



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Marcelo Oliveira Matos

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE BUSINESS  
INTELLIGENCE NA INDÚSTRIA DE ENERGIAS  
RENOVÁVEIS**

**Dissertação no âmbito do mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada  
pelo Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz e apresentada ao Departamento  
de Engenharia Mecânica.**

Setembro de 2023



1 2



9 0

FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

# Aplicação de Ferramentas de Business Intelligence na Indústria de Energias Renováveis

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

## Implementation of Business Intelligence Tools in the Renewable Energy Industry

Autor

**Marcelo Oliveira Matos**

Orientador

**Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz**

Júri

**Presidente** Professor Doutor Cristóvão Silva  
Professor Associado da Universidade de Coimbra

**Vogais** Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz  
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viseu

**Orientador** Professor Doutor Samuel Moniz  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

---

**SIEMENS** Gamesa  
RENEWABLE ENERGY

Siemens Gamesa Renewable  
Energy Blades

Coimbra, setembro, 2023

“Success is liking yourself, liking what you do, and liking how you do it.”

Maya Angelou

Aos meus pais, irmãos e avós

## Agradecimentos

Não tenho palavras para expressar quão grato estou por esta incrível jornada acadêmica. Agradeço a todos aqueles que contribuíram para eternizar esta etapa da minha vida no meu pensamento.

Em primeiro lugar, à minha família, que esteve sempre presente, agradeço todo o apoio, amor e amizade. Aos meus pais, irmãos e avós, o meu obrigado por celebrarem comigo todas as vitórias e por tornarem quaisquer derrotas mais toleráveis.

Aos meus incríveis amigos, à Inês, ao Matheus, à Cris, à Mariana e ao António, por fazerem de Coimbra uma casa longe de casa. Por todas as noites de estudo, debates intermináveis, e pelos momentos inesquecíveis que tornaram até as dificuldades algo a ser celebrado.

Um agradecimento muito especial ao Professor Samuel Moniz, meu orientador. Agradeço pela sua paciência interminável e por acreditar em mim e no meu trabalho.

À *Siemens Gamesa*, por todo o suporte durante o meu início de carreira profissional. Um especial agradecimento, ao Engenheiro André Pinheiro, por toda a ajuda e pelas palavras amigas, e à colega e amiga Sílvia Santos, pelo suporte em todos os momentos.

E, por fim, um tributo apaixonado à cidade de Coimbra. Esta magnífica cidade dos estudantes, que não apenas alimentou o meu intelecto, mas também capturou o meu coração. Sou eternamente grato por cada rua que percorri, cada amizade que fiz e cada momento mágico que vivi aqui.

Com todo meu coração e alma, obrigado.



## Resumo

A presente investigação exemplifica o potencial transformador da *Business Intelligence (BI)* no processo de otimização dos processos de produção na indústria de pás eólicas. A tese utiliza uma abordagem multidisciplinar, combinando análise de dados, tecnologia da informação e estratégias empresariais para melhorar a tomada de decisões e a eficiência operacional. Para o estudo em questão, uma visão abrangente de todo o processo foi necessária, e não apenas o funcionamento de um conjunto isolado de máquinas e operações. O *PowerBI* prova o seu valor ao conduzir esta investigação com excelentes resultados na gestão de dados e na sua disponibilização a todos os utilizadores finais, de uma forma fácil e intuitiva, e mais eficiente do que os processos manuais habituais. No *PowerBI* é ainda desenvolvido um algoritmo de análise e processamento de dados, visando corrigir algumas falhas associadas, tanto ao processo, como ao erro humano. Para além deste, o recurso a outras ferramentas, como o uso de leitores de códigos de barras, demonstrou-se como bastante eficaz no que diz respeito à qualidade dos dados obtidos quando comparado com a digitação manual dos mesmos nos equipamentos, ou até mesmo o registo em papel. Esta medida significativa contribuiu para uma redução da taxa de erro, de 23,7% para 3,95%, o que representa uma melhoria substancial na qualidade e fiabilidade dos dados registados. Utilizando uma metodologia de estudo de caso, a investigação fornece evidências sobre a aplicabilidade das ferramentas de *BI* para a digitalização e otimização dos processos de produção, redução de custos e melhoria na gestão de inventário na produção de pás, seguida de uma abordagem de avaliação da eficácia dos resultados obtidos. O trabalho conclui com ideias que podem ser utilizadas como ponto de partida para investigação futura, não apenas neste setor.

**Palavras-chave:** *Business Intelligence*, Energias Renováveis, Eficiência Operacional, Análise de Dados, *PowerBI*



## Abstract

This research exemplifies the transformative potential of Business Intelligence (BI) in the process of optimizing production processes in the wind blade industry. The thesis uses a multidisciplinary approach, combining data analysis, information technology and business strategies to improve decision-making and operational efficiency. For the study in question, a comprehensive view of the entire process was required, not just the functioning of an isolated set of machines and operations. PowerBI proved its worth by conducting this research with excellent results in managing data and making it available to all end users, in an easy and intuitive way, and more efficiently than the usual manual processes. PowerBI has also developed a data analysis and processing algorithm to correct some of the flaws associated with both the process and human error. In addition to this, the use of other tools, such as barcode scanners, has proved to be very effective in terms of the quality of the data obtained when compared to manually typing it into the equipment, or even recording it on paper. This significant measure has contributed to a reduction in the error rate from 23.7% to 3.95%, which represents a substantial improvement in the quality and reliability of the data recorded. Using a case study methodology, the research provides evidence on the applicability of BI tools for digitizing and optimizing production processes, reducing costs, and improving inventory management in shovel production, followed by an approach to evaluating the effectiveness of the results obtained. The paper concludes with ideas that can be used as a starting point for future research, not just in this sector.

**Keywords** Business Intelligence, Renewable Energy, Operational Efficiency, Data Analytics, PowerBI



## Índice

Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tabelas .....	xi
Simbologia e Siglas .....	xii
Simbologia.....	xii
Siglas .....	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Estrutura da Dissertação .....	2
2. Enquadramento teórico.....	5
2.1. Gestão de stocks.....	5
2.2. Gestão estratégica .....	5
2.3. Sistemas de informação e a sua importância no processo de tomada de decisão ...	6
2.4. Gestão de dados .....	7
2.5. <i>Supply Chain Analytics</i> .....	8
2.6. <i>Business Intelligence</i> .....	9
2.7. <i>PowerBI</i> .....	11
2.8. Considerações finais .....	11
3. Caso de estudo .....	13
3.1. Apresentação da empresa.....	13
3.1.1. <i>Siemens Gamesa</i> .....	13
3.1.2. <i>Siemens Gamesa Vagos</i> .....	13
3.2. Processo Produtivo .....	14
3.3. Contextualização do problema.....	16
3.3.1. Máquinas de resina .....	16
3.3.2. Máquina de impregnação automática .....	17
3.3.3. Máquina de cola.....	18
3.4. Análise da situação atual.....	19
4. Abordagem metodológica.....	23
4.1. Utilização de leitores de código de barras para leitura dos números de operação	23
4.2. Obtenção de dados .....	24
4.3. Tratamento de dados .....	29
4.4. Criação de <i>dashboards</i> .....	31
5. Análise de resultados .....	37
5.1. Implementação de <i>dashboards</i> .....	37
5.2. Implementação do algoritmo de tratamento de dados .....	37
5.3. Implementação de leitor de código de barras .....	38
5.4. Impacto na fábrica .....	39
6. Conclusão .....	41

---

6.1. Limitações do trabalho.....	42
6.2. Recomendações de Trabalho Futuro.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Posicionamento da turbina eólica na fábrica de Vagos .....	14
Figura 2 - Perfil de uma pá eólica.....	15
Figura 3 - Importação de dados usando o <i>PowerBI</i> .....	27
Figura 4 - Entidades importadas para o <i>PowerBI</i> .....	28
Figura 5 - Algoritmo de processamento de dados (Linguagem M) .....	29
Figura 6 - Fluxograma do algoritmo de identificação de resets e troca de operação .....	30
Figura 7 - Dashboard principal ( <i>PowerBI</i> ) .....	32
Figura 8 - Dashboard com filtros de número e descrição de operação.....	33
Figura 9 - Dashboard com filtros pelo consumo de resina e de endurecedor por máquina. 34	
Figura 10 - Dashboard com filtros pelo consumo de resina e de endurecedor por operação .....	35
Figura 11 - Dashboard secundário ( <i>PowerBI</i> ).....	36
Figura 12 - Impacto da instalação dos leitores de códigos de barras .....	39



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Dados registados por cada equipamento .....	27
Tabela 2 - Descrição da operação (Dados do SAP).....	28

## SIMBOLOGIA E SIGLAS

### Simbologia

$\mu$  – Média dos valores da amostra

$\sigma$  – Desvio padrão dos valores da amostra

### Siglas

BI – Business Intelligence

IBC – *Intermediate Bulk Container*

MIA – Máquina de Impregnação Automática

MRP – *Material Requirement Planning*

NAS – *Network Attached Storage*

OLAP – *OnLine Analytical Processing*

PDP – Plano Diretor de Produção

PS – *Pressure Side*

RFID – *Radio Frequency Identification*

SAP – *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*

SS – *Suction Side*

# 1. INTRODUÇÃO

Vivemos atualmente na era da informação, caracterizada pela produção massiva e contínua de dados e pela disseminação em larga escala destes. A cada segundo, uma grande quantidade de informações é gerada a partir de todos os setores da sociedade, desde as redes sociais até às indústrias altamente especializadas de alta tecnologia. Esta realidade tem impulsionado a necessidade de se desenvolverem ferramentas capazes de recolher, organizar e analisar essas informações de maneira eficaz. A gestão adequada desses dados pode desbloquear novos *insights*, melhorar a eficiência operacional e fornecer uma vantagem competitiva significativa às organizações.

Neste contexto, surge a *Business Intelligence (BI)*, uma disciplina desenvolvida visando transformar grandes quantidades de dados brutos em informação significativa e útil para análises de negócios estratégicas. Ela combina técnicas de análise de dados, tecnologias de informação e conhecimentos de negócios para facilitar a tomada de decisões empresariais mais informadas. As ferramentas de *BI* são projetadas para lidar com a complexidade e a escala dos dados comuns no ambiente de negócios moderno, fornecendo uma plataforma para a análise de dados em tempo real, a visualização de dados e a geração de relatórios.

A energia eólica tem-se destacado como uma das principais fontes de energias renováveis mundialmente, devido à sua natureza inesgotável, a sua sustentabilidade e o seu impacto relativamente reduzido no meio ambiente. No entanto, a fabricação de pás eólicas é um processo complexo e multifacetado que envolve diversas etapas, desde o *design* e engenharia até à produção e manutenção. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo aprofundar o papel que a *Business Intelligence* pode desempenhar na indústria das energias renováveis, mais especificamente no setor de fabrico de pás eólicas.

## 1.1. Objetivos

A elevada percentagem de tarefas executadas de forma manual na produção de pás eólicas incitou a implementação de ferramentas capazes e eficazes na tentativa de

redução do erro associado. Como tal, a resposta deve passar pela criação de métodos digitalizados e automatizados.

Assim sendo, a pergunta de investigação do presente estudo é: “Como reduzir o erro associado aos registos dos compostos químicos utilizados no fabrico de pás eólicas?”.

Como resposta ao objetivo principal, foram definidos objetivos específicos.

O primeiro objetivo visa focar na redução do erro associado aos processos manuais recorrendo a novas tecnologias. Consequentemente, o segundo objetivo será a criação da possibilidade de partilha de informações de modo transversal a toda a organização, devendo a recolha e tratamento dos dados ser o mais fidedignos possível.

## **1.2. Estrutura da Dissertação**

O trabalho apresenta-se dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo surge como uma introdução ao tema, fornecendo uma visão geral do que será abordado ao longo do trabalho.

O segundo capítulo estabelece a base para a compreensão do papel da *Business Intelligence (BI)* neste contexto. Serão exploradas as origens e a evolução da *BI*, as principais ferramentas e técnicas utilizadas, bem como os desafios mais comuns que as organizações enfrentam ao implementar soluções de *BI*.

O terceiro capítulo apresenta um estudo de caso detalhado sobre a aplicação de ferramentas de *BI* na produção de pás eólicas. É ainda, explorada a situação atual e como a *BI* pode ser utilizada para melhorar a eficiência e eficácia dos processos de produção de pás eólicas, identificando oportunidades para otimizar a produção, reduzir custos e ainda melhorar a qualidade do produto final. Além disso, é abordado como a *BI* pode auxiliar na previsão da procura, na gestão de inventário e na manutenção das pás eólicas.

No quarto capítulo é discutida a implementação prática de uma solução de *BI* na produção de pás eólicas – aspetos como a seleção de ferramentas de *BI*, a integração com sistemas existentes, a gestão de dados, a visualização de dados e a análise em tempo real. O objetivo desta parte é fornecer uma visão prática, demonstrando a implementação de *BI* nesta indústria.

O quinto capítulo incide sobre a análise dos resultados obtidos e explora propostas para trabalhos futuros no mesmo âmbito.

No último capítulo, Conclusão, resumam-se os principais contributos do trabalho e as implicações para a indústria das energias renováveis e para o campo da *Business Intelligence*.

Ao longo deste trabalho, é enfatizada a importância da *Business Intelligence* como uma ferramenta estratégica para a tomada de decisões informadas, a melhoria da eficiência operacional e a criação de vantagem competitiva na indústria das energias renováveis. Mediante uma análise detalhada e uma discussão aprofundada, o estudo remete para a compreensão e a aplicação efetiva da *BI* na produção de pás eólicas.

As ferramentas de *Business Intelligence* têm o potencial de revolucionar a indústria das energias renováveis, permitindo que as organizações otimizem os seus processos e se tornem mais competitivas. Por isso, é importante que as empresas entendam e explorem as possibilidades da *BI* para produção de pás eólicas.



## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1. Gestão de stocks

O material que uma empresa mantém de modo a garantir as necessidades de produção e vendas é denominado de *stock*. Este é essencial para que as atividades produtivas se mantenham sem que haja perturbações. A inexistência de inventário pode levar a paragens de produção e, por outro lado, em quantidades excessivas, traduz-se em custos de armazenamento muito elevados para a organização (Eveline et al., 2019).

Estando os temas de inventário e gestão de capacidade intrinsecamente ligados, na grande maioria dos artigos publicados neste sentido, estes temas são abordados em separado. Apenas em 7% destes estudos são mencionados ambos os tópicos. A principal razão para esta abordagem isolada está relacionada com a dimensão dos problemas que, pela sua complexidade, em cadeias de abastecimento com dimensão considerável, tornar-se-iam abordagens holísticas de dimensão considerável. Na prática, os prazos de produção e transporte das matérias-primas, bem como os *lead times*, definidos, permitem que, posteriormente, os gestores de *stocks* tomem decisões relativas a stocks de segurança, datas de entrega, tipos de transporte e quantidades, sendo deste modo estas temáticas analisadas isoladamente (Song et al., 2020).

O objetivo da gestão de *stocks* é, portanto, calcular e garantir o nível ótimo de stock de modo a garantir os objetivos da organização.

### 2.2. Gestão estratégica

Segundo Grainger-Brown & Malekpour (2019), a gestão estratégica é o processo de tomada de decisão e ação que determinará o desempenho de uma organização. Este, sendo um processo contínuo, engloba a definição de objetivos, análise interna e externa de uma organização, a criação de uma estratégia e a sua implementação e controlo.

Deste modo a gestão estratégica é estruturada em quatro fases:

- A primeira fase é a definição dos objetivos, a longo prazo, que a empresa ambiciona alcançar.
- Seguidamente é efetuada uma análise pormenorizada, quer interna, quer externamente. Um exemplo de uma ferramenta com uma grande aplicabilidade nesta área é a análise *SWOT*: são analisados os pontos fortes (*Strengths*), os pontos fracos (*Weaknesses*), as oportunidades (*Opportunities*) e as ameaças (*Threats*). Os dois primeiros estão inteiramente relacionados com a análise interna de uma organização, enquanto que os últimos se relacionam com o ambiente externo. São, assim, identificadas as possíveis opções estratégicas. Uma vez identificados os objetivos e as opções estratégicas mais viáveis, é efetuado um alinhamento tendo em conta as análises, tanto externa como interna, formulando uma estratégia.
- Após formulada, a estratégia, é então implementada. De modo a praticar a estratégia definida, as principais medidas aplicadas são a atribuição de recursos, lançamento de outros serviços e/ou produtos, reestruturação da organização, entre outros.
- Por fim, o plano deve ser monitorizado e avaliado pela organização de modo a serem efetuados os ajustes necessários e tomadas as medidas adequadas, visando garantir que o plano determinado rumo em direção aos objetivos.

Em suma, uma organização deve estar em constante processo de adaptação e mudança para garantir o seu sucesso e longevidade. Para tal, as decisões deverão ser nutridas de dados e informações (Tucker, 2013).

### **2.3. Sistemas de informação e a sua importância no processo de tomada de decisão**

Os sistemas de informação desempenham um papel fundamental no processo de tomada de decisão de uma organização. Para tomar decisões informadas, estes fornecem dados e informações necessárias, muitas vezes com o suporte de tecnologias e ferramentas para a análise e interpretação dos mesmos (Qi, 2020).

O principal apoio do processo de tomada de decisão é a existência de dados precisos e atualizados que identificarão oportunidades e avaliarão riscos, permitindo assim a tomada de decisões informadas.

Os dados são factos que são coletados e armazenados, mas só adquirem significado quando são processados e transmitidos/comunicados de forma a agregar conhecimento ao recetor (Kache & Seuring, 2017).

Contrariamente aos dados, as informações podem ser relacionadas com o futuro, tornando-se assim relevantes no processo de tomada de decisão. Assim sendo, a informação reduz a incerteza para o *decision-maker*, auxiliando-o na identificação das alternativas disponíveis e/ou prevendo as consequências da seleção de uma alternativa. Os sistemas de informação fornecem, deste modo, as ferramentas necessárias para o auxílio da interpretação dos dados e permitem que estes sejam facilmente utilizados (Wieder & Ossimitz, 2015).

As organizações que estão interessadas em melhorar a qualidade do processo de tomada de decisão devem caminhar no sentido de desenvolver uma infraestrutura de tecnologia de informação que representará uma abordagem holística às operações de negócios, clientes, fornecedores, entre outros. Outro aspeto importante é a possibilidade de automatização de tarefas rotineiras que, ao serem realizadas com menor probabilidade de erro humano, reduzem a quantidade de dados incorretos e melhoram significativamente a eficiência (Kopáčková & Škrobáčková, 2006).

Os requisitos supramencionados são amplamente compreendidos como sistemas de *Business Intelligence (BI)*. Estes sistemas servem para apoiar a tomada de decisão a todos os níveis de gestão. Diferem dos sistemas de informação tradicionais, fundamentalmente, por serem abrangidos por uma gama bastante mais ampla de fatores e pelas análises multivariadas de dados semiestruturados que provêm de diferentes fontes para posterior apresentação multidimensional (Olszak, 2016).

Além disso, estas ferramentas contribuem para um melhor sistema de informação na medida em que permitem que os mais recentes dados sejam consultados em diferentes locais, assegurando que a informação está disponível às pessoas que dela necessitam.

## 2.4. Gestão de dados

A gestão de dados engloba os processos de recolha, armazenamento, organização e análise de dados para apoio de processos produtivos e de tomada de decisão.

Uma competente gestão de dados é importante para garantir que as decisões tomadas sejam eficientes e com base na informação (Raptis et al., 2019).

A principal dificuldade aferida no processamento dos dados é referente à qualidade do seu conteúdo. Neste âmbito, Lv & Qiao (2020), afirmaram a existência de quatro dimensões para avaliar a qualidade dos dados: precisão, integridade, oportunidade e consistência. Destacaram ainda que, destas quatro, a mais mensurável é a precisão, uma vez que este valor é dado pela diferença do valor registado relativamente ao valor real. A oportunidade, sendo uma referência qualitativa que avalia a disponibilidade dos dados no momento certo, é também facilmente interpretada. A integridade tem como ponto de referência os dados completos e, deste modo, é dada em função da proporção da falta dos mesmos. Por outro lado, a avaliação da consistência é bastante mais complexa, uma vez que é calculada com base em fundamentos estatísticos.

Com o avanço tecnológico das últimas décadas, o aumento do volume dos dados coletados fez com que a complexidade para os gerir aumentasse.

Outro aspeto importante nesta temática é o armazenamento dos dados de diversas fontes e de forma centralizada, para um acesso e análise facilitados.

## **2.5. Supply Chain Analytics**

O termo *Supply Chain Analytics* está integralmente ligado à extração e geração de dados, tornando-os informações significativas para os gestores. É um conceito que tem adquirido uma maior relevância tendo em vista a quantidade de dados gerados e capturados pelos sistemas de gestão da cadeia de abastecimento (Dubey et al., 2021).

De modo a otimizar a gestão da cadeia de abastecimento, é necessário que os dados sejam recolhidos e que os números sejam analisados, permitindo a geração de informações cruciais para os gestores.

Segundo Sahay & Ranjan (2008), o maior desafio que as empresas enfrentam é a construção de ferramentas analíticas, baseadas na cadeia de abastecimento de dados provenientes de diversas fontes.

Para além das principais áreas do *Supply Chain Analytics* – previsão da procura e desempenho de fornecedores –, estes indicadores são comumente aplicados em gestão de inventário, planeamento de produção e otimização logística (Boone et al., 2019).

Em conformidade com Souza (2014), a análise da cadeia de abastecimento foca-se no uso de ferramentas analíticas e informações para melhorar a tomada de decisão sobre fluxos de materiais. Assim sendo, esta análise recorre a métodos analíticos para responder ao desfasamento entre a oferta e a procura. Uma decisão bem planeada e implementada acarreta benefícios diretamente conectados com os custos de aprovisionamento, transporte e armazenamento.

Para interpretar informações pré-processadas, aprovisionar um acesso rápido às mesmas, controlar o acesso de *end-users* e dispor as variáveis de diferentes perspetivas, o uso de ferramentas de BI é indispensável. Através do uso desta ferramenta para a gestão da cadeia de abastecimento é possível aumentar a habilidade de um gestor tomar decisões em função dos resultados do negócio. A utilização destes dados visa melhorar a eficiência, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente (Ahmad et al., 2020).

## **2.6. Business Intelligence**

O conceito de *Business Intelligence (BI)* é definido como uma ferramenta com capacidade de análise de dados de diferentes fontes, proporcionando informação viável e sustentada, permitindo aos colaboradores tomarem decisões táticas ou estratégicas (Ahmad et al., 2020).

Há cerca de duas décadas, ferramentas de *BI* eram utilizadas na monitorização de alterações nos sistemas de origem, extração de dados, tratamento e disponibilização dos mesmos. De realçar que, devido a limitações da época, parte dos dados não se encontravam disponíveis em tempo real. Atualmente o conceito de *BI* implica esta análise em tempo real, com “latência zero” (Bordeleau et al., 2020).

Segundo Hightower (2014), Business Intelligence pode ser estruturado sob a forma de uma pirâmide. No topo está presente o *software*, chamado de *dashboard*. O *dashboard* é a plataforma de consulta e interação que é utilizada pelos *end-users*. Através do uso de *dashboards* é possível uma interação rápida e com um grau de complexidade menos elevados, quando comparados com os métodos tradicionais. A secção central é um *OnLine Analytical Processing (OLAP)* – manipulação e análise de grandes quantidades de dados sob diversas perspetivas. O nível inferior da pirâmide é constituído por geradores de relatórios pré-formatados, principalmente para fins de gestão operacional.

Existem algumas características que uma ferramenta de *BI* deve conter para que o seu propósito seja respondido. Em conformidade com os autores Jalil et al. (2019), são quatro as características de principal relevância no que concerne ao exercício do *BI*:

1. Processamento rápido de dados: os dados podem ser acedidos em qualquer momento, garantindo que velocidade e a capacidade de processamento de dados é garantida;
2. Análises correlacionais inteligentes: desenvolvidas de acordo com as regras de processamento de dados pretendidas, as ferramentas de *BI* utilizam ferramentas matemáticas de modo a gerar material científico decisivo para a tomada de certas decisões;
3. Objetos analisados multidimensionalmente: cada termo de consulta possui informação relativa a várias variáveis para um mesmo objeto, sendo possível obter análises combinadas;
4. Análise de resultados progressiva: existindo um histórico relativo às variáveis em análise, o *BI* pode fornecer os dados para a tomada de decisão mais específicos por meio de seleção progressiva e análise contínua.

Relativamente ao processo de implementação de um sistema de *BI*, Azma & Mostafapour (2012) defendem que inicialmente é requerida uma base de dados com informação operacional e, com estes dados, decidir a informação a ser descrita e representada. Sucessivamente é utilizado um *software* que permita a geração de relatórios sobre as competências determinadas, para assim disponibilizar informação corporativa relevante. Sendo estes processos de inteligência dinâmicos e interativos, o utilizador, que detêm questões sobre determinado assunto, pode obter as respostas pretendidas de forma cíclica. Este processo de inteligência, pode então ser descrito em 4 etapas:

1. Planeamento – Nesta fase são identificadas as questões às quais é necessária a obtenção de uma resposta fundamentada;
2. Processo de obtenção de dados – Os dados são recolhidos e importados para o *software* que os processará. Como estes dados estão em bruto, devem ser processados e refinados para que possam ser considerados relevantes;
3. Processamento da informação – São processados os dados e criadas as relações entre eles. Os registos são tratados para que seja destacado o mais relevante;
4. Análise e obtenção de informação – Utilizando técnicas de dados combinadas é possível o processo de inteligência. Os utilizadores terão respondidas as suas questões

pelas variadas ferramentas disponíveis (gráficos, diagramas, relatórios de resposta, entre outras) e a consulta através de outros “ângulos” levará à repetição do ciclo de resposta.

## **2.7. PowerBI**

O *PowerBI*, desenvolvido pela Microsoft, é uma aplicação suprida de ferramentas analíticas, com um forte potencial para uso a nível empresarial, capaz de efetuar análise de dados de diversas fontes – folhas de cálculo, ficheiros de texto, bases de dados, entre outras (Krishnan et al 2017).

A visualização de dados é o processo de compreensão do seu significado através de meios visuais e para efetuar esta análise existem várias técnicas, dinâmicas e por vezes interativas, tais como gráficos, histogramas, tabelas e matrizes. Neste sentido o *PowerBI* é uma ferramenta imprescindível para esta análise (Albara et al., 2021).

A proposta de valor deste *software*, para além de conter as diversas funcionalidades do *Excel*, destacam-se por esta ser uma aplicação de uso autónomo e gratuito, por ser um serviço em nuvem e pela excelente combinação de ferramentas de cálculo e recursos visuais (Okechukwu, 2022).

## **2.8. Considerações finais**

Paralelamente ao crescimento das organizações com o avançar do tempo, os dados gerados pelas mesmas e a necessidade de geri-los torna-se uma atividade que requer um esforço crescente.

As ferramentas de *BI* desempenham um papel importante nos fluxos de dados e informações ao longo de toda a cadeia de abastecimento. Estas ferramentas permitem recolher, analisar e interpretar dados de fontes variadas como bases de dados de clientes, sistemas logísticos e sistemas de inventário, que poderão ser utilizados para ajudar as organizações no processo de tomada de decisões, através de tendências e padrões.

Outra vantagem destes *softwares* é a visão em tempo real do desempenho da cadeia de abastecimento, permitindo respostas mais rápidas, evitando possíveis problemas como atrasos ou perturbações da cadeia de abastecimento, efetuando os ajustes necessários para a maior eficiência.

Por fim, a capacidade de analisar grandes quantidades de dados de variadas fontes permite a existência de uma visão abrangente sobre a organização, permitindo-lhe tomar decisões que visam reduzir custos, melhorar a eficiência e, ainda, aumentar a sua competitividade e viabilidade. Permite também uma melhor colaboração e comunicação entre os diversos departamentos.

Existem também desvantagens nos sistemas de *business intelligence*, maioritariamente associados à sua implementação. Estas devem-se principalmente aos elevados custos de implementação e manutenção, à complexidade na integração destes sistemas com outros pré-existentes e com bases de dados, à existência de dados por vezes imprecisos ou de má qualidade e à resistência dos *stakeholders* e colaboradores à utilização de novas ferramentas.

### 3. CASO DE ESTUDO

Este capítulo foca-se no caso de estudo escolhido para esta dissertação. Aqui é apresentado o contexto no qual a pesquisa foi conduzida, estabelecendo uma base sólida para a análise subsequente.

#### 3.1. Apresentação da empresa

O subcapítulo 3.1 tem como objetivo apresentar detalhadamente a empresa que serve como caso de estudo. Serão abordadas informações essenciais como histórico, setor de atuação e relevância para a pesquisa em questão.

##### 3.1.1. *Siemens Gamesa*

A empresa *Gamesa*, fundada em 1976, em Vitória, Espanha, iniciou a sua atividade na gestão de projetos industriais, na área da metalúrgica. Mais tarde, em 1994, é inaugurada a *Gamesa Eólica*, especializando-se em aerogeradores. Nos anos subsequentes, iniciou a construção de parques eólicos, e com a aquisição de conhecimentos nesta área, direcionou o negócio para uma gestão integrada de energia eólica: produção de pás e aerogeradores, assistência técnica nos produtos e venda de energia eólica.

Durante o crescimento da organização, várias empresas foram sendo adquiridas, aumentando assim a margem de atuação, quer a nível geográfico, quer a nível produtivo.

Recentemente, em 2017, deu-se a maior fusão do grupo, *Gamesa* e *Siemens Wind Power*. Ambas com um vasto portfólio na indústria eólica, totalizando a sua presença em 90 países.

##### 3.1.2. *Siemens Gamesa Vagos*

A Ria Blades surge no ano de 2007, no âmbito de um concurso público lançado pelo governo português, com o objetivo de produção de pás eólicas. Nos anos posteriores foram contratados os primeiros colaboradores e assim dadas as primeiras formações.

Em 2011 foi exportado o primeiro *set* de pás – conjunto de três pás eólicas – , cada uma com 45,2 metros. No ano de 2013, terá sido atingida a meta de mil pás eólicas produzidas. Em 2015, já eram fabricados seis modelos diferentes em nove moldes. Nesse mesmo ano, com o objetivo de tornar a Ria Blades uma empresa mais sustentável, é instalada uma turbina eólica para auto-consumo (Figura 1).



**Figura 1 - Posicionamento da turbina eólica na fábrica de Vagos**

Em 2019, devido ao processo de insolvência da antiga empresa mãe (*Senvion*), é despertado o interesse de compra desta unidade industrial por parte da *Siemens Gamesa*. Em abril de 2020, esta unidade passa a pertencer à *Siemens Gamesa*.

No ano de 2021, com cerca de 1100 trabalhadores, a empresa atinge o marco histórico de produção de 300 pás eólicas do projeto *SG145* (70 metros), em pouco mais de um ano de produção. Atualmente são ainda produzidos outros dois modelos (*SG155* com 70 metros e *SG170* com 82,5 metros) em seis moldes.

Observa-se que no concelho em que fábrica se encontra, é a principal empregadora de Vagos.

### **3.2. Processo Produtivo**

As principais matérias-primas das pás eólicas são resina epóxi (poliepóxido), catalisador, fibras de vidro, balsa e espuma.

Tendo em vista a tensão que será exercida em cada ponto da pá, os materiais são escolhidos consoante as suas propriedades para que o seu comportamento mecânico seja o mais adequado.

A resina, combinada com o endurecedor, apresenta uma elevada rigidez. Neste sentido, a função das fibras de vidro será o aumento da ductilidade do material, mantendo uma elevada robustez. A balsa e a espuma são colocadas, em primeiro, para reduzir significativamente o peso da pá e, em segundo, para conceder a flexibilidade necessária nos pontos que assim o necessitam.

Analisando os constituintes da pá, isto é, os pré-componentes da pá – *pre-fabs* – existem as *roots*, as *webs* e as *caps*.

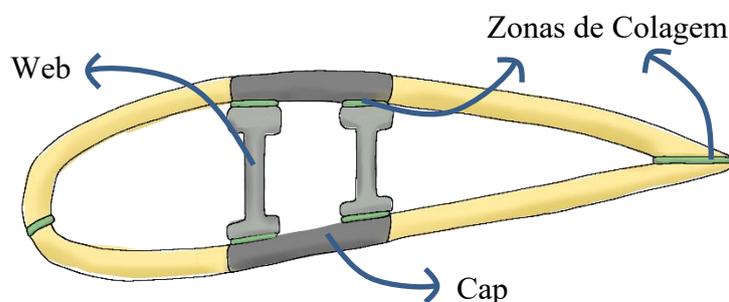


Figura 2 - Perfil de uma pá eólica

As *roots* são estruturas com forma semicilíndrica, cuja função é o acoplamento da pá eólica à *nacelle*. Cada pá é composta por duas *roots*, uma no lado *SS*, outra no lado *PS*. Estes elementos são compostos por cerca de 100 camadas de fibra impregnadas com resina.

Anexadas a cada *shell* estão as *caps*, que são estruturas dispostas longitudinalmente. Dentro dos *pre-fabs*, este é o constituinte mais dispendioso e que, portanto, requer uma maior atenção. Isto deve-se principalmente à elevada quantidade de fibras que o compõe e à sua elevada dimensão.

Na zona central, entre as duas *shells*, encontram-se as *webs*, que apesar de serem estruturas com menos camadas de fibras que as *caps*, também são estruturas de reforço da pá.

### 3.3. Contextualização do problema

Os componentes supramencionados são parcialmente constituídos por compostos químicos – resinas, colas, massas e tintas. Para que haja um uso controlado destes compostos, são dispensados por máquinas que através de caudalímetros indicam informação relativa ao consumo.

Estes dados são registados pelos colaboradores durante o processo em questão, e posteriormente entregues ao departamento logístico para registo computadorizado.

Mais tarde são utilizados pelo departamento financeiro, para que possam ser calculados os custos de produção de cada operação e, conseqüentemente, de cada pá.

#### 3.3.1. Máquinas de resina

O processo de abastecimento de resina inicia-se com a chegada dos materiais à unidade fabril. O material fica armazenado em camiões-cisterna – os *Bulks*, com uma capacidade de 23 metros cúbicos –, que são reabastecidos quando se encontram com um baixo nível de ocupação. Quando os nove moldes principais, responsáveis pela produção das pás eólicas, operam a plena capacidade, o consumo médio de material é de um camião-cisterna completo por dia.

No local existe capacidade instalada para quatro *Bulks* de resina, mas de momento o aprovisionamento do material é efetuado com apenas três. Estas cisternas encontram-se numa área de transferência de material, na zona exterior da fábrica, e são acopladas à central de desgaseificação através de duas linhas.

Na central de desgaseificação é retirado o ar destes compostos, pois bolhas de ar na resina podem gerar problemas de qualidade e, deste modo, comprometer a vida útil de uma pá eólica. Este processo envolve algumas transformações físicas do material, para que com temperatura, humidade e pressão controladas seja possível a remoção das bolhas de ar na maior proporção possível. Devido às limitações do processo relativamente à capacidade instalada, a cadência do sistema é de 20 *kg/min* no máximo.

Depois de desgaseificado, o material está pronto a ser abastecido nas diferentes máquinas que irão suprir a linha de produção.

Relativamente ao processo de abastecimento do endurecedor, este é fornecido à fábrica em *Intermediate Bulk Containers (IBCs)* (em *bidons* de 1000L) e não há a

necessidade de efetuar a desgaseificação. Assim sendo, este material é de igual modo abastecido através de duas linhas até à estação de abastecimento.

Existem quatro locais possíveis para o fornecimento destes compostos químicos às máquinas, sendo que quando são colocadas num destes para serem abastecidas é feita uma validação. Através de *Radio Frequency Identification (RFID)* é garantido que cada máquina é aprovacionada com as quantidades corretas de material, pois uma leitura errada deste sistema impede o início do processo de abastecimento. É de igual modo imperativa esta verificação para que o sistema coordene a abertura e fecho de válvulas para o correto direcionamento do material.

Depois de validadas as verificações, é iniciado o processo de abastecimento da máquina até um nível médio de 80%. Esta taxa corresponde a aproximadamente 600 quilogramas de resina e 175 quilogramas de endurecedor.

Após o abastecimento das máquinas, estas, quando necessárias, serão estrategicamente posicionadas ao longo do molde para iniciar o processo de infusão de resina e endurecedor nas fibras, para posterior catalisação.

Na linha de produção a primeira atividade consiste na conexão da máquina com a rede elétrica e rede pneumática. Depois de ligada, é inserido pelo colaborador o número da operação. Este colaborador acompanha todo o processo e, quando o processo de infusão de resina termina, o mesmo regista os valores dos consumos em papel.

Os registos efetuados no processo são colocados na parte exterior da máquina, para posterior recolha pelos colaboradores logísticos.

### **3.3.2. Máquina de impregnação automática**

Uma das máquinas de resina, que consome resina de laminação manual, é a Máquina de Impregnação Automática (MIA), cuja função é a impregnação de fibras com largura não superior a 1500 mm. Este equipamento debita resina epóxi e endurecedor, com um rácio controlado e de modo automático, de acordo com as parametrizações corretas.

O método de funcionamento do equipamento baseia-se em três principais processos:

1. O transporte das fibras: que é garantido pelo tapete rolante ao longo de toda a máquina. A velocidade do tapete é parametrizada de acordo com a quantidade de material a impregnar.

2. A impregnação da resina: neste módulo é debitada resina com endurecedor através do pente difusor. Este pente suspenso executa um movimento linear, transversal à direção do tapete, e a amplitude do movimento é definida pela largura da fibra.

3. A compactação: onde um rolo compactador acelera o processo de impregnação, aumentando assim a eficiência do processo.

O abastecimento desta máquina é executado de forma distinta comparativamente com as máquinas de resina. O material que abastece a MIA, chega à fábrica em *IBCs*, tanto a resina como o endurecedor, que são posteriormente transferidos para um carro com dois depósitos. Seguidamente, este carro é deslocado para junto da MIA, para permitir o fornecimento de material à mesma.

Várias alternativas foram estudadas para a melhoria do processo de abastecimento desta máquina, sendo de destacar a instalação de canais subterrâneos. Contudo, o baixo consumo desta, aliado à distância a que se encontra da central de abastecimento, inviabilizaram tal estrutura.

Nesta máquina o processo de registo dos dados é bastante semelhante ao efetuado nas máquinas de resina, sendo os colaboradores responsáveis pelo preenchimento manual de formulários, registando desta forma os consumos ilustrados no monitor da máquina. Posteriormente, a equipa da logística dirige-se ao local onde se encontra a máquina, para efetuar a recolha e recolocação dos formulários de preenchimento.

O processo de funcionamento da MIA é também bastante semelhante ao das máquinas de resina, com a particularidade de que neste processo existe a necessidade acrescida de inserir a parametrização de funcionamento da máquina de acordo com o tamanho da fibra.

### **3.3.3. Máquina de cola**

O sistema de abastecimento das máquinas de cola é semelhante ao da MIA: o material chega à fábrica em *bidons* de 200L, tanto a cola, como o catalisador, sendo transferido para as máquinas de cola numa central de abastecimento com dois postos.

Posteriormente, o processo é análogo ao das máquinas de resina: a máquina é colocada junto ao molde e os colaboradores da equipa da produção executam as tarefas de colagem. O registo dos consumos é preenchido em formulários manuais, semelhantes aos das demais áreas.

### **3.4. Análise da situação atual**

Atualmente, os registros dos dados, efetuados pelos colaboradores da produção aquando da execução das operações, são efetuados em papel. Os formulários de preenchimento são colocados em pastas que acompanham cada máquina. Estes formulários são colocados diariamente por colaboradores logísticos, que consoante o plano de produção (PDP), deliberam as operações a serem efetuadas por cada máquina.

Durante a operação desta complexa maquinaria e dos processos associados, são identificadas várias situações possíveis de gerar constrangimentos, afetando a eficiência da atividade a vários níveis. Os constrangimentos identificados são diversos e apresentam diferentes níveis de complexidade, e a sua resolução requer abordagens cuidadosas e precisas. As principais situações identificadas são cinco.

#### **C1. Dificuldades de interpretação da caligrafia**

Dada a natureza manual do preenchimento dos formulários, uma dificuldade muito comum é a legibilidade da caligrafia. Os membros da equipa podem ter estilos de escrita muito distintos, e alguns podem ser difíceis de decifrar para os colaboradores do setor logístico que precisam ler e interpretar os valores digitados. Este desafio é ainda maior quando os membros da equipa estão apressados. A ilegibilidade pode levar a uma interpretação incorreta dos valores e consequentemente a erros de dados e de gestão de *stock*.

#### **C2. Perda de documentos**

Outra questão significativa é a perda de documentos, uma vez que podem decorrer vários dias entre a data em que os formulários são preenchidos e a data em que são transcritos para o sistema informático. Esta lacuna temporal pode dificultar a repetição exata dos valores descritos nos documentos, caso estes se percam. Esta situação pode causar uma rutura na sequência de produção e levar a atrasos ou erros.

#### **C3. Falhas de energia**

Um acontecimento súbito e incontrolável como uma falha de energia pode ter consequências devastadoras. Durante uma falha de energia, os dados relativos ao consumo até ao momento da falha podem ser perdidos, já que o material consumido não é considerado

---

e a máquina reinicia o contador parcial com um valor de zero. Isto pode levar a discrepâncias significativas entre os dados de consumo registados e a realidade, e requer medidas de mitigação e de contingência para assegurar que tais perdas de dados sejam minimizadas.

#### **C4. Resets de máquinas**

Similarmente, a realização de um *reset* pode resultar na perda de dados. Visto que os colaboradores da produção têm a capacidade de realizar um *reset* nas máquinas com relativa facilidade, existe o risco de os dados serem perdidos acidental ou inadvertidamente. Esta situação requer um melhor treino e sensibilização dos colaboradores para o impacto potencial de um *reset* no registo e gestão dos dados.

#### **C5. Erros de inserção do número de operação nas máquinas**

Devido à natureza manual do processo de introdução do número de operação nas máquinas, tal pode incorrer em erros de dados, através de uma digitação errada, e afetar a precisão da identificação das operações. Tal, requer uma revisão do processo de inserção do número de operação e, potencialmente, a implementação de uma ferramenta ou processo de verificação para a minimização dos erros.

Ademais, atualmente, os dados são registados na base de dados, contudo, devido ao difícil acesso de consulta e à imprecisão dos mesmos, são raramente verificados, sendo apenas utilizados pela equipa de automação. Esta equipa é também responsável pela limpeza dos dados, que só após esta análise, os transmitem às demais equipas.

Dos problemas anteriormente enumerados, o primeiro – dificuldades de caligrafia – e o quarto – *reset* da máquina – mostram-se mais frequentes. Tais situações têm o potencial de gerar complicações adicionais em múltiplas instâncias dentro da operação.

Através de uma análise mais detalhada, é possível verificar que estes problemas afetam a gestão do controlo de *stock*. Quando há um registo incorreto dos consumos – seja por dificuldades na leitura da caligrafia, seja por *resets* inesperados – as informações fornecidas pelo programa de gestão de *stocks* podem estar imprecisas. Tal imprecisão pode se manifestar tanto na forma de um excedente, como num défice, quando comparada com os valores reais de consumo. Deste modo, a confiabilidade dos dados do sistema é comprometida e a gestão efetiva do *stock* torna-se um desafio.

Considerando os principais tipos de erros cometidos, a tendência da inconsistência destes dados tende a apresentar valores mais elevados no sistema informático quando comparados com os valores reais. Esta discrepância causa um impacto direto no *MRP (Material Requirement Planning)*, que, baseando-se em dados imprecisos, não é executado de maneira correta. A consequência deste erro pode ser a falta de acionamento do pedido de compra de material no momento exato, o que pode levar à ruptura de *stock*, determinando uma paragem de produção com custos de interrupção fabril extremamente elevados.

Outro problema que decorre do método atual de operação é o atraso e a incerteza no momento de recolha das máquinas junto aos moldes. Quando os processos que utilizam as máquinas de produtos químicos chegam ao fim, é da responsabilidade dos colaboradores logísticos a recolha e o abastecimento das máquinas. O pedido de recolha das máquinas é desencadeado por uma chamada telefónica de um membro da produção para o setor logístico. A partir daí, dependendo da disponibilidade de meios e de mão-de-obra, é tomada uma decisão sobre o horário de recolha das máquinas. Esta descentralização de informação relativa ao processo de transporte das máquinas dificulta previsões horárias em ambas as direções, uma vez que cada departamento toma decisões de forma independente.

Um outro ângulo de preocupação significativa é refletido no setor financeiro. Este setor é responsável por efetuar os registos financeiros do consumo de materiais por operação e, conseqüentemente, por cada pá eólica produzida. No final de cada mês são realizados cálculos para apurar os custos de cada operação. Como este departamento recebe dados provenientes de vários outros setores da fábrica, os erros cometidos ao longo de todo o processo impactam os dados financeiros. Os métodos utilizados para contornar estas incongruências nem sempre são os mais corretos e adequados, além de exigirem cargas de trabalho excessivas aos funcionários. Para além da dificuldade em calcular os custos corretos de cada operação, há ainda a dificuldade acrescida de justificar os consumos de material excedente – ou seja, o material que, teoricamente, não foi consumido. Esta situação cria um paradoxo que necessita de resolução eficiente para garantir uma gestão financeira correta e transparente.



## 4. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Neste capítulo, é detalhado o método utilizado para otimizar o processo de recolha e análise dos dados, apresentando as ferramentas empregues para essa finalidade. A discussão é iniciada com uma melhoria aplicada na operação produtiva, com o objetivo de minimizar os dados enviesados. Posteriormente, é minuciado o processo de recolha de dados, partindo das máquinas e culminando na base de dados onde são armazenados. Finalmente, será apresentado o modelo do fluxo de informação, bem como os *dashboards* que foram criados para o controlo e análise dos dados.

### 4.1. Utilização de leitores de código de barras para leitura dos números de operação

Um dos problemas identificados no processo produtivo é a inserção incorreta dos números de operação nas máquinas. Os colaboradores, por vezes, inserem números de operação errados durante o processo produtivo, e esta imprecisão resulta num registo totalmente incorreto da tarefa realizada.

No início deste estudo, a fábrica era já detentora de um sistema de leitura de códigos de barras, contudo este apenas era utilizado para o registo de horas de trabalho por operação. Um colaborador que inicia o seu turno efetuando uma determinada tarefa, tem de registar o início e o fim desta atividade. O registo do início da operação é realizado de duas formas, sendo a primeira através da leitura do seu cartão de identificação e da leitura do código de barras da operação em questão e, seguidamente, pela transcrição manual do código numérico da operação na máquina que será utilizada no processo. Importa salientar que as operações que envolvem consumos químicos já estão corretamente identificadas nas folhas de picagem, pelo código de barras e o numérico, para uma eventual leitura. Para que a operação seja finalizada na máquina, o colaborador deve efetuar o *reset* aos dados gerados, após o preenchimento manual dos consumos no formulário.

Deste modo, surgiu a necessidade de minimizar o erro humano cometido na digitação do código numérico da operação, modificando o método de inserção de dados na máquina. Para tal, foi realizada a aquisição de leitores de códigos de barras e a subsequente

instalação destes em todas as máquinas. Ao iniciar sessão com o nível de utilizador, apenas é permitida a inserção de dados pelo leitor de códigos de barras, impossibilitando a colocação manual do número de operação. Aliada a esta melhoria, foi também implementada a obrigatoriedade da leitura correta da operação pretendida para que a máquina inicie a tarefa, caso contrário, não é iniciado o processo de débito de material pela mesma.

Esta melhoria, além de facilitar a tarefa ao colaborador, permitiu diminuir a quantidade de material que não teria sido debitado informaticamente e possibilitou a construção de uma base de dados mais sólida.

## 4.2. Obtenção de dados

O processo de obtenção de dados nas máquinas é uma etapa fundamental para a análise e controlo do consumo de compostos químicos no contexto da produção industrial. Este processo envolve uma série de etapas e tecnologias que permitem a captura e registo preciso das informações de consumo, proporcionando uma visão detalhada e atualizada do desempenho das máquinas e do consumo dos materiais.

Numa fase inicial, foram instalados caudalímetros nas linhas de fluxo dos compostos químicos utilizados nas máquinas. Os caudalímetros são dispositivos que possuem sensores capazes de medir com precisão o fluxo de líquidos ou gases que passam por estes, sendo conectados às máquinas com a função de registar o volume de material que é consumido ao longo do tempo.

Os caudalímetros estão interligados a um sistema denominado de *Node-RED*, uma plataforma de programação visual utilizada para conectar dispositivos e facilitar o fluxo de dados entre eles. O *Node-RED* atua como uma ponte entre os caudalímetros e a base de dados, permitindo que as leituras dos caudalímetros sejam transmitidas e armazenadas de forma eficiente.

No *Node-RED*, são configurados fluxos de dados que definem a frequência de leitura dos caudalímetros. Geralmente, estas leituras são realizadas em intervalos regulares a cada um minuto. Desta forma, a cada intervalo definido, os caudalímetros enviam os dados de consumo para o *Node-RED*, que por sua vez os encaminha para a base de dados.

A base de dados desempenha um papel central neste processo, pois é aqui que os dados de consumo são registados e armazenados de forma estruturada. Funciona como um repositório centralizado de informações, permitindo que os dados sejam acessados,

---

consultados e analisados posteriormente. A base de dados é projetada para garantir a integridade e a segurança dos dados, evitando perdas ou corrupção das informações.

Com os dados de consumo armazenados na base de dados, é possível realizar análises e visualizações que auxiliam na monitorização e controlo do processo produtivo. Por exemplo, podem ser criados *dashboards* e relatórios que apresentam informações sobre o consumo de compostos químicos ao longo do tempo, identificando padrões, tendências e possíveis desvios.

O uso do *Node-RED* e a captura regular dos dados de consumo garantem que os registos sejam precisos, confiáveis e atualizados. Além disso, a automação deste processo reduz a dependência de intervenção manual, minimizando erros humanos e aumentando a eficiência na obtenção dos dados.

Em resumo, o processo de obtenção de dados nas máquinas envolve a utilização de caudalímetros para medir e registar o consumo de componentes químicos, a conexão destes caudalímetros ao *Node-RED* para captura e transmissão dos dados, e o armazenamento destes dados numa base de dados para análise e controlo. Esta é uma abordagem que permite uma gestão mais precisa e informada do consumo de componentes químicos, contribuindo para a melhoria do processo produtivo e a tomada de decisões estratégicas.

O processo de obtenção de dados continua com a utilização do *PowerBI* para importar e processar os dados armazenados na base de dados local. O *PowerBI* é uma ferramenta de visualização de dados que permite extrair informações relevantes a partir dos dados brutos. A integração entre o *PowerBI* e a *Network Attached Storage (NAS)* é estabelecida por meio de um padrão de acesso a sistemas gestores de bancos de dados chamado *Open Database Connectivity (ODBC)*.

No *PowerBI*, são configurados os fluxos de importação de dados para cada entidade correspondente a uma máquina específica. Por exemplo, para as máquinas de cola, são importadas as tabelas correspondentes a cada máquina individualmente. Esta abordagem permite uma análise granular do desempenho de cada máquina e do consumo dos componentes químicos.

Além disso, para facilitar a consulta e análise dos dados, é extraído um arquivo *Excel* do sistema *Systeme, Anwendungen und Produkte (SAP)* contendo as descrições das ordens de produção. As ordens de produção são criadas com antecedência e representam as diferentes operações e projetos em curso. A extração mensal destas informações garante que

os *dashboards* e relatórios no *PowerBI* estejam atualizados e alinhados com as informações mais recentes do SAP.

A partir dos dados importados e do cruzamento com as ordens de produção, são desenvolvidos *dashboards* personalizados e relatórios que fornecem uma visão abrangente e detalhada do consumo de materiais por operação e projeto. Essas ferramentas de visualização permitem a identificação de padrões, tendências e possíveis problemas relacionados ao consumo de componentes químicos.

É importante ressaltar que esse novo processo de obtenção de dados e análise trouxe melhorias significativas em relação ao método anterior. A implementação dos caudalímetros e do *Node-RED* garantiu a captura precisa dos dados de consumo em intervalos regulares, eliminando erros humanos e proporcionando uma visão mais atualizada do processo produtivo. Além disso, a normalização dos dados na *NAS* e a integração com o *PowerBI* permitiram uma análise mais eficiente e detalhada dos dados, auxiliando na tomada de decisões estratégicas e na identificação de oportunidades de otimização.

No geral, o processo de obtenção de dados tornou-se mais eficaz e confiável, fornecendo informações valiosas para a gestão e o controle do consumo de componentes químicos nas máquinas. Essas informações são essenciais para garantir a eficiência operacional, a gestão adequada do *stock* e a identificação de áreas de melhoria do processo produtivo.

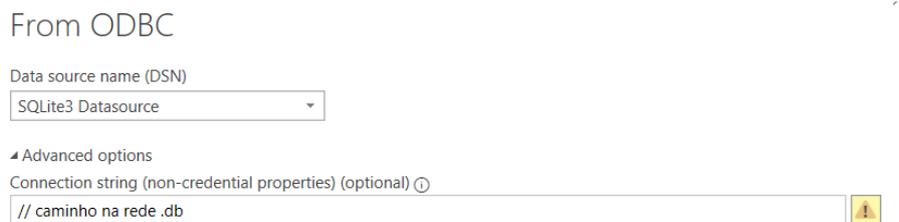
Na Tabela 1 é possível observar como são estruturados os registros de cada máquina. A primeira coluna, o “ID”, é o identificador único de cada registro por máquina e é numerado de forma sequencial. A segunda coluna contém os registros temporais, minuto a minuto. As terceira e quarta colunas representam os totalizadores parciais por tipo de componente, A e B. São totalizadores parciais porque o seu valor é crescente e assume o valor de zero quando efetuado um *reset* à máquina. Por fim, temos o dado do número de operação, “NumOP”, chave que está inteiramente relacionado com o valor gerado pelo sistema de gestão da empresa para a peça que está a ser produzida.

Relativamente às colunas COMPA e COMPB, estas representam os valores de consumo dos compostos químicos A e B que, no caso da resina, são a resina e o endurecedor, respetivamente. Estes valores são totalizadores dos dados registados pelos caudalímetros, isto é, apresentam o valor do somatório dos registos até que seja efetuado um *reset*, e a unidade de medida é o quilograma.

**Tabela 1 - Dados registados por cada equipamento**

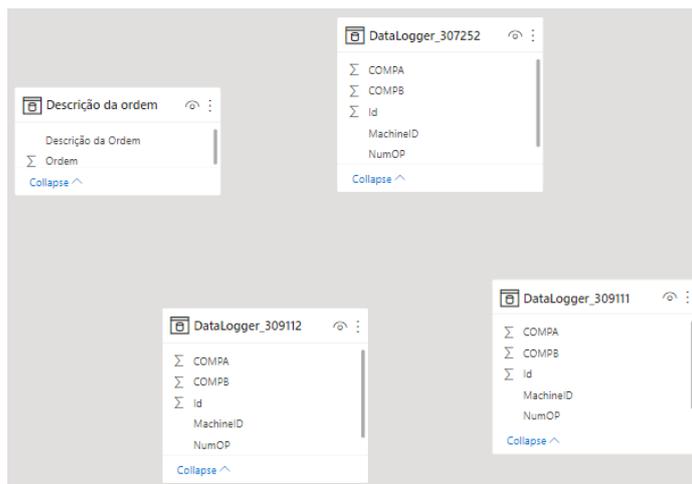
1.2 Id	Time	1.2 COMPA	1.2 COMPB	A <sup>B</sup> c NumOP
343	07/05/2021 20:36:38	128,9632	45,99022	1421887
344	07/05/2021 20:37:38	135,672	49,28173	1421887
345	07/05/2021 20:38:38	141,542	52,15222	1421887
346	07/05/2021 20:44:38	148,7209	53,30655	1421887
347	07/05/2021 20:45:38	160,1425	55,00487	1421887
348	07/05/2021 20:46:38	171,8697	56,75243	1421887
349	07/05/2021 20:47:38	183,2965	58,45692	1421887

A importação dos dados no *PowerBI* é efetuada usando o padrão para acesso a sistemas gestores de bases de dados *Open Database Connectivity (ODBC)* (Figura 3), para deste modo conectar à base de dados e trabalhar os registos, para que se tornem informações úteis para o desenvolvimento do processo. Do lado do *PowerBI* é necessário colocar o “caminho” para o ficheiro, na rede interna da fábrica, para que deste modo os dados sejam importados.



**Figura 3 - Importação de dados usando o *PowerBI***

São importados para o *PowerBI* as diversas entidades (Figura 4), correspondentes a cada máquina. Por exemplo, para as cinco máquinas de cola, são importadas as cinco tabelas correspondentes. Os números 309112, 309111 e 307252 (Figura 4), são gerados pelo SAP aquando da aquisição e registo de um novo equipamento e são o identificador utilizado para toda a gestão do mesmo.



**Figura 4 - Entidades importadas para o PowerBI**

Relativamente às ordens de produção previamente criadas, é extraído um ficheiro *Excel* com a descrição das mesmas do SAP (Tabela 2), para que seja possível consultar os dados por projeto mais rapidamente. Como estas operações são criadas com uma antecedência temporal elevada, é possível efetuar a extração deste ficheiro apenas uma vez por semana, garantindo que os *dashboards* contenham informação atualizada. Foi ainda discutida a possibilidade de, no futuro, este passo ser otimizado e deste modo o ficheiro passar a ser extraído do sistema de forma automática e com uma frequência constante – por exemplo, diariamente. Contudo, esta possibilidade não foi estudada no presente documento.

**Tabela 2 - Descrição da operação (Dados do SAP)**

	AB <sub>C</sub> Descrição da Ordem	1 <sup>2</sup> <sub>3</sub> Ordem
1	SG155 PÁ PRÉ-PINTADA	1421468
2	SG155 PÁ PINTADA RAL 9018	1421470
3	Pá Acabada SG155 HS9018 DT DSH VG	1421472
4	RP - Reparações Pá 155	1421806
5	SG170 PÁ PRE-PINTADA	1423288
6	SG170 PÁ PINTADA RAL 9018	1423292
7	RP - Reparações Pá 170	1423325
8	SG155 PÁ PRÉ-PINTADA	1423380
9	SG155 PÁ PINTADA RAL 9018	1423383
10	Pá Acabada SG155 HS9018 DT DSH VG	1423385
11	RP - Reparações Pá 155	1423612
12	Pá Acabada SG155 HS9018 DT DSH VG	1423750
13	RP - Reparações Pá 155	1423754
14	SG170 PÁ PRE-PINTADA	1423787
15	SG170 V0 PÁ ACABADA RAL9018 DT DSH VG	1423789

### 4.3. Tratamento de dados

Os dados importados das diferentes fontes necessitam de ser tratados para que possam ser considerados informações essenciais para um bom desenvolvimento do sistema.

Como *input* de dados existem os *DataLoggers* das máquinas (tabelas com os dados), permitindo consultar os consumos relativos de cada máquina, por operação, e o ficheiro com os dados relativos à descrição da operação.

Os valores dos consumos são totalizadores e, como tal, é necessária a pesquisa do valor máximo do consumo. Neste ponto existem algumas situações, identificadas previamente como constrangimentos. Um dos acontecimentos que pode originar perda de dados é a falha de energia, colocando os valores do totalizador parcial a zero. Deste modo, se o restante consumo para uma mesma operação for superior ao anterior, ao efetuar uma pesquisa por valores máximos, os valores até à interrupção da máquina serão desconsiderados. Paralelamente às consequências desta situação, a realização de um *reset* à máquina durante o consumo traduz-se no mesmo impacto.

Como oportunidade de melhoria, e de modo a tornar o sistema mais robusto, foi desenvolvido um algoritmo de análise de dados com capacidade para determinar quando é efetuado um *reset* à máquina ou quando esta se desliga – neste caso é somado o valor máximo anterior ao novo valor máximo.

O código da Figura 5, em linguagem M, inicia-se com a obtenção dos dados. São importadas todas as tabelas para a construção de uma nova tabela que irá conter apenas os valores que serão representados nos *dashboards*. Isto permitirá, como principal vantagem, um processamento bastante mais rápido dos dados nos *dashboards*, pois quando os dados das máquinas e do SAP são importados para o *PowerBI*, toda a limpeza e processamento de dados é efetuada, garantindo que o utilizador final obtém a informação de forma otimizada e rápida. Posteriormente são efetuadas operações de limpeza de dados e transformação dos mesmos para o tipo pretendido.

Na mesma figura, Figura 5, destacado a amarelo, encontra-se a parte do código que contem o algoritmo que identifica alguns dos problemas, tais como a perda de energia ou *reset* à máquina. Tendo em conta o universo de dados existentes e no sentido de fazer uma seleção da informação necessária à identificação da existência dos problemas anteriormente enumerados, o algoritmo usa a função *groupby()* para construir um *DataFrame* – estrutura de organização de dados de duas dimensões –, utilizando para a

seleção de dados apenas as colunas “NumOP” e “COMPA”. O algoritmo usa, ainda, um argumento na função *groupby()* para determinar quando iniciar um novo grupo. Neste caso, o algoritmo dá início a um novo grupo sempre que, comparando apenas valores existentes na coluna “NumOP”, estes diferirem relativamente ao valor presente na linha anterior. Ou ainda, sempre que um dos valores verificados na coluna “COMPA” da linha anterior seja superior à posição atual. Após construir os diferentes *DataFrames*, o algoritmo irá consultar todas as últimas entradas de cada um destes, gerando deste modo um *DataFrame* com a informação final. Na problemática atual, este *DataFrame* final, representa o conjunto dos últimos valores registados antes da ocorrência de um *reset* ou da finalização de operação efetuada por máquina e por projeto.

```

let
    Origem = Table.Combine({DataLogger_300075, DataLogger_304885,
DataLogger_305125, DataLogger_305718, DataLogger_306048,
DataLogger_306266, DataLogger_306439, DataLogger_306440,
DataLogger_307251, DataLogger_307252, DataLogger_307253,
DataLogger_308201, DataLogger_308202, DataLogger_309111,
DataLogger_309112, DataLogger_310200}),
    #"Valor Substituído" =
Table.ReplaceValue(Origem,null,0,Replacer.ReplaceValue,{"Id", "Time",
"COMPA", "COMPB", "NumOP"}),
    #"Valor Substituído1" = Table.ReplaceValue(#"Valor Substituído","Scan
barcode",0,Replacer.ReplaceValue,{"Id", "Time", "COMPA", "COMPB",
"NumOP"}),
    #"Valor Substituído2" = Table.ReplaceValue(#"Valor
Substituído1","",0,Replacer.ReplaceValue,{"Id", "Time", "COMPA", "COMPB",
"NumOP"}),
    #"Tipo Alterado" = Table.TransformColumnTypes(#"Valor
Substituído2",{{"NumOP", Int64.Type}},
    #"Erros Removidos" = Table.RemoveRowsWithErrors(#"Tipo Alterado",
{"NumOP"}),
    #"Linhas Filtradas" = Table.SelectRows(#"Erros Removidos", each
[NumOP] >= 999999 and [NumOP] <= 9999999),
    Grouped = Table.Group(#"Linhas Filtradas", {"NumOP", "COMPA"},
{"grp", each _, 0, (x,y) => Number.From(x[NumOP]<>y[NumOP] or
x[COMPA]>=y[COMPA])) [grp],
    Last = Table.FromRecords(List.Transform(Grouped, each
Table.Last(_))),
    #"Colunas Removidas" = Table.RemoveColumns(Last,{"Id"}),
    #"Linhas Agrupadas" = Table.Group(#"Colunas Removidas", {"NumOP",
"MachineID"}, {"Time", each List.Max([Time]), type datetime}, {"COMPA",
each List.Sum([COMPA]), type number}, {"COMPB", each List.Sum([COMPB]),
type number}),
    #"Renamed Columns" = Table.RenameColumns(#"Linhas
Agrupadas",{{"COMPA", "Resina [Kg]"}, {"COMPB", "Endurecedor [Kg]"}},
{"MachineID", "ID da máquina"})
in
    #"Renamed Columns"

```

Figura 5 - Algoritmo de processamento de dados (Linguagem M)

O fluxograma da Figura 6 resume algoritmo desenvolvido, ilustrando o processo iterativo criado para a problemática atual.

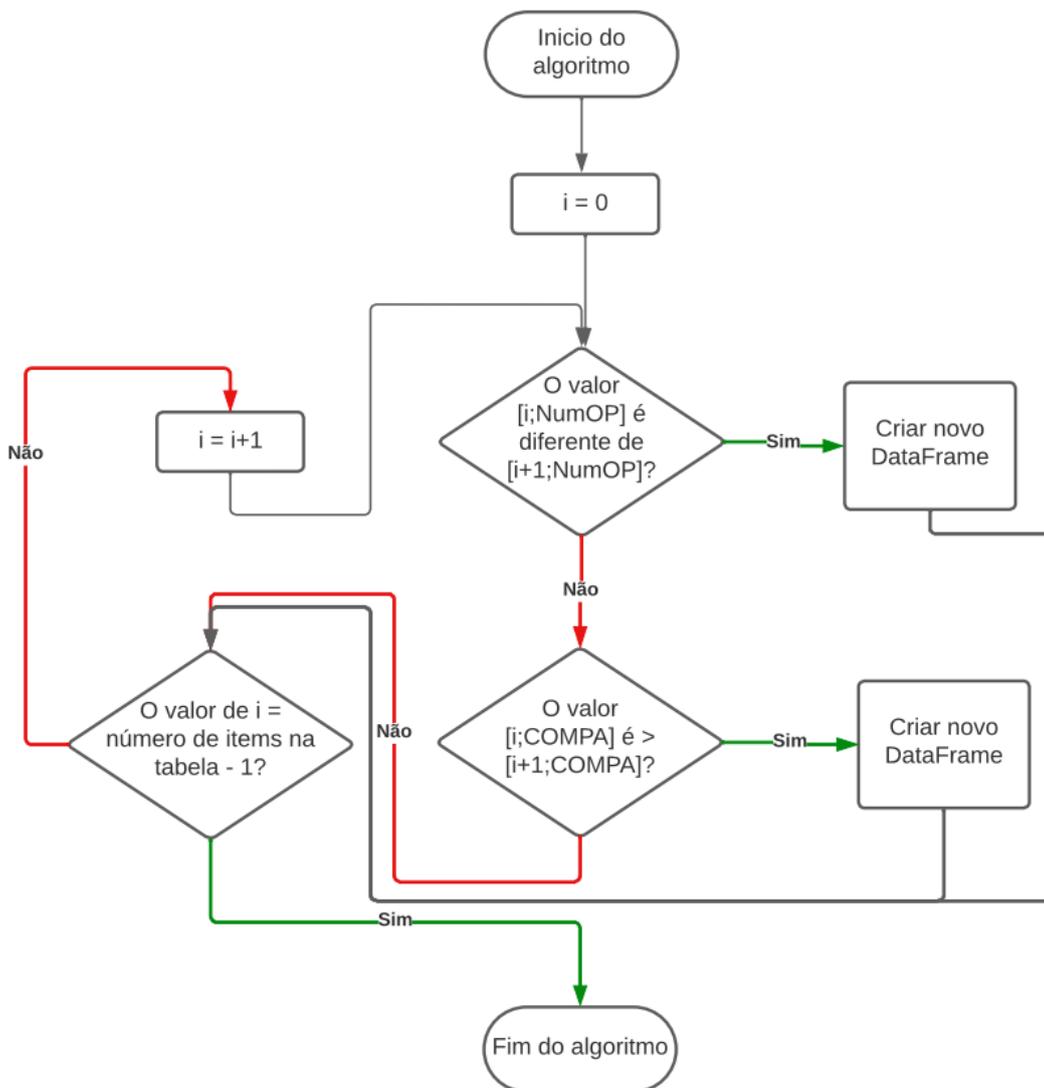


Figura 6 - Fluxograma do algoritmo de identificação de *resets* e troca de operação

#### 4.4. Criação de *dashboards*

De modo a centralizar a informação e torná-la facilmente perceptível por parte dos recetores, é crucial a criação de uma só página que contenha todos os dados de destaque. Para a construção deste elemento visual foi utilizada a ferramenta *PowerBI*, pela sua fácil utilização e recursos disponibilizados.

Um dos *dashboards* desenvolvidos e de seguida analisado é referente às máquinas de resina, mas, de forma similar, foram também criados *dashboards* para os equipamentos de cola, tinta e para a MIA.

Na Figura 7, é possível visualizar o *layout* principal da primeira página do *dashboard*, sem qualquer tipo de filtro aplicado.



Figura 7 - Dashboard principal (PowerBI)

Para efetuar pesquisas e, assim, filtrar os dados, existem várias informações que podem ser utilizadas como parâmetros de entrada. Numa fase inicial, o propósito do *dashboard* desenvolvido prendia-se com a visualização de todos os dados filtrados apenas pelo número de operação. Contudo, foi possível a implementação de vários outros modos de pesquisa e, conseqüentemente, filtros aplicados.

Nesta primeira página do *dashboard*, referente às máquinas de resina, é possível listar os possíveis métodos de consulta, assim como a informação que pode ser obtida através dos mesmos.

**Número e descrição de operação**

A consulta de todos os dados referentes a uma determinada operação, pode ser feita através da digitação do número de operação no campo “NumOp” ou pela seleção do

número de operação pretendido na coluna “NumOp”. Deste modo, serão apresentados apenas os parâmetros relacionados com a operação desejada.

De forma análoga, é possível filtrar a informação através da descrição da operação. Quer seja pela digitação da descrição da operação no campo “Descrição da ordem”, quer pela seleção da mesma na coluna “Descrição da ordem”.

Na Figura 8, ao filtrar pela operação 1425031, é possível constatar que existiu um consumo de 1566,32 kg de resina, dos quais 424,97 kg usados pela máquina 308201 e 1141,35 kg pela máquina 305718. Verifica-se, ainda, um registo de 425,63 kg de endurecedor consumido, dos quais 112,58 kg pela máquina 308201 e 313,05 kg pela máquina 305718. O dia e a hora em que a operação foi finalizada, é também um dos parâmetros apresentados.



Figura 8 - Dashboard com filtros de número e descrição de operação

### Consumo de resina e de endurecedor por máquina

Quando selecionados um dos valores presentes na coluna “ID da máquina”, “Resina”, “Endurecedor” ou “Último consumo”, a chave dessa pesquisa será o “ID da máquina” referente a essa linha da tabela.

Na Figura 9, ao selecionar a célula com o valor 884.039,30, são apresentadas as informações filtradas pelo “ID da máquina” número 309111. É ainda possível auferir que esta máquina é apenas utilizada nas operações de infusão de *caps* do projeto SG145 – “SG145 V3 TB CAP

PS” e “SG145 V3 TB CAP SS”. Verifica-se também a possibilidade de consulta de todos os números de operação, constantes na coluna “NumOp”, onde a máquina selecionada esteve presente.



Figura 9 - Dashboard com filtros pelo consumo de resina e de endurecedor por máquina

**Consumo de resina e de endurecedor por operação**

Ao efetuar uma seleção específica na coluna "NumOp", o sistema isola e apresenta todas as informações pertinentes àquela ordem de operação.

Deste modo, são listadas as máquinas que participaram naquela ordem específica. Além disso, a quantidade de material – resina e endurecedor –, consumido por cada máquina, é também revelada. A descrição da ordem selecionada é igualmente apresentada. É assim, fornecido um contexto adicional que pode ser crucial para a compreensão integral do desempenho e dos resultados da operação em questão.

Na Figura 10, ao selecionar o número de operação 1427316, o sistema realça que a máquina 309112 consumiu 1.007,28 kg de resina e 271,99 kg de endurecedor, enquanto que a máquina 306440 consumiu 547,91 kg de resina e 152,85 kg de endurecedor. A descrição da ordem revela que a operação foi destinada à produção do componente “SHELL SS V3 TB” do projeto “SG145”.



Figura 10 - Dashboard com filtros pelo consumo de resina e de endurecedor por operação

Na segunda página do *dashboard* é apresentada uma abordagem macro do processo que se pretende consultar. Contrariamente ao objetivo da primeira página – fornecer dados relativos a cada número de operação –, esta página visa fornecer dados relativos a cada processo, tais como os valores médios de consumo de compostos químicos por descrição de operação.

Uma ferramenta utilizada no âmbito de análise e controlo de processo são as cartas de controlo. Estas são uma ferramenta estatística utilizada para controlar processos ao longo do tempo, bem como analisar as suas tendências. Servem como ferramenta de alerta, destacando os pontos que se encontram fora dos limites da área de valores sob controlo (Bersimis et. al, 2014).

No caso concreto do estudo em análise, a resina e o endurecedor são caracterizadas como variáveis contínuas, pelo que a carta de controlo mais adequada é a carta de controlo de média e amplitude, designada de X-R (Orme et. al, 2001).

Esta carta é composta por três linhas, sendo estas a média, o Limite de Controlo Superior e o Limite de Controlo Inferior.

No cálculo do Limite de Controlo Superior (*UCL – Upper Control Limit*) é utilizada a seguinte Fórmula 1.

$$UCL = \mu + 3 \times \sigma, \text{ onde } \mu \text{ é a média e } \sigma \text{ o desvio padrão.} \tag{1}$$

Para o cálculo do Limite de Controlo Inferior (*LCL – Lower Control Limit*) é utilizada a Fórmula 2.

$$LCL = \mu - 3 \times \sigma, \text{ onde } \mu \text{ é a média e } \sigma \text{ o desvio padrão.} \quad (2)$$

No caso da Figura 11, foi selecionada a descrição da ordem “SG155 V0 REAR WB”, onde é possível analisar o processo de infusão de resina no molde de *Rear Webs* do projeto SG155. Através do filtro de data, a análise foi limitada aos dois últimos meses. Após a seleção da descrição da ordem no espaço temporal definido, geraram-se as cartas de controlo para os consumos, quer da resina, quer do endurecedor.

Pela análise das cartas de controlo ilustradas na Figura 11, é possível constatar que este processo é considerado controlado, uma vez que os valores de cada medição se encontram dentro dos limites de controlo (Alfaro et. al, 2008).

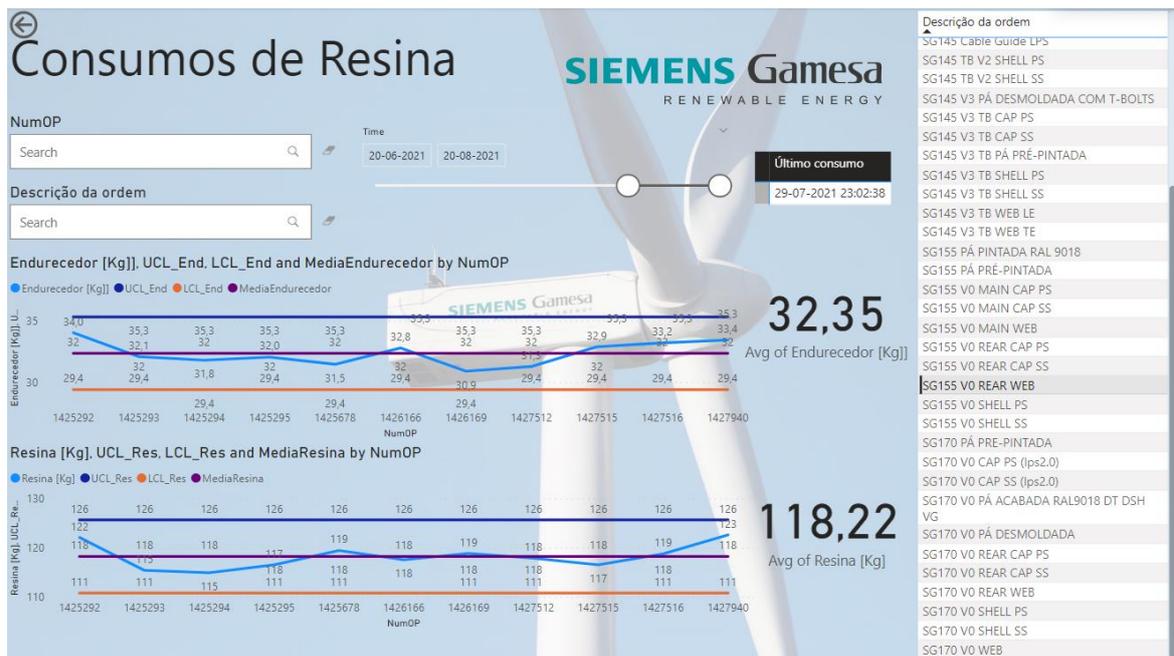


Figura 11 - Dashboard secundário (PowerBI)

## 5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo, é explorada a implementação e o impacto de várias ferramentas e estratégias de otimização nos processos produtivos, de qualidade e de engenharia, visando dar resposta aos constrangimentos identificados. Isso inclui o uso de leitores de código de barras para reduzir erros, o uso de *dashboards* para otimizar a gestão de consumos e *stocks*, e o consequente aprimoramento dos procedimentos de controlo de qualidade e engenharia através da análise de dados em tempo real.

### 5.1. Implementação de *dashboards*

O desenvolvimento dos *dashboards* e todo o trabalho precedente aos mesmos apresentaram-se como uma solução multifacetada para a correção e eliminação de uma parte dos constrangimentos detetados.

Sendo esta uma ferramenta digital, com um *design* que proporciona uma utilização fácil e intuitiva e possibilitando o acesso à mesma em qualquer lugar, os constrangimentos **C1 – Dificuldades de interpretação da caligrafia** – e **C2 – Perda de documentos** – são respondidos pela mesma.

No caso de C1, a dificuldade de interpretação dos documentos é completamente excluída, pois os valores ilustrados pelo *dashboard* são apresentados em formato digital, não existindo margem de erro associado a uma leitura incorreta por parte dos colaboradores da equipa da Logística. Relativamente a C2, como os registos dos consumos são guardados na base de dados da fábrica, a solução é considerada capaz de colmatar este constrangimento, uma vez que o risco de perda dos mesmos é praticamente nulo.

### 5.2. Implementação do algoritmo de tratamento de dados

No sentido de mitigar os constrangimentos **C3 – Falha de energia** – e **C4 – Reset de máquinas** –, foi desenvolvido um algoritmo capaz de identificar sempre que uma

destas situações ocorra. Sempre que tal se verifica, o algoritmo apresenta-se eficaz na resolução das mesmas, através de um processo iterativo capaz de devolver uma resposta final e simplificada. Desta forma, os colaboradores têm acesso à informação corrigida e filtrada, resultando em dados de maior qualidade e uma maior rapidez de processamento.

No decorrer do estudo, esta solução demonstrou-se bastante competente na resolução das problemáticas identificadas, uma vez não foram detetadas ocorrências em contrário.

### 5.3. Implementação de leitor de código de barras

Tendo em vista dar resposta ao constrangimento C5 – **Erros de inserção do número de operação nas máquinas** –, foi desenvolvido um método de captura de dados, com reduzida intervenção humana quando comparado com o método anteriormente utilizado.

No seguimento da implementação de um leitor de códigos de barras nas máquinas operacionais, procedeu-se a um estudo comparativo detalhado entre uma máquina equipada com este dispositivo e outra sem a sua presença. A análise, realizada ao longo do período de um mês, permitiu a obtenção de resultados estatisticamente significativos que evidenciaram o impacto positivo desta solução.

Na máquina que não estava equipada com o leitor de códigos de barras, registaram-se 18 erros na inserção do número de operação, num total de 76 operações realizadas. Esta quantidade de erros corresponde a uma taxa de erro de 23,7%, valor este consideravelmente alto e com um impacto negativo na eficiência do processo produtivo.

Em contraste, na máquina que foi equipada com o leitor de códigos de barras, observou-se uma diminuição acentuada no número de erros de inserção do número de operação. Nesta máquina, registaram-se apenas 5 erros num universo de 76 operações, o que representa uma taxa de erro de apenas 3,95%.

Esta análise detalhada dos dados recolhidos permitiu concluir que a implementação do leitor de códigos de barras resultou numa descida expressiva na taxa de erro, de 23,7% para 3,95%. Esta alteração, ilustrada na Figura 12, equivalente a uma melhoria de 19,75 pontos percentuais, traduz-se num aprimoramento substancial da qualidade e fiabilidade dos dados registados, fortalecendo a eficiência do processo produtivo.



Figura 12 - Impacto da instalação dos leitores de códigos de barras

Após a aplicação e análise desta melhoria, foi possível constatar que os dados apresentavam-se de forma mais fidedigna, permitindo que estes pudessem ser disponibilizados e consultados diretamente na *dashbord* por todos os colaboradores. Tal, levou à exclusão da intervenção da equipa de automação no processo.

## 5.4. Impacto na fábrica

O principal objetivo deste projeto foi dar resposta à tentativa de otimização dos controlos dos consumos, através da resposta à questão “Como reduzir o erro associado aos registos dos compostos químicos utilizados no fabrico de pás eólicas?” e, conseqüentemente, dos *stocks* dos produtos para o setor logístico. A implementação de painéis de controlo (*dashboards*) e dos leitores de códigos de barras demonstrou uma eficácia bastante elevada nesta oportunidade de melhoria, permitindo efetuar um registo consideravelmente mais preciso.

A precisão incrementada no controlo de *stock* permitirá, a longo prazo, uma diminuição dos custos dos mesmos devido a uma quantidade de *stock* mais baixa. Esta eficácia na gestão de *stocks* não só reduzirá custos, mas também otimizará a capacidade de resposta às necessidades de produção.

No departamento de qualidade, a obtenção de dados mais precisos relativos ao processo permite que se efetuem inspeções mais minuciosas consoante a informação obtida

---

pelos valores dos consumos. Através dos gráficos fornecidos pelo *PowerBI*, aliado às informações das cartas de controlo dos consumos por tipo de peça, é possível prever situações usualmente provocadas pelo excesso ou defeito de material.

Um exemplo disso, é a antevisão de áreas brancas na peça. Quando existe um consumo inferior ao limite de controlo inferior, a probabilidade de existência de zonas brancas (com pouca resina impregnada) aumenta substancialmente. Assim sendo, o gestor das inspeções tem informação mais precisa para conseguir coordenar uma verificação mais minuciosa nesta situação.

Sendo esta indústria bastante recente, o aparecimento de novos projetos é muito frequente. Estes novos projetos, mesmo sendo executados pela produção, têm a sua conceção supervisionada integralmente pela engenharia do processo. Os engenheiros aplicam práticas de melhoria e testam-nas segundo a sua eficácia.

A consulta dos dados de consumo em tempo real possibilita análises com um grau de detalhe bastante superior. Permite também que seja possível um acompanhamento a um número superior de peças, pois conseguem facilmente consultar os resultados produzidos, no espaço temporal determinado, sem haver atrasos na análise. Isto traduz-se numa capacidade melhorada de monitorização e controlo do processo de engenharia, resultando em produtos finais de maior qualidade e eficiência.

## 6. CONCLUSÃO

A gestão de dados na indústria encontra-se em constante evolução e é marcada pela necessidade de integrar tecnologias emergentes com práticas de gestão já existentes. A presente dissertação aborda algumas dessas complexidades, demonstrando que a eficiência e eficácia na produção industrial podem ser significativamente aprimoradas com abordagens inovadoras na gestão de dados.

Tal como demonstrado, a implementação das melhorias propostas no documento não se limita a uma solução tecnológica superficial. Trata-se, na realidade, de um aperfeiçoamento profundo que requer uma abordagem sistémica. Para tal, uma visão abrangente de todo o processo foi necessária, e não apenas o funcionamento de um conjunto isolado de máquinas e operações.

A necessidade de recolha e análise de dados para o controlo e otimização dos consumos e *stocks* dos produtos foi um tema central ao longo desta dissertação. A implementação de leitores de códigos de barras nas máquinas operacionais, por exemplo, mostrou-se uma medida eficaz na redução dos erros de inserção do número de operação. Esta medida resultou numa queda expressiva na taxa de erro, de 23,7% para 3,95%, o que representa uma melhoria substancial na qualidade e fiabilidade dos dados registados.

A otimização dos controlos dos consumos e dos *stocks* dos produtos para o setor logístico também foi um foco importante. Com o uso de painéis de controlo, foi possível obter um registo mais preciso dos consumos. A longo prazo, esta precisão incrementada no controlo de *stock* permitirá uma diminuição dos custos de inventário devido a uma quantidade de *stock* mais baixa.

A importância da análise de dados para a melhoria do controlo de qualidade também foi destacada. Através dos gráficos fornecidos pelo *PowerBI*, aliado às cartas de controlo por tipo de peça, foi possível prever situações usualmente provocadas pelo excesso ou defeito de material. Esta possibilidade permite uma coordenação mais minuciosa das inspeções, resultando em produtos finais de maior qualidade.

No âmbito da engenharia do processo, a consulta dos dados de consumo em tempo real possibilita análises com um grau de detalhe bastante superior. Isto, por sua vez, permite um acompanhamento a um número superior de peças, pois os engenheiros

---

conseguem facilmente consultar os resultados produzidos, no espaço temporal determinado, sem haver atrasos na análise.

## 6.1. Limitações do trabalho

Apesar dos resultados positivos, algumas limitações e desafios ainda persistem. A questão da leitura incorreta de códigos de barras é um exemplo concreto de como erros operacionais podem causar falhas no sistema de dados. Além disso, é importante salientar que, apesar desta melhoria significativa, persistiu um tipo específico de erro. Este diz respeito à leitura de códigos de barras correspondentes a operações erradas, ocorrendo quando o operador lê o código de barras de uma operação diferente daquela que está a ser realizada na máquina. Embora este tipo de erro seja menos frequente do que a inserção incorreta de números de operação, ainda representa uma limitação do sistema e um desafio a ser superado no futuro.

A gestão de volumes crescentes de dados representa uma tarefa de dimensão acrescida, não apenas em termos de armazenamento, mas também no que diz respeito à análise e interpretação desses dados. Neste âmbito, a implementação de sistemas de gestão de informação robustos torna-se imprescindível e, portanto, são necessárias ferramentas e metodologias que possam processar informações em tempo real para tomar decisões acertadas e pontuais.

## 6.2. Recomendações de Trabalho Futuro

Com o propósito de abordar os desafios encontrados, são feitas recomendações de trabalho futuro, sendo um possível ponto de partida para estudos posteriores, com vista à otimização do sistema de gestão de dados.

### **Implementação de um Sistema de Alerta Inteligente**

O objetivo deste mecanismo de segurança é notificar os operadores e gestores quando os parâmetros operacionais atingirem níveis críticos. Tal, é capaz de permitir uma intervenção rápida e prevenir falhas de maior expressão. Do ponto de vista prático, um dos

---

possíveis alertas a ser desenvolvido é a criação de um aviso, quando um valor dos consumos se apresente fora do intervalo de tolerância da carta de controlo correspondente ao processo em questão.

Esta medida permite que os gestores das várias etapas do processo, direcionem esforços para uma rápida contenção e minimização do problema.

### **Fluxo de Comunicação Automatizado entre Departamentos**

A implementação de um sistema de comunicação interdepartamental otimizado permitirá uma maior eficiência no fluxo de trabalho, garantindo que as máquinas e os operadores estejam sempre alinhados em relação à coordenação temporal das atividades a desempenhar. Neste sentido, a primeira medida a ser estudada deve prender-se com a substituição das chamadas telefónicas entre departamentos, por alertas digitais criados por *triggers* nas máquinas.

### **Otimização da Extração dos Ficheiros SAP**

Da conceção deste projeto surgiu uma limitação relacionada com um processo manual. Os ficheiros, que são extraídos do sistema de gestão SAP de forma manual, representam uma ineficiência, que deve ser respondida com uma solução digital e automatizada. A automação deste processo permite a poupança de tempo e esforço humano, possibilitando que os colaboradores se dediquem a tarefas mais estratégicas. Esta digitalização, contribuirá ainda para minimizar o risco de erro humano na manipulação dos dados.

Com estas medidas, é expectável uma melhoria significativa no desempenho, na eficiência e na eficácia dos sistemas de gestão de dados nesta indústria. É vital que as indústrias adotem uma abordagem proativa, investindo em tecnologias e processos que permitam uma adaptação rápida às constantes mudanças do setor.

Concluindo, a gestão eficaz de dados é uma necessidade crucial na produção industrial moderna, e as ferramentas e técnicas de análise de dados desempenham um papel fundamental na otimização dos processos produtivos. O trabalho apresentado nesta dissertação representa uma contribuição importante para o campo da gestão de dados na produção industrial, proporcionando *insights* valiosos e estratégias práticas para a melhoria contínua dos processos produtivos.



---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S., Miskon, S., Alkanhal, T. A., & Tlili, I. (2020). Modeling of business intelligence systems using the potential determinants and theories with the lens of individual, technological, organizational, and environmental contexts-a systematic literature review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(9).
- Albara, Al-Khowarizmi, & Riyan Pradesyah. (2021). Power Business Intelligence in the Data Science Visualization Process to Forecast CPO Prices. *International Journal of Science, Technology & Management*, 2(6), 2198–2208.
- Alfaro, J. L. and Ortega, J. F. (2008) ‘A robust alternative to Hotelling’s T2 control chart using trimmed estimators’, *Quality and Reliability Engineering International*, 24(5), pp. 601–611.
- Azma, F., & Mostafapour, M. A. (2012). Business intelligence as a key strategy for development organizations. *Procedia Technology*, 1, 102–106.
- Bersimis, S., Koutras, M. V. and Maravelakis, P. E. (2014) ‘A compound control chart for monitoring and controlling high quality processes’, *European Journal of Operational Research*, 233(3), pp. 595–603.
- Boone, T., Ganeshan, R., Jain, A., & Sanders, N. R. (2019). Forecasting sales in the supply chain: Consumer analytics in the big data era. *International Journal of Forecasting*, 35(1), 170–180.
- Bordeleau, F. E., Mosconi, E., & de Santa-Eulalia, L. A. (2020). Business intelligence and analytics value creation in Industry 4.0: a multiple case study in manufacturing medium enterprises. *Production Planning and Control*, 31(2–3), 173–185.
- Dubey, R., Bryde, D. J., Blome, C., Roubaud, D., & Giannakis, M. (2021). Facilitating artificial intelligence powered supply chain analytics through alliance management during the pandemic crises in the B2B context. *Industrial Marketing Management*, 96(May), 135–146.
- Eveline, C., Kitheka, S., Charles, C., James, O., & Abeid, T. (2019). Effects of Inventory Management Techniques on Procurement Performance: An Empirical Study. *International Journal of Innovative Research and Development*, 8(8), 91–100.
- Grainger-Brown, J., & Malekpour, S. (2019). Implementing the sustainable development goals: A review of strategic tools and frameworks available to organisations. *Sustainability (Switzerland)*, 11(5), 1381.
- Hightower, R. (2014). *Conceptualizing Business Intelligence Architecture* Conceptualizing Business Intelligence Architecture Mohammad Shariat , Ph . D . Associate Professor , Management Information Systems School of Business and Industry Florida A & M University Roscoe Hightowe. January 2007.

- 
- Jalil, N. A., Prapinit, P., Melan, M., & Mustaffa, A. Bin. (2019). Adoption of business intelligence - Technological, individual and supply chain efficiency. Proceedings - 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data and Business Intelligence, MLBDBI 2019, 67–73.
- Kache, F., & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management. *International Journal of Operations and Production Management*, 37(1), 10–36.
- Kopáčková, H., & Škrobáčková, M. (2006). Decision support systems or business intelligence: what can help in decision making? *Scientific Papers of the University of Pardubice, Series D*(10), 98–103.
- Lv, Z., & Qiao, L. (2020). Analysis of healthcare big data. *Future Generation Computer Systems*, 109, 103–110.
- Okechukwu, O. C. (2022). Big Data Visualization Tools and Techniques. *Research Anthology on Big Data Analytics, Architectures, and Applications*, 2, 590–621.
- Olszak, C. M. (2016). Toward Better Understanding and Use of Business Intelligence in Organizations. *Information Systems Management*, 33(2), 105–123.
- Orme, J. G. and Cox, M. E. (2001) ‘Analyzing single-subject design data using statistical process control charts’, *Social Work Research*, 25(2), pp. 115–127.
- Qi, C. chong. (2020). Big data management in the mining industry. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 27(2), 131–139.