odo utilizamos chamadas REST (*Representational state transfer*), que são feitas pelos dispositivos RFID para *endpoints* que foram criados e preparados no odo para receber as informações que os dispositivos podem fornecer.

A comunicação entre o Odo e os *dashboards* e *tablets* foi feita utilizando *long-polling*. A escolha desta tecnologia deveu-se principalmente à utilização da mesma, em outras situações pelo sistema Odo, mais especificamente na última versão existente no momento em que o projeto teve início - versão 15.0, por isso optamos por manter uma consistência nas tecnologias utilizadas, de forma a facilitar a documentação e desenvolvimento. É, no entanto, importante referir que com o lançamento da versão 16 do sistema Odo, este passou a utilizar *WebSockets*

na maioria das suas comunicações, e por esse motivo existe a intenção passar a utilizar *WebSockets* em vez de *long-polling* no momento em que o cliente decidir evoluir para uma nova versão.

O processo de produção inclui por diversos postos de trabalho:

- Laterais (onde são feitas as laterais dos colchões);
- Tampos (onde são preparados os tampos dos colchões);
- Espumas (onde são preparadas as espumas e outros componentes do interior do colchão);
- Costura (onde o colchão é fechado);
- Embalagem (onde o colchão é embalado e encaixotado);

Na figura 7 podemos verificar a disposição dos diversos postos de trabalho no chão de fábrica, de forma a entender mais facilmente o fluxo que um produto tem durante todo o processo. As matérias-primas chegam ao chão de fábrica vindas de instalações separadas onde estão armazenadas. Como a lateral do colchão é o primeiro componente produzido, colocamos a etiqueta RFID nessa parte para registar a hora exata de início da produção. No entanto, os postos de tampos e preparação de espumas não necessitam da lateral, tornando difícil a obtenção de informações automáticas. Para resolver esse problema, instalamos tablets para que os colaboradores possam registar manualmente o trabalho realizado e a conclusão da produção, bem como para aceder informações importantes, como o bordado a ser utilizado no tampo e as espumas necessárias.

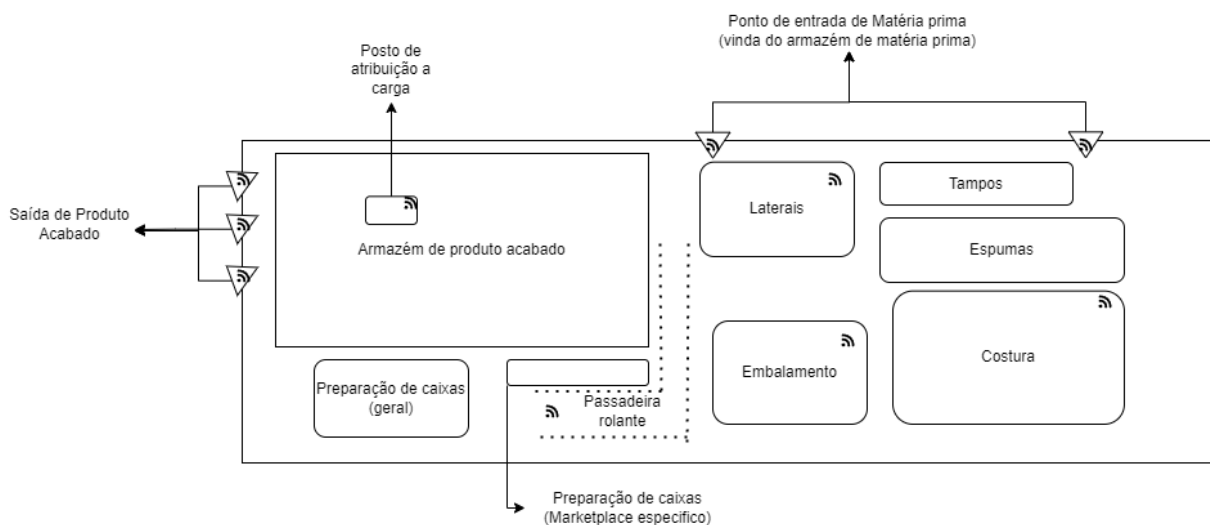


Figura 7 - Esquema representativo da disposição da fábrica

O posto de costura é o processo mais crítico e demorado, exigindo muita mão de obra. Por isso, é o posto com mais incentivos para garantir um desempenho adequado. Para obter as informações mais precisas possíveis, implementamos três antenas RFID por linha:

- A primeira regista a entrada do produto no posto;
- A segunda identifica que um dos tampos foi costurado e inicia a costura do outro tampo;
- A terceira identifica a conclusão da produção do colchão.

Após a costura, os colchões são enviados por passadeiras rolantes para a estação de embalagem, onde utilizamos antenas RFID para identificar o produto e determinar como este deve ser embalado, já que cada tipo de colchão possui uma forma específica de embalagem. As informações sobre o processo de embalagem são enviadas para a máquina correspondente. No final do processo de embalagem estar concluído, este passa uma nova antena RFID e uma nova etiqueta é impressa e colada na caixa do produto para rastreabilidade futura.

Depois da embalagem, os colchões são levados a uma nova estação de trabalho (representada na figura 8) com outra antena RFID e um monitor para exibir as informações lidas pela antena. Quando um colchão é detetado, é feita uma chamada para o Odoos para saber o destino do artigo lido (se deve ser adicionado a uma encomenda ou ir para o armazém geral), e a localização onde o produto deve ser armazenado é exibida no monitor. Além disso, uma etiqueta para a transportadora é impressa, no caso de o produto já estar alocado a uma encomenda.

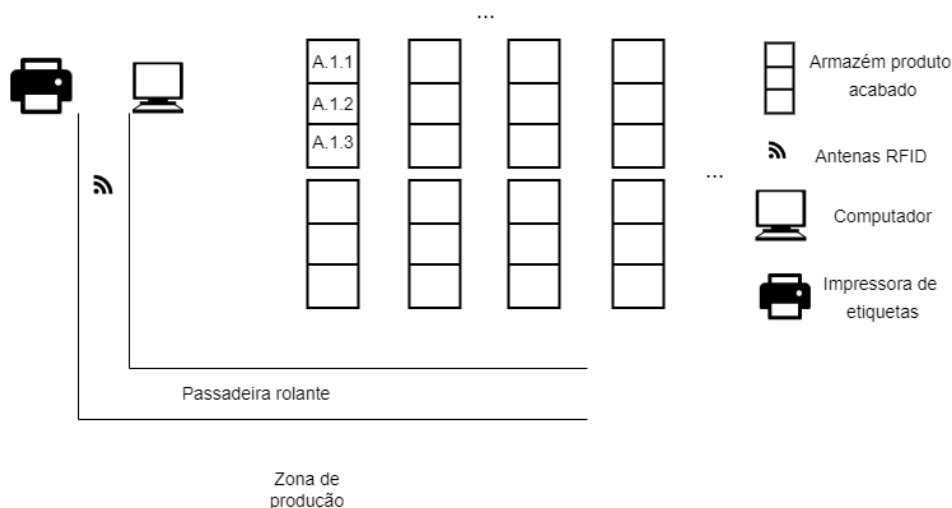


Figura 8 - Esquema representativo do sistema de alocação de artigos após produção

Foi instalado no centro do armazém um posto de trabalho adicional com uma nova impressora, um leitor de código de barras e um leitor de RFID para ler o código da encomenda e as etiquetas dos produtos armazenados. Caso um produto não esteja alocado a nenhuma encomenda, ele é automaticamente adicionado à encomenda lida e uma etiqueta para a transportadora é impressa. Se o produto estiver alocado a uma encomenda, e armazenado de forma indevida, um alerta é gerado, indicando também qual a encomenda a que o artigo está alocado.

Por fim temos a zona de carga, que está representada na figura 9, onde temos diversos pórticos, cada um com as suas antenas RFID e os seus ecrãs, permitindo assim rastrear todos os artigos que são carregados, detetando assim qualquer artigo que seja carregado indevidamente, ou até mesmo qualquer artigo em falta.

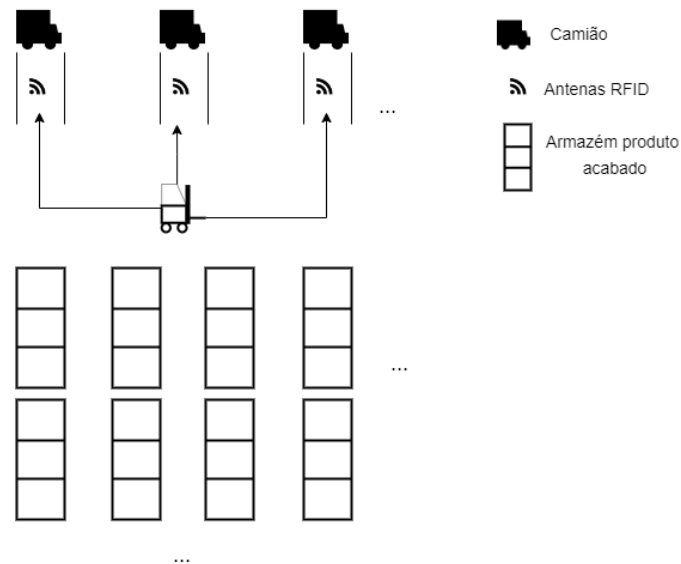


Figura 9 - Esquema representativo do controlo de cargas

3.3. *Fog / Edge Computing*

Além da integração do processo de produção, a solução proposta também utiliza *Fog/Edge Computing* para aliviar a carga computacional do servidor do ERP. Como toda a informação gerada pelos dispositivos do chão de fábrica será enviada para o ERP e este deve se comunicar com outros sistemas, é necessário reduzir a carga computacional no servidor do ERP. Para isso, parte da computação será feita nos dispositivos que permitem ações dos utilizadores, enquanto uma parte da restante computação será feita em um servidor numa camada intermediária entre os dispositivos e o ERP. Isso ajudará a processar a informação mais rapidamente, reduzindo a latência e melhorando a eficiência geral do sistema.

3.4.Síntese

Neste capítulo, foi apresentado o projeto de automatização da produção de uma empresa de colchões. Foram discutidos os requisitos necessários para o sucesso do projeto, tais como o controlo automatizado da produção e inventário, bem como a análise de desempenho dos colaboradores e a identificação automática da localização de armazenamento de cada produto. Foi escolhido o ERP Odoos como a solução mais adequada para atender às necessidades do cliente, devido à sua flexibilidade, personalização e ser *open source*. Para gerir a informação no chão de fábrica, foram utilizados dispositivos RFID em locais críticos, como os postos de trabalho, entrada e saída do armazém e na zona de expedição, permitindo a monitorização em tempo real de cada produção e artigo. Foi desenvolvido um importador BoM feito à medida para o cliente, simplificando o processo de transição para o sistema Odoos. No geral, o projeto apresentado visa melhorar a eficiência e o controlo da produção e stock, com a implementação de tecnologia avançada e soluções personalizadas, destacando-se no entanto pela ligação e comunicação em tempo real entre todos os elementos.

4. Implementação

Neste capítulo será apresentada a forma como foram implementadas as soluções necessárias para o sucesso do projeto, que foram apresentadas no capítulo anterior.

4.1. Integração do sistema RFID com o ERP Odoo

A implementação do sistema RFID no chão de fábrica foi realizada com o objetivo de gerir os estados das produções, consumos de matérias e tempos gastos em cada produção. Além disso, permite saber exatamente o que está em armazém de produto acabado e onde está, bem como controlar de forma rápida e fácil o que é expedido através dos cais de carga.

A identificação dos RFID é feita pela antena que lê a *tag* e pelo código presente na *tag*, que é o número de série do artigo. Desta forma conseguimos saber o que está a acontecer, e sobre que artigo está a acontecer. Entre várias ações possíveis através das leituras de RFID as principais ações possíveis são:

- (Em cada posto de trabalho) Identificar em que fase de produção está cada artigo e analisar a performance de cada posto.
- (No processo de embalagem) Saber o que já foi produzido e será embalado, permitindo imprimir automaticamente novas etiquetas para a embalagem do artigo. Essas novas etiquetas dependem do destino do artigo (por exemplo artigos destinados a alguns *marketplaces* requerem etiquetas específicas com códigos de barras específicos para esse *marketplace*).
- (Na entrada do armazém de produto acabado) Identificar o que está a entrar no armazém e informar o colaborador para qual zona do armazém o artigo deve ir (uma vez que o artigo pode já estar destinado a uma encomenda existente).
- (Em cada pórtilo do cais) Identificar os artigos que saem do armazém, avisando os colaboradores caso passe um artigo que não seja destinado à carga atual e informando dos artigos e quantidades já carregadas.

Foi desenvolvida uma solução no Odoo para identificar as leituras feitas pelas antenas RFID e gerir as ações que essas devem executar sobre o ERP, permitindo também desta forma manter um histórico sobre as ações das últimas semanas. Neste desenvolvimento foram criados vários tipos de registos de forma a manter todo o processo mais organizado. Para isso foi decidido

criar diferentes tipos de objetos de forma a conseguir ter a informação mais acessível, bem como conseguir extrair métricas mais realistas em relação ao que acontece no chão de fábrica.

4.1.1. Objeto MRP/RFID Device

Foram criados no Odoe novos objetos para conseguir registar e consultar a informação de forma mais fácil (podemos ver a forma como as informações destes objetos são apresentadas na figura 10). Estes objetos correspondem aos dispositivos presentes nos postos de trabalho no chão de fábrica, e são utilizados para ter informação necessária para decidir o que fazer quando é feita uma leitura de uma *tag* RFID referente àquele posto ou dispositivo. Com esse objetivo, foram criados vários campos nos novos objetos do Odoe:

- **Ligação aos postos de trabalho**, de forma a conseguir identificar diretamente a que posto pertence o dispositivo. Este campo é de extrema importância uma vez que é através dele que conseguimos por exemplo identificar os consumos a registar, ou a localização do artigo quando a leitura for feita.
- **Identifica as antenas de RFID** daquele posto ligadas ao dispositivo, desta forma caso existam várias antenas para finalidades diferentes no posto de trabalho, conseguimos dividir as mesmas em diferentes dispositivos.
- **Diversas funcionalidades com 2 booleanos e 1 valor decimal**. O **valor decimal** identifica o número mínimo de minutos para aceitar chamadas diferentes na mesma antena para o mesmo número de série. Isso ocorreu devido a problemas com o fornecedor dos equipamentos RFID no início da implementação, que causavam chamadas duplicadas no Odoe e erros na informação. Já **os booleanos** servem para permitir ou bloquear ações das leituras das antenas RFID e validar se pode ou não voltar a imprimir etiquetas, mesmo quando permita várias ações.
- **Identificação das impressoras ligadas ao dispositivo**. Desta forma quando uma ação de uma chamada RFID implica a impressão de uma etiqueta, ou de um documento (por exemplo guia de transporte), conseguimos identificar a impressora onde a impressão deve ser feita, permitindo assim que a impressão seja feita de forma automática, diretamente no chão de fábrica.
- **Código Python**. De forma a conseguir preparar o sistema para poder ser o mais versátil possível, e permitindo aos utilizadores uma maior independência na utilização do sistema, sem necessitar de desenvolvedores Odoe para adicionar novos dispositivos, adicionamos um campo específico para conter código Python. Este campo irá conter o

código referente às ações a executar no momento da leitura das *tags* por parte das antenas RFID. Além da flexibilidade fornecida ao cliente, garantimos também uma forma fácil e rápida de conseguir identificar se existe algum problema com antenas, uma vez que podemos colocar como ação a executar gerar um alerta ou enviar uma notificação a um utilizador específico, e caso o alerta não seja dado, sabemos de forma imediata que está a haver um problema com a leitura das *tags*, ou com a comunicação da informação para o Odoo.

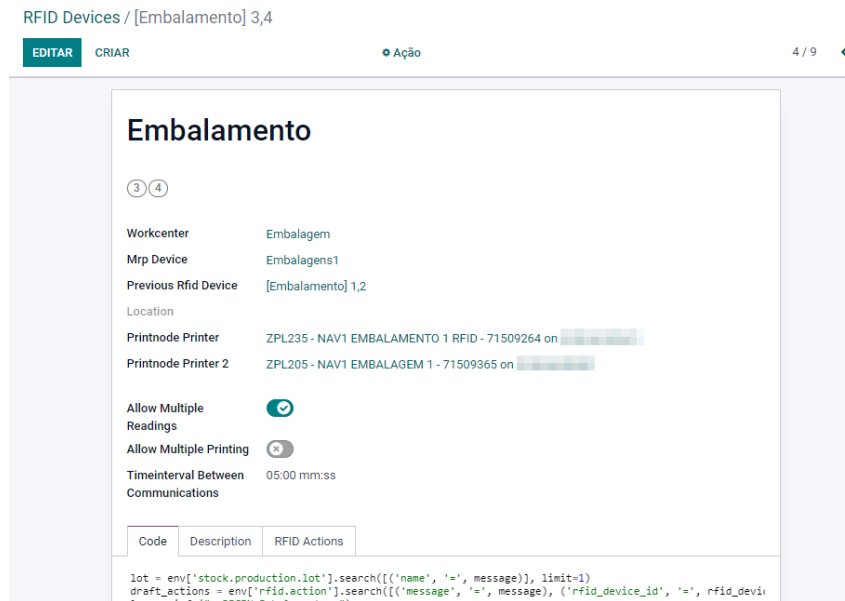


Figura 10 - Configuração de dispositivo RFID

4.1.2. Objeto RFID Action

Este objeto serve para conseguir gerir as ações a executar com as chamadas de RFID, além de servir de *stack* para armazenar as ações de forma a que nenhuma leitura seja perdida no caso de existir algum problema com algum dos intervenientes nas comunicações e execução. Esta informação é normalmente apresentada em forma de lista (como podemos ver na figura 11), no entanto pode ser também, analisada em pormenor pela vista de formulário. Trata-se de um objeto simples uma vez que não deverá ter qualquer intervenção humana, permitindo manter um histórico do que acontece em relação a leituras de RFID, bem como informar os colaboradores quando existe algum problema. Permite ainda também conseguir recolher métricas importantes em relação ao desempenho dos postos de trabalho.

Para este tipo de objeto os campos utilizados foram bastante simples.

- **Identificação do dispositivo que corresponde a uma ação.** Desta forma conseguimos facilmente identificar as ações que estão a ser recebidas para cada dispositivo.
- **Data da leitura,** ou seja, quando a ação é criada através de uma leitura de uma *tag* RFID, guardamos a data da leitura, de forma a conseguir manter um histórico real, do momento de cada leitura que teve impacto no sistema.
- A “**Mensagem**” é um campo de texto onde ficará registada a informação lida pela antena RFID, de forma a conseguir facilmente identificar os artigos, uma vez que numa leitura normal o que será lido pela antena será o número de série dos artigos.
- A “**Direção**” é um campo de seleção que é utilizado para identificar a direção da movimentação da leitura. Este é especialmente útil para os pátios de carga, para conseguir identificar se os artigos estão a sair ou entrar de volta no armazém.
- O **estado da ação** é um campo de seleção e tem 3 opções diferentes “rascunho”, “feito” e “erro”, permitindo assim identificar facilmente se as ações foram completas com sucesso ou não.
- “**Mensagens de Erro**” é um campo de texto que tem como objetivo apresentar as mensagens de erro completas quando existe algum problema ao executar a ação que deveria ser executada após a leitura RFID. Este é bastante importante especialmente para os colaboradores presentes em pontos chave do processo de produção, como por exemplo o final da linha, isto porque a ação das leituras deste posto identificam a localização onde o artigo deve ser armazenado, e caso exista algum erro durante a atribuição do artigo a uma localização, é importante que os colaboradores tenham acesso a essa informação pois muitas das vezes os erros são causados por má configuração/parametrização ou falta da mesma.

Quando existe uma nova leitura de uma *tag* RFID, vamos identificar a que dispositivo a antena pertence. De seguida verificamos se o dispositivo permite ou não múltiplas leituras, e caso permita vamos criar de imediato uma nova ação RFID. Caso não permita, vamos verificar se já existe alguma ação no estado de rascunho, ou completo para o mesmo número de série que foi detetado na leitura atual, e criamos caso não exista nenhuma ainda.

<input type="checkbox"/>	Rfid Device	Date	Message	Direction	State
▶ Cais (47440)					
▶ Entrada (21367)					
▶ Embalamento (43119)					
▶ Embalamento (26780)					
▶ Packing (37855)					
▼ Costura (7282)					
▼ Done (5476) 1-80 / 5476 < >					
<input type="checkbox"/>	[Costura] 1	27-10-2022 12:59:39	000000012257		Done
<input type="checkbox"/>	[Costura] 1	27-10-2022 13:03:40	000000012279		Done
<input type="checkbox"/>	[Costura] 1	27-10-2022 13:10:52	000000011722		Done
<input type="checkbox"/>	[Costura] 1	27-10-2022 13:18:17	000000011717		Done

Figura 11 - Listagem de Ações de Leituras RFID

4.1.3. Testes à comunicação RFID

Durante a implementação, foram realizados alguns testes do sistema RFID, as nossas principais preocupações diziam respeito à viabilidade e performance do sistema. No que se refere aos RFIDs, o nosso objetivo era avaliar a capacidade de leitura das antenas fixas e dos dispositivos portáteis em termos da distância máxima de leitura. É importante que sejam obtidas leituras a pelo menos 5 metros de distância, para garantir a funcionalidade dos pórticos no cais. Além disso, era importante avaliar a frequência de leitura, assegurando-nos que fosse possível ler, comunicar e processar corretamente pelo menos 12 etiquetas em menos de 5 segundos mesmo com todos os outros postos de trabalho a funcionar em simultâneo, garantindo assim a fluidez nos pórticos.

Ao realizarmos testes em diferentes distâncias entre a etiqueta e a antena (1, 5, 10 e 25 metros), concluímos que em alguns postos de trabalho o problema era inverso ao que era esperado. Por exemplo, durante as simulações de expedição, verificámos que devido ao posicionamento inadequado das antenas no pórtico, alguns artigos nas prateleiras do armazém eram detetados indevidamente, identificados como se tivessem sido carregados sem alocação às cargas. Para resolver este problema, reduzimos a potência das antenas RFID, com o objetivo de minimizar a deteção de artigos a distâncias excessivas. Esta medida foi tomada para aumentar a precisão da identificação dos objetos e evitar possíveis erros na leitura dos dados armazenados nas etiquetas RFID. Além disso, a redução da potência das antenas pode trazer benefícios

adicionais, tais como a redução da interferência com outros dispositivos eletrônicos e aumento da segurança e privacidade dos dados coletados.

Em relação ao sistema de chão de fábrica fizemos diversos testes relacionados com a performance do mesmo, chegando à conclusão que além de utilização de *edge computing* que estávamos a aplicar nos tablets, para conseguir realizar as computações mais simples, libertando assim um pouco o ERP, iríamos necessitar também de um sistema de *fog computing* para algumas situações mais complexas, uma vez que em operação mais longas como as executadas pela leitura das antenas RFID no final da linha poderiam causar erros de concorrência em momentos em que existem muitas chamadas em simultâneo para o sistema. Além disso foi ainda necessário fazer algumas alterações às operações executadas em *background* pelo Odo, como por exemplo o fecho das produções, de forma a conseguir otimizar estes processos.

4.2.Desenvolvimento de *Dashboards* de visualização

Para conseguir organizar o chão de fábrica e replicar toda a informação em cada posto de trabalho, foram criados diversos *dashboards* onde os colaboradores podem consultar toda a informação relevante, e alguns deles executar pequenas ações como por exemplo registo de quebras.

A comunicação entre os *dashboards* e o Odo (sistema que fornece toda a informação necessária para apresentar em tempo real) foi feita utilizando *long-polling* uma vez que esta é a forma nativa do Odo para fazer este tipo de comunicações na versão onde este projeto foi feito (versão 15). No entanto está planeada uma alteração para passar a utilizar *WebSockets* quando o cliente migrar para uma nova versão, uma vez que a partir da versão 16 o Odo passou a utilizar *WebSockets* para algumas comunicações, e considero que esta é a solução mais adequada para esta finalidade. Foram já feitos alguns testes em ambiente controlado na nova versão utilizando *WebSockets*, que trouxeram uma melhoria em termos de performance. Durante estes testes notamos que embora a comunicação dos dados em si não fosse a mais rápida, quando analisávamos os níveis de carga do servidor, como por exemplo, tempo de espera médio por pedido de HTTP ou até mesmo quantidade de erros de concorrência causados por lentidão do sistema quando colocado em stress, a utilização de *WebSockets* trazia uma ligeira melhoria.

4.2.1. Desenvolvimento de *Dashboards* interativos

Foi criado um tipo *dashboard* para poder ser utilizado em tablets, com o objetivo de facilitar a consulta e execução de ações em cada posto de trabalho. Os tablets foram colocados em pontos estrategicamente escolhidos de forma a conseguir facilitar os processos dos colaboradores, bem como garantir que a informação necessária a cada posto é apresentada corretamente.

A principal diferença destes *dashboards* para os anteriores, é que estes permitem que o utilizador execute ações/alterações, obrigando assim à existência de comunicação bidirecional.

O ecrã inicial (apresentado na figura 12) será transversal a todos os *dashboards* deste tipo, apresentando informação básica sobre a produção atual bem como a possibilidade de visualizar as próximas. No entanto no canto inferior esquerdo são disponibilizados alguns botões que permitem consultar informações que podem ou não ser específicas daquele posto de trabalho, bem como executar diferentes ações.

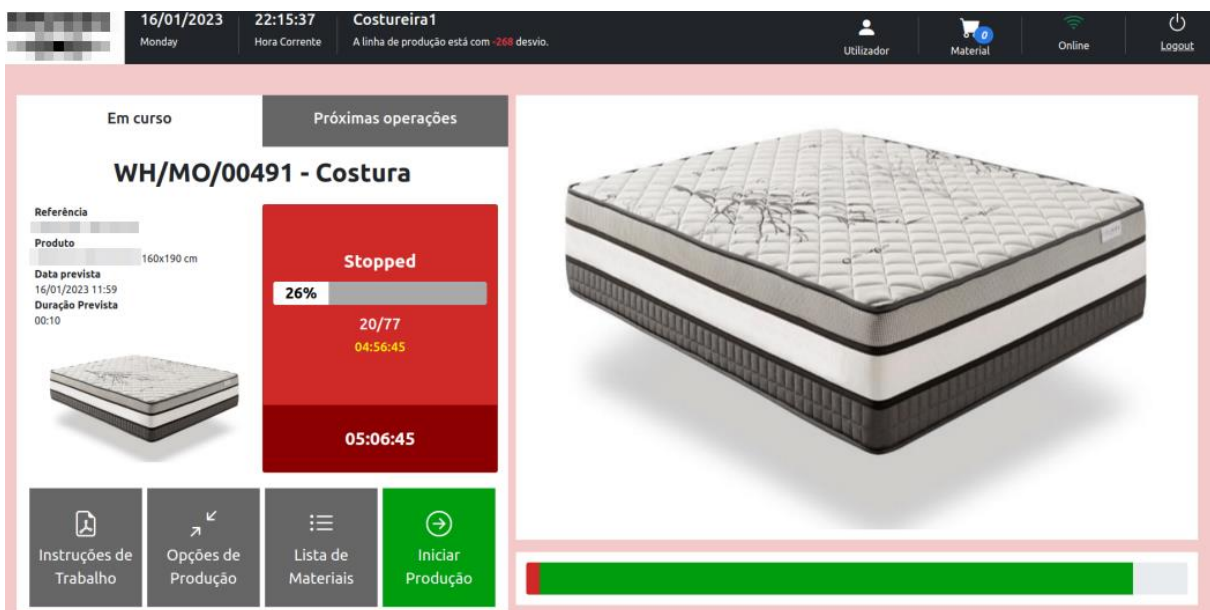


Figura 12 - Ecrã principal (Tablet do posto de trabalho “costura”)

Nas instruções (apresentadas na figura 13) o utilizador terá a opção de consultar a documentação do seu posto de trabalho, bem como consultar a informação do artigo associado à produção atual, permitindo assim consultar a sua composição ou técnica de fabrico. Assim sendo, a informação apresentada aqui irá diferir de acordo com o posto de trabalho e produção a decorrer. A produção atual pode ser fornecida através de antenas RFID ou pode ser colocada manualmente por utilizadores, dependendo do posto de trabalho. A documentação é apresentada em formato PDF e é carregada através da informação presente no Odoo, tanto no centro de trabalho como na ficha do artigo.

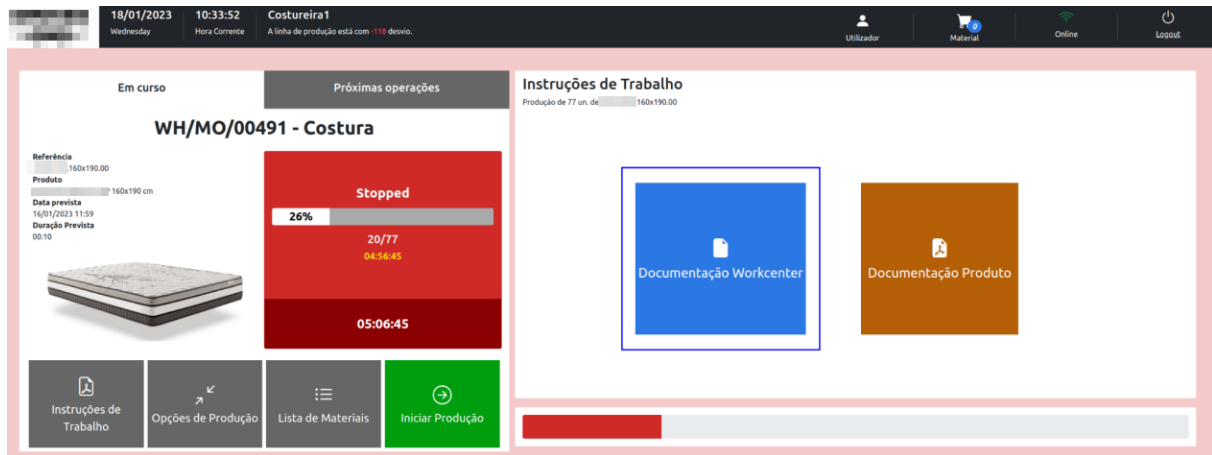


Figura 13 - Instruções de trabalho (Tablet)

Como referido anteriormente o utilizador tem a opção de seleccionar a produção em que está a trabalhar, no entanto esta selecção pode ser feita apenas sobre uma listagem já preparada pelo gestor de fábrica, e pode ser feita através do menu de “Próximas Operações” presente no ecrã inicial (como podemos ver na figura 14). Ao clicar nesse menu, irá aparecer uma listagem com as a próximas produções em fila de espera, bem como a informação necessária sobre a produção para o posto de trabalho atual.

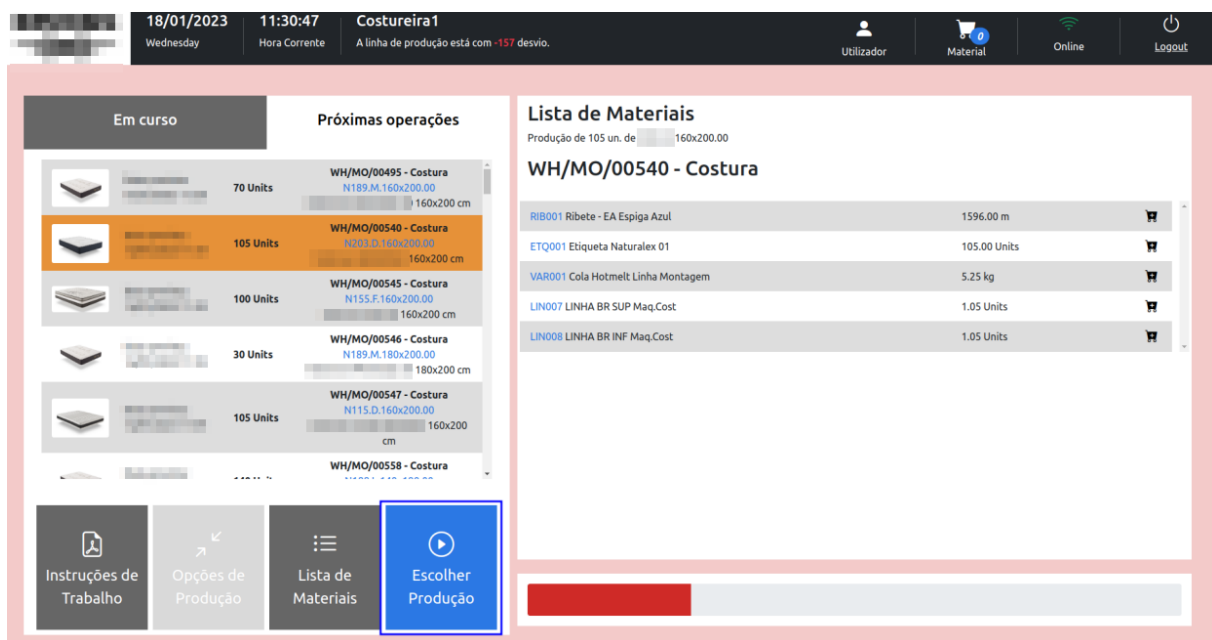


Figura 14 - Listagem de produções em espera

A Figura 15 apresenta o menu “Opções de Produção” onde estão disponíveis a maior parte das ações a executar pelo colaborador. As opções variam entre postos de trabalho, no entanto algumas são transversais a todos eles, como é o caso das ações “Lançar Quebra” e “Chamar Supervisor”. A maioria das ações são aplicadas sobre o próprio posto de trabalho ou sobre a

informação existente no ERP, no entanto existe uma exceção, que é “Chamar Supervisor”, uma vez que esta irá enviar uma notificação para os *smartphones* do gestor de fábrica e/ou responsáveis de departamento.

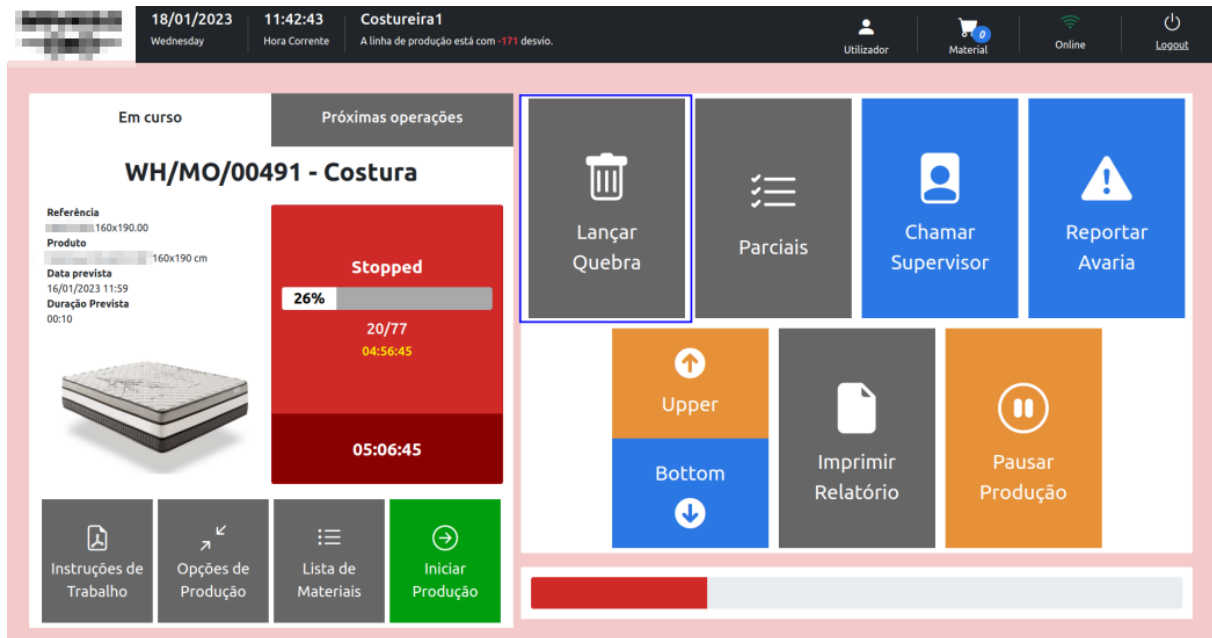


Figura 15 - Opções de Produção (Tablet)

Alguns tablets têm também um menu para dar a possibilidade de impressão de etiquetas, de forma simples e rápida, tal como apresenta a Figura 16. Com esta funcionalidade os colaboradores poderão inserir manualmente o nº de série da etiqueta que pretendem imprimir, ou pesquisar os números que estão associados ao grupo de produção a que o posto de trabalho está atualmente alocado (ver Figura 17), permitindo ainda que possam imprimir todas as etiquetas num dado intervalo (por exemplo do número 0000565 ao 0000610). No caso desta implementação esta funcionalidade é extremamente importante no posto de trabalho onde são produzidas as laterais do colchão, uma vez que é neste posto que a etiqueta que acompanha todo o processo, é impressa e colocada.

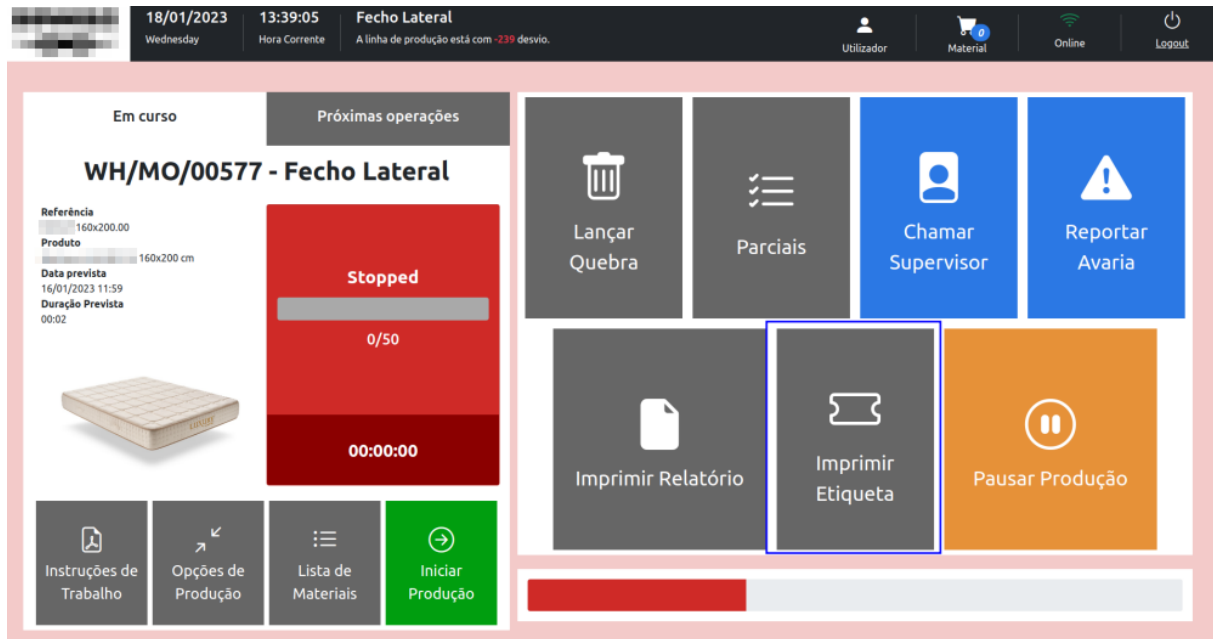


Figura 16 - Exemplo de tablet com impressão de etiquetas

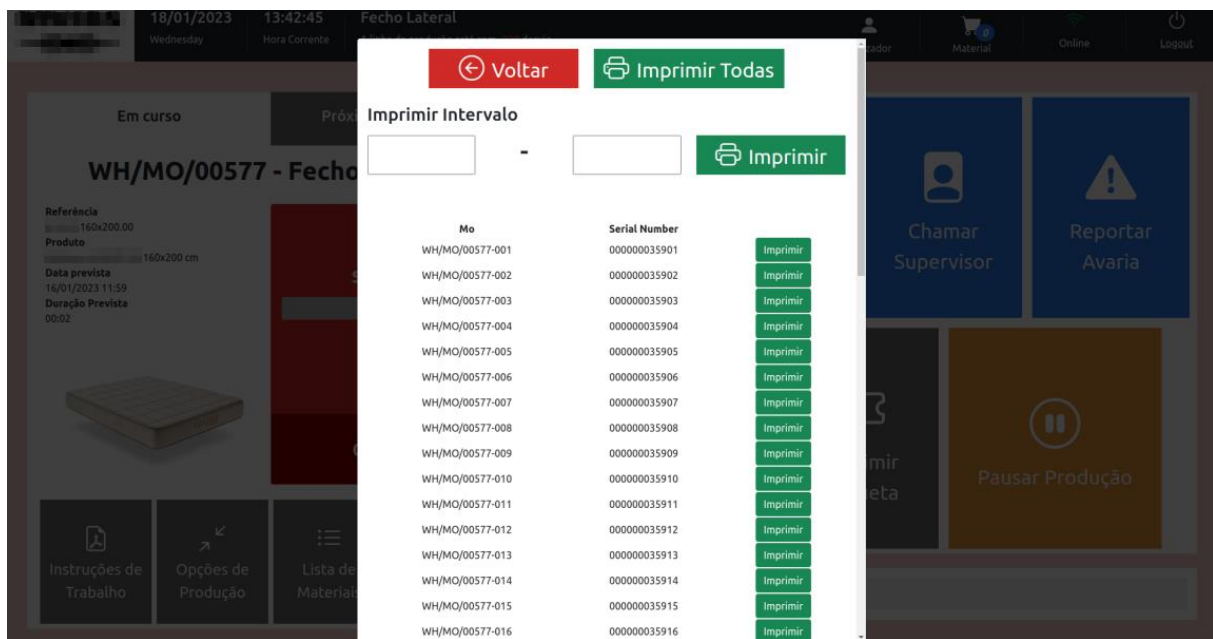


Figura 17 - Menu de pesquisa de números de série para impressão

Nesta implementação é importante ter uma ferramenta de gestão de matérias-primas, por isso é importante considerar a funcionalidade de uma lista de materiais disponível para os colaboradores. Esta lista, apresentada na Figura 18, permite a consulta das matérias-primas necessárias para a produção atual no posto de trabalho, reduzindo o risco de confusão e melhorando a eficiência. Além disso, é possível realizar pedidos de matéria-prima diretamente ao armazém, registrando esses pedidos na lista de carrinho, onde os colaboradores podem validar os artigos e as quantidades desejadas antes de solicitar o material, tal como apresentado na Figura 19.

A solicitação de material resulta em uma transferência interna entre o armazém de matéria-prima e a localização do posto de trabalho, facilitando a gestão dos pedidos pelo gestor de armazém. Além disso, tal como apresenta a Figura 20, todos os pedidos e movimentações de stock são registados no Odoo, o que é crucial para a gestão eficiente das necessidades de matéria-prima pelo departamento de compras.

Em resumo, a implementação de uma lista de materiais e a possibilidade de realizar pedidos diretamente ao armazém são processos fundamentais para a gestão eficiente de matérias-primas. Além disso, o registo de pedidos e movimentações de stock no sistema de gestão, como o Odoo, é crucial para a tomada de decisões estratégicas pelo departamento de compras e para garantir a disponibilidade adequada de matéria-prima para a produção.

The screenshot displays the Odoo production control interface. At the top, the header shows the date (18/01/2023), time (12:21:48), and user (Costureira1). The main content is divided into three sections:

- Em curso (In Progress):** Shows the operation 'WH/MO/00491 - Costura' with a 'Stopped' status. A progress bar indicates 25% completion. The current count is 19/77 units, and the time taken is 04:56:45. The total expected duration is 05:06:45.
- Próximas operações (Next Operations):** This section is currently empty.
- Lista de Materiais (Material List):** A table listing materials for the production of 77 units of N305.CD5.160x190.00. The table includes columns for material code, description, and quantity.

At the bottom, there are four main action buttons: 'Instruções de Trabalho' (Work Instructions), 'Opções de Produção' (Production Options), 'Lista de Materiais' (Material List), and 'Iniciar Produção' (Start Production). The 'Lista de Materiais' button is highlighted with a blue box.

Material	Quantidade
RIB006 Ríbete - LN Linhas Negras	1139.60 m
ETQ002 Etiqueta Cosmos 01	77.00 Units
VAR001 Cola Hotmelt Linha Montagem	3.85 kg
LIN011 LINHA PT SUP Costura LM	2.31 Units

Figura 18 - Ecrã de listagem de material

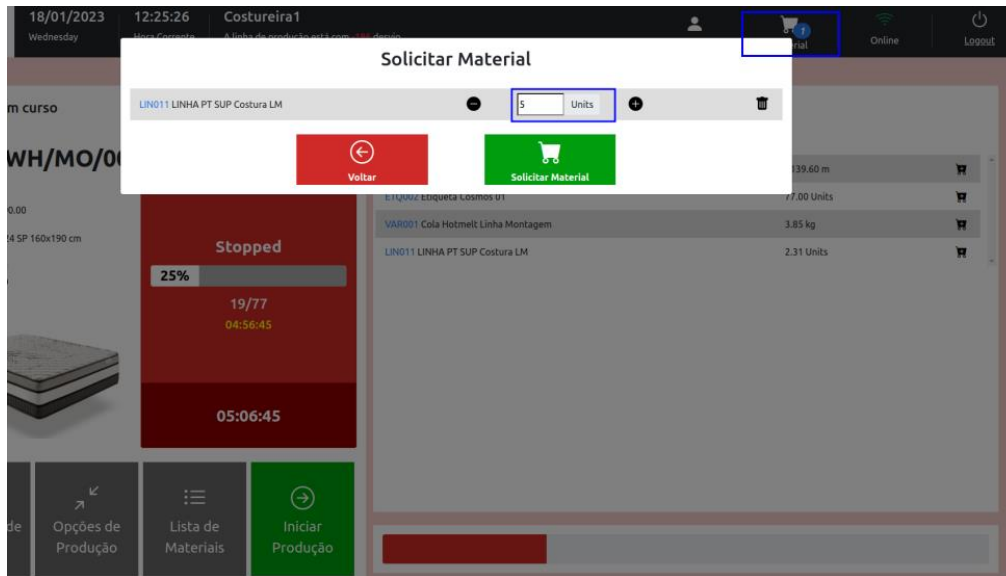


Figura 19 - Ecrã para pedido de material

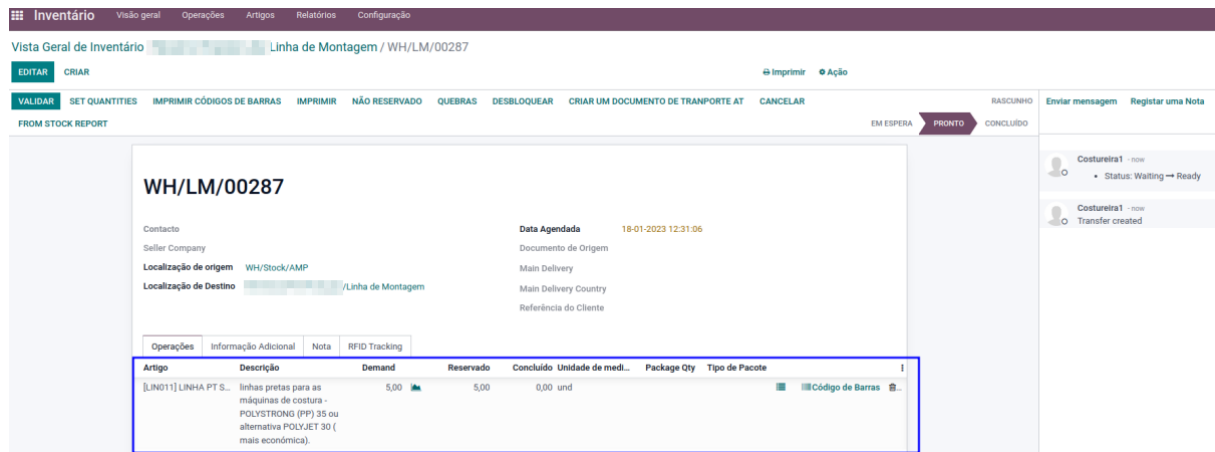


Figura 20 - Transferência interna criada no odoo para pedido de material

Como referido anteriormente, existe o objetivo de incentivar os colaboradores, recompensando-os com prémios proporcionais à sua performance. Para conseguir analisar a performance dos diferentes colaboradores é importante conseguir saber quem fez o quê e em quanto tempo. Por isso, alguns dispositivos permitem identificar o utilizador que está atualmente a trabalhar naquele posto específico dentro daquele centro de trabalho. Para isso adicionamos um menu que abre uma nova janela, onde os colaboradores podem introduzir o seu código de colaborador, ficando assim associados a todos os registos feitos naquele posto de trabalho, a partir desse momento, no entanto, os registos passarão a ficar associados a outro colaborador assim que for colocado um novo código. Este processo é especialmente útil para conseguir ter os mesmos dispositivos a funcionar constantemente, em todos os turnos de trabalho.

4.2.2. Impressão automática

Um ponto bastante importante que à primeira vista pode passar despercebido é a impressão de etiquetas de forma automática, no momento em que algumas antenas RFID fazem leitura de um novo número de série. No caso da nossa implementação as etiquetas são impressas principalmente em 4 postos de trabalho diferentes, sendo que um deles exige impressão manual, por se tratar da primeira etiqueta RFID que será lida nos restantes postos, já os restantes três são feitos de forma automática ou “semiautomática”.

No posto de trabalho onde as laterais dos colchões são produzidas, é impressa uma etiqueta RFID que é então cozida na lateral, de forma a conseguir acompanhar o colchão em todo o processo de produção. Através desta etiqueta conseguimos acompanhar em tempo real o processo de produção do colchão a partir do momento em que este passa por este posto de trabalho.

O segundo posto onde existe impressão de etiquetas já se trata de uma impressão automática de uma etiqueta “comum” de código de barras, que é colocada na embalagem plástica do colchão após este ser enrolado. Esta etiqueta não tem qualquer funcionalidade para no chão de fábrica, no entanto é necessária para a área das vendas.

No final da linha de produção já quando o colchão se encontra enrolado e colocado na respetiva caixa, este passa numa passadeira onde é detetado por mais uma antena RFID, que faz os registos no Odoo. Aqui desenvolvemos também um algoritmo que verifica a necessidade do artigo nas encomendas feitas, e caso exista necessidade o artigo é automaticamente alocado à respetiva encomenda, impedindo assim que outros artigos sejam alocados para a mesma necessidade. Após isso, é feito automaticamente um pedido de impressão de uma nova etiqueta RFID com códigos de barras adicionais e novas informações relacionadas com o artigo.

No centro do armazém temos também um posto de trabalho, que se destina ao responsável de armazém de produto acabado. Este posto implica tarefas simples, no entanto exige algum cuidado exigido pelos diversos resultados dependendo do fluxo seguido (como podemos analisar na figura 21). É importante que nesta zona do armazém apenas estejam presentes artigos que não foram alocados a encomendas existentes. Neste posto existe um leitor de código de barras para poder ler os códigos de barras de encomendas existentes e de artigos armazenados nesta zona do armazém. Aqui o colaborador pode ler então o código respetivo a uma encomenda e de seguida ler vários códigos referentes a números de série, estas leituras são

enviadas para o Odoo de forma a serem processadas e enviar feedback para um tablet presente no posto de trabalho.

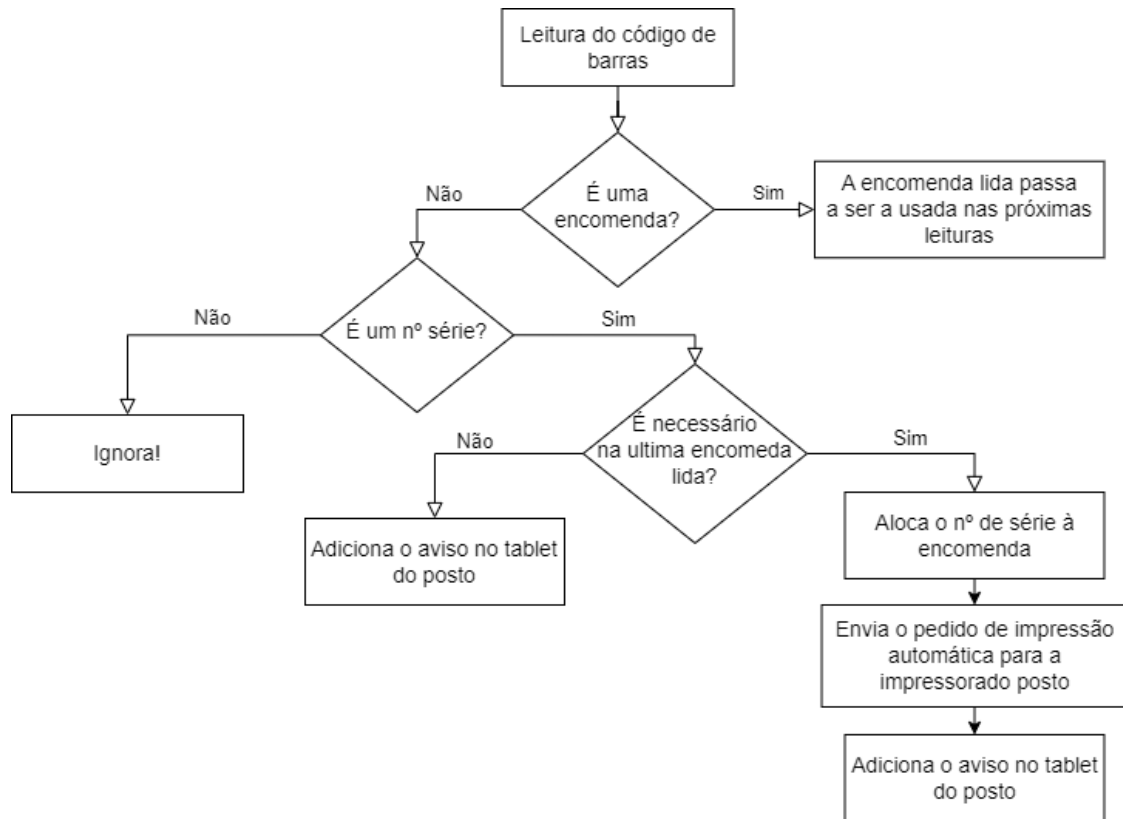


Figura 21 - Fluxo do processo após leitura de código de barras

4.3. Implementação de novas funcionalidades no sistema Odoo

Além dos desenvolvimentos já referidos acima, relacionados com os dispositivos RFID e com as impressoras, foram realizados ajustes no ERP e adicionadas novas funcionalidades para facilitar a gestão do processo e armazenar informações adicionais. Esses avanços impactaram várias aplicações do Odoo, incluindo outras instâncias de empresas do mesmo grupo. Entre estes desenvolvimentos podemos destacar os seguintes:

4.3.1. Aplicação de Compras

A aplicação de compra foi aprimorada para melhorar a eficiência e agilidade do processo. Algumas dessas melhorias incluem:

- Consulta de forma simples do estado das receções, para verificar o estado dos diferentes *pickings* relacionados à compra.

- Divisão de *pickings*, para que seja possível separar diferentes cargas de compra em vez de criar um único *picking* com todos os itens. Isso facilita a receção e a validação dos artigos.
- Impressão de etiquetas de códigos de barras diretamente para as impressoras Zebra, para que os colaboradores possam facilmente registar a entrada de itens no armazém e validar se tudo está de acordo com a encomenda.

4.3.2. Aplicação de Inventário

Na aplicação de inventário, foram feitas melhorias para tornar o trabalho dos colaboradores mais fácil e eficiente. Algumas dessas melhorias incluem:

- Produtos alternativos, para identificar os produtos que podem ser usados em caso de falta de stock do produto atual. Também é possível configurar uma relação de substituição, como por exemplo, a substituição de um quinto do bloco de espuma A por um sétimo do bloco de espuma B. Quando uma produção é confirmada sem stock de todas as matérias-primas, o Odoe automaticamente procura por produtos alternativos, atualizando a lista de materiais somente para essa produção.
- Stock para produzir, que analisa as necessidades de *stock* para cada produto final (através de encomendas) e produções existentes, sugerindo ao utilizador as quantidades a serem produzidas de cada item. O utilizador pode escolher quais produtos produzir e alterar as quantidades sugeridas.
- Alterações nos *pickings* de saída, para identificar a localização onde a carga está a ser preparada, e permitindo também imprimir facilmente as etiquetas dos artigos associados à transferência. Foi também adicionada a informação relativa à entrega, como por exemplo *Marketplace* da venda e informações da transportadora (nome da transportadora, *tracking code*, data de levantamento, etc).

4.3.3. Aplicação de MRP (Produção)

A aplicação de MRP (*Manufacturing Resource Planning*) é utilizada para organizar, planear e gerir as produções no Odoe. Esta é uma das ferramentas que mais foi customizada para esta implementação. Isto deve-se a vários fatores, incluindo a facilidade de uso, melhorias na performance e um controlo mais rigoroso.

Para melhorar a experiência dos utilizadores, foi desenvolvido um sistema de importação de BoMs, que permite que os utilizadores possam importar informações relacionadas aos artigos

utilizados, quantidades, operações a serem executadas, consumo de matérias-primas, indicação da operação que consome cada artigo, sequência de operações e duração esperada de cada operação. Além disso, foram criados relatórios de performance que permitem avaliar a eficiência de cada posto de trabalho e funcionário, permitindo a definição de metodologias de recompensa.

Considerando que o nosso cliente produz centenas de colchões diariamente, e cada um é identificado por um número de série único, para garantir a rastreabilidade da matéria-prima, foi criado um sistema de grupos de produção. Com esse sistema, o gestor de fábrica pode criar grupos de produção por exemplo de 150 unidades para um determinado colchão, e o sistema cria automaticamente todas as produções individuais, registando o número de série, necessidades de stock e operações a serem executadas.

Com as produções criadas individualmente, é possível ajustar o planeamento de produções diariamente, apresentando ao gestor de fábrica uma estimativa mais precisa sobre o que será produzido e quando. Além disso, o uso de grupos de produção também permite a aplicação de ações em massa, aplicando-as a todas as produções do grupo.

Em resumo, a customização da aplicação de MRP trouxe uma série de melhorias na gestão da produção, tornando-a mais fácil, rápida e precisa. Com essas melhorias, é possível garantir a eficiência da produção, rastreabilidade dos produtos e suporte na tomada de decisões.

4.3.4. Comunicação entre sistemas

Esta implementação foi feita numa fábrica pertencente a um grupo de várias empresas, sendo que atualmente a fábrica apenas produz para saciar as vendas das restantes empresas.

Uma vez que a fábrica não tem qualquer comunicação com os clientes finais, de forma a não ser necessário estar a passar diariamente (e manualmente) centenas de encomendas das empresas de venda para a fábrica, é importante que as empresas de venda tenham ao seu dispor a informação necessária sobre o estado de produção e entrega dos artigos.

Como que as restantes empresas já tinham o seu próprio sistema, foi também desenvolvida uma solução para automatizar a comunicação entre os dois sistemas através de XML RPC. Esta comunicação é bidirecional, sendo que a informação inicial vem das empresas de venda para a empresa de produção, e esta comunica de volta os estados das encomendas as faturações das mesmas.

A comunicação entre os sistemas é um dos pontos mais importantes para o sucesso da implementação, uma vez que através desta comunicação são pedidos centenas de colchões diariamente, sendo que estes pedidos podem vir de diversas origens, de forma automática. Por isso um dos pontos a garantir primeiramente é a estabilidade da comunicação e viabilidade em momentos de stress, com isso em mente decidimos fazer alguns testes onde simulamos diferentes tipos de pedidos, onde encontramos algumas falhas nos sistemas, falhas essas que levaram à criação de um sistema de pilha para processar cada pedido, conseguindo assim dividir a carga por um período de tempo mais alargado e conseguindo manter o sistema operacional. Após a implementação do sistema de pilha que guarda a informação desses pedidos e os vai processando faseadamente, decidimos então fazer uma nova vaga de testes simulando várias comunicações das duas direções, onde conseguimos detetar uma clara melhoria na resposta do sistema, no entanto os pedidos passaram a demorar alguns minutos a ser processados durante os períodos de maior afluência de pedidos.

4.4.Síntese

Neste capítulo foi abordada a forma como algumas das soluções e desenvolvimentos foram implementados, de forma a simplificar, automatizar e melhorar os processos de gestão de inventário e de chão de fábrica. No entanto, é importante recordar que este projeto foi implementado em parceria com uma empresa real. Devido à natureza do projeto e às condições de confidencialidade, certas informações específicas sobre a implementação não podem ser compartilhadas nesta tese. Toda esta implementação foi realizada no ERP e chão de fábrica da empresa.

De forma a conseguir replicar o que se passa no chão de fábrica, para o ERP de forma automática, foi necessário desenvolver objetos no odoo que pudessem guardar espelhar as informações existentes. Começamos então por criar os “MRP/RFID *Devices*” que representam os diferentes dispositivos colocados no chão de fábrica (como por exemplo tablets interativos, ou antenas RFID). Criamos também um objeto para registar todas as comunicações RFID, conseguindo assim manter um histórico do que foi lido, além de conseguir executar ações específicas sobre os objetos lidos, dependendo do dispositivo que executou a comunicação. Com esta implementação reparamos que por vezes os artigos eram detetados a distâncias não esperadas, o que levou a que fosse necessário reajustar a posição das antenas, bem como a frequência das mesmas.

De forma a apresentar as informações vindas do ERP, como planeamento de produção, ficha técnica dos artigos, entre outras informações, foram desenvolvidos dois tipos de *dashboards*, *dashboards* de visualização e *dashboards* interativos. Os *dashboards* de visualização são principalmente utilizados para consultar todas as informações relativas aos artigos da produção atual, da produção em si, e ainda consultar as produções existentes no planeamento. No entanto, existe algumas exceções, como é o caso do *dashboards* dos objetivos de produção e o *dashboard* de expedição, onde são apresentados todos os artigos que passaram indevidamente no caís, e os que ainda faltam passar.

Para conseguir automatizar um pouco mais o processo de embalamento e armazenamento, e ainda reduzir os erros, foi desenvolvido um sistema que imprime de forma automática as etiquetas para as caixas dos produtos. Quando um artigo é detetado pelas antenas RFID em determinados postos de trabalho, as etiquetas são preparadas de acordo com a informação do artigo como por exemplo: número de produção, número de carga (caso o produto já esteja alocado a uma entrega) ou localização de armazém (caso o artigo não esteja alocado a nenhuma produção). Quando a etiqueta é gerada, é automaticamente enviada para a impressora alocada a esse posto, de forma que o colaborador apenas necessite colar essa mesma etiqueta, na respetiva caixa.

Com o objetivo de facilitar a análise e introdução de informação no sistema Odoo, foram feitos desenvolvimentos em diversas aplicações, tornando o sistema assim mais adequado à realidade da empresa.

Por fim para garantir que as encomendas das empresas de venda chegavam de forma automática à empresa da fábrica, e que as informações dos estados de produção e entrega eram devolvidos para as empresas de venda, foi necessário desenvolver um novo módulo para o Odoo da fábrica conseguir comunicar diretamente com o sistema das restantes empresas do grupo. Esta comunicação é bidirecional e é feita através de XML RPC.

5. Conclusão

A digitalização da indústria é uma tendência que vem crescendo rapidamente nos últimos anos, com a utilização de tecnologias como IoT, RFID, *Fog/Edge Computing*, entre outras. A utilização dessas tecnologias traz inúmeras vantagens, como a redução de erros humanos, a melhoria da velocidade de produção e o controlo mais eficiente do stock e da qualidade.

Nesse contexto, este projeto apresentou uma solução para a implementação de um chão de fábrica de uma empresa de colchões, utilizando o ERP Odoo, a tecnologia RFID e *Fog/Edge computing*. Através da utilização dessas tecnologias, foi possível otimizar processos, automatizar a comunicação da informação entre o ERP e o chão de fábrica, além automatizar também a comunicação das informações de entregas e faturação entre as empresas.

Durante o processo de implementação, foram enfrentados alguns desafios, como a escolha das tecnologias mais adequadas para cada situação e a necessidade de desenvolvimento de sistemas de comunicação eficientes entre as diferentes partes envolvidas. Além disso foi também necessário desenvolver customizações para o ERP específicas para as necessidades da fábrica.

No entanto, os resultados obtidos demonstraram a eficácia da solução proposta, com melhorias significativas na performance do sistema e na utilização do RFID, permitindo uma gestão mais eficiente do stock e um controlo do chão de fábrica.

Em suma, este trabalho mostra a importância da digitalização da indústria e a utilização de tecnologias inovadoras para melhorar a eficiência dos processos e a competitividade das empresas. Espera-se que este projeto sirva como um exemplo para outras empresas que desejam implementar soluções semelhantes em suas fábricas.

5.1. Trabalho Futuro

Embora o projeto tenha alcançado resultados significativos, há espaço para melhorias e futuras pesquisas para aprimorar o sistema. Algumas sugestões para trabalhos futuros incluem a migração da tecnologia de *long-polling* para *WebSockets*, que pode melhorar significativamente o desempenho do sistema, reduzindo a latência e melhorando a escalabilidade.

Outra sugestão é a otimização da comunicação entre as diferentes partes do sistema, a fim de reduzir a sobrecarga de rede e melhorar a eficiência. Além disso, é importante continuar

trabalhando na otimização do sistema para evitar que ele entre em estado de estresse quando há um grande número de chamadas simultâneas.

Outro trabalho futuro interessante seria reestruturar o sistema para torná-lo ainda mais modular, facilitando assim a replicação noutras fábricas ou noutras empresas. Essa mudança pode ajudar a expandir o uso da solução proposta para outras indústrias e empresas.

Essas são apenas algumas sugestões para futuras pesquisas e melhorias no projeto. Espera-se que este trabalho sirva como uma base sólida para a continuação do desenvolvimento da solução de chão de fábrica digital, possibilitando melhorias contínuas na eficiência dos processos e na competitividade da empresa.

Bibliografia

- [1] A. G. Chofreh, F. A. Goni, J. J. Klemeš, M. N. Malik, and H. H. Khan, “Development of guidelines for the implementation of sustainable enterprise resource planning systems,” *J. Clean. Prod.*, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118655.
- [2] S. AlMuhayfith and H. Shaiti, “The impact of enterprise resource planning on business performance: With the discussion on its relationship with open innovation,” *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, 2020, doi: 10.3390/JOITMC6030087.
- [3] S. Gupta, “Top 20 ERP Software Companies in 2021.” 2021.
- [4] T. Heston, “The Top 10 ERP Systems for 2021,” 2021.
- [5] D. Fowler, “SAP ERP: Strengths and Weaknesses,” 2015.
- [6] E. S. Johnston, “SAP ERP: An Overview of the Benefits and Drawbacks,” 2019.
- [7] V. Hassija, V. Chamola, V. Saxena, D. Jain, P. Goyal, and B. Sikdar, “A Survey on IoT Security: Application Areas, Security Threats, and Solution Architectures,” *IEEE Access*. 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2924045.
- [8] H. Landaluce, L. Arjona, A. Perallos, F. Falcone, I. Angulo, and F. Muralter, “A review of iot sensing applications and challenges using RFID and wireless sensor networks,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 9. 2020. doi: 10.3390/s20092495.
- [9] F. Costa, S. Genovesi, M. Borgese, A. Michel, F. A. Dicandia, and G. Manara, “A review of rfid sensors, the new frontier of internet of things,” *Sensors*, vol. 21, no. 9. 2021. doi: 10.3390/s21093138.
- [10] J. Park, Y. J. Kim, and B. K. Lee, “Passive radio-frequency identification tag-based indoor localization in multi-stacking racks for warehousing,” *Appl. Sci.*, 2020, doi: 10.3390/app10103623.
- [11] Y. Duroc and S. Tedjini, “RFID: A key technology for Humanity,” *Comptes Rendus Physique*. 2018. doi: 10.1016/j.crhy.2018.01.003.
- [12] W. C. Tan and M. S. Sidhu, “Review of RFID and IoT integration in supply chain management,” *Oper. Res. Perspect.*, vol. 9, 2022, doi: 10.1016/j.orp.2022.100229.

- [13] C. Herrojo, F. Paredes, J. Mata-Contreras, and F. Martín, “Chipless-RFID: A review and recent developments,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 15. 2019. doi: 10.3390/s19153385.
- [14] I. P. E. Suparwita, “Implementasi Sistem Backup Otomatis Virtual Private Server dengan CronTab,” *JELIKU - J. Elektron. Ilmu Komput. Univ. Udayana*, vol. 1, no. 2, 2012.
- [15] I. Grigorik, *High-Performance Browser Networking*. 2013.
- [16] Alex Russell, “No Title,” *Comet Low Latency Data Brows.*, 2006.
- [17] B. Ganesan, “Polling vs SSE vs WebSocket— How to choose the right one.” p. codeburst.io, 2018. [Online]. Available: <https://codeburst.io/polling-vs-sse-vs-websocket-how-to-choose-the-right-one-1859e4e13bd9>
- [18] B. A. J. Jose Ignacio Tamayo Segarra and H. Chaouchi, “New IoT proximity service based heterogeneous RFID readers collision control,” 2017.
- [19] J. H. Jeffrey Dastin, Nandita Bose, “Amazon rolls out machines that pack orders and replace jobs,” 2019, [Online]. Available: <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-automation-exclusive/exclusive-amazon-rolls-out-machines-that-pack-orders-and-replace-jobs-idUSKCN1SJ0X1>
- [20] DHL Express Portugal, “COMO A DHL ESTÁ A CRIAR ARMAZÉNS INTELIGENTES E ROBOTIZADOS.” 2021. [Online]. Available: <https://dhlexpress.pt/blog/como-a-dhl-esta-a-criar-armazens-inteligentes-e-robotizados/>
- [21] Nikkei Asian Review, “Toyota to use more robots in production to boost output,” 2018.
- [22] T. Tsusho, “Toyota Tsusho Corporation”, [Online]. Available: <https://www.toyota-tsusho.com/english/>
- [23] J. Ong, “How Zara Is Using RFID to Further Digitize Its Stores.” 2019.
- [24] Rfidcard, “ZARA Implements RFID Technology in its Store.” [Online]. Available: <https://www.rfidcard.com/zara-implements-rfid-technology-in-its-store/>