

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

PEDRO LUCAS CARDOSO CORREA

Aplicação de Ferramentas de Business Intelligence para Otimização da Gestão em uma
Oficina de Manutenção de Locomotivas

São Luís
2025

PEDRO LUCAS CARDOSO CORREA

Aplicação de Ferramentas de Business Intelligence para Otimização da Gestão em uma
Oficina de Manutenção de Locomotivas

Monografia apresentada a Coordenação do
Curso de Engenharia da Computação da
Universidade Federal do Maranhão, como re-
quisito para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Baptista Fernandes

São Luís

2025

Pedro Lucas Cardoso Correa

Aplicação de Ferramentas de *Business Intelligence* para Otimização da Gestão de uma Oficina de Manutenção de Locomotivas / Pedro Lucas Cardoso Correa. – São Luís, 2025-

45 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Baptista Fernandes

– Universidade Federal do Maranhão, 2025.

1. *Business Intelligence* 2. Manutenção 3. *Power BI* 4. Ferrovia 5. Indicadores de desempenho I. Pedro Baptista Fernandes. II. Universidade Federal do Maranhão. III. Engenharia da Computação. IV. aplicação de Ferramentas de Business Intelligence para Otimização da Gestão em uma Oficina de Manutenção de Locomotivas.

PEDRO LUCAS CARDOSO CORREA

Aplicação de Ferramentas de Business Intelligence para Otimização da Gestão em uma
Oficina de Manutenção de Locomotivas

Monografia apresentada a Coordenação do
Curso de Engenharia da Computação da
Universidade Federal do Maranhão, como re-
quisito para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia da Computação.

Trabalho Aprovado, São Luís, _____ de _____ de 2025:

Prof. Dr. Pedro Baptista Fernandes
Orientador

Prof. Dr. Denis Fabrício Sousa de Sá

Prof. Dr. Sérgio Souza Costa

Devo inteiramente a Deus o sucesso deste trabalho. Dedico a Ele.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, determinação e fé que me sustentaram em todos os momentos desta jornada, permitindo-me superar desafios e perseverar até a conclusão deste trabalho. A Ele, minha eterna gratidão por guiar meus passos e iluminar meu caminho.

À minha família, meu alicerce inabalável, que, com amor, paciência e apoio incondicional, sempre esteve ao meu lado. A cada palavra de incentivo, a cada gesto de carinho e compreensão, encontro forças para continuar buscando novos horizontes.

À Universidade Federal do Maranhão, pelo ambiente propício ao crescimento acadêmico e pessoal. Agradeço ao corpo docente, pela excelência no ensino e orientação; à direção e à administração, pelo suporte e organização que tornam possível a formação de tantos profissionais comprometidos com a ética e o mérito. Essa instituição representa uma janela para um futuro promissor, permitindo-me almejar novos horizontes.

À Vale S.A., pela confiança e pelas inúmeras oportunidades oferecidas ao longo da minha carreira. Agradeço à empresa por compreender a importância desta etapa acadêmica, permitindo a conciliação entre trabalho e estudo, pela liberação para as aulas e, especialmente, pela disponibilização dos dados essenciais para a realização desta pesquisa. Este trabalho reflete, em parte, o compromisso da Vale com o desenvolvimento de seus colaboradores e com a inovação.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meu mais sincero agradecimento. Sem cada uma dessas contribuições, este momento não seria possível.

“Um coração inflamado por esse amor tudo realiza, a tudo se dispõe.”

Moysés Louro de Azevedo Filho

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e implementação de uma solução de *Business Intelligence* aplicada à gestão da manutenção de locomotivas, utilizando a *Microsoft Power Platform*, composta pelas ferramentas *Power BI*, *Power Automate* e *Power Apps*. A proposta visa superar desafios enfrentados na consolidação, análise e disponibilização de dados provenientes de múltiplos sistemas corporativos, como GPV, *SAP Business Objects* e ORION. Por meio da definição de indicadores estratégicos, extração e tratamento automatizado de dados, modelagem relacional e construção de *dashboards* interativos, foi possível criar um sistema integrado e de fácil acesso para apoiar a tomada de decisão técnica e gerencial. Os resultados demonstram ganhos significativos em eficiência operacional, confiabilidade das informações e transparência na gestão da manutenção. Como proposta futura, sugere-se a incorporação de recursos de inteligência artificial e previsão de falhas, ampliando o potencial analítico da solução desenvolvida.

Palavras-chave: *Business Intelligence*. Manutenção. *Power BI*. Ferrovia. Indicadores de desempenho.

ABSTRACT

This work presents the development and implementation of a *Business Intelligence* solution applied to the maintenance management of locomotives, using the *Microsoft Power Platform*, which includes *Power BI*, *Power Automate*, and *Power Apps*. The proposal aims to overcome challenges in consolidating, analyzing, and making available data from multiple corporate systems, such as GPV, *SAP Business Objects*, and ORION. Through the definition of strategic indicators, automated data extraction and processing, relational modeling, and the creation of interactive dashboards, it was possible to build an integrated and user-friendly system to support technical and managerial decision-making. The results show significant improvements in operational efficiency, information reliability, and transparency in maintenance management. As a future proposal, the incorporation of artificial intelligence and failure prediction features is suggested, further enhancing the analytical capabilities of the developed solution.

Keywords: Business Intelligence. Maintenance. Power BI. Railway. KPI.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arquitetura de <i>Business Intelligence</i>	21
Figura 2 – Ferramentas da <i>Power Platform</i>	22
Figura 3 – Arquitetura <i>Power BI</i>	24
Figura 4 – Tela de criação de fluxo no <i>Power Automate</i>	25
Figura 5 – Tela de início <i>Power Apps</i>	26
Figura 6 – Tela de início do GPV.	27
Figura 7 – Tela de início do <i>SAPBO</i>	28
Figura 8 – Tela de início do Orion.	29
Figura 9 – Tela da transação 430 no GPV.	31
Figura 10 – Relatório de eventos no <i>SAPBO</i>	32
Figura 11 – Relatório do sistema ORION.	32
Figura 12 – Tela da transação 431 no GPV.	33
Figura 13 – Programação de relatório <i>SAPBO</i>	33
Figura 14 – Estrutura do fluxo automatizado.	34
Figura 15 – Fluxo de coleta de dados.	34
Figura 16 – Remoção de colunas da base de DF Minério.	35
Figura 17 – Alteração do tipo de dado.	35
Figura 18 – Remoção de valores nulos.	36
Figura 19 – Criação de colunas auxiliares e junção de tabelas.	37
Figura 20 – Medida de dias fora de manutenção.	37
Figura 21 – <i>Dashboard</i> de dias fora no <i>Power BI Desktop</i>	39
Figura 22 – Aplicativo unificando os <i>dashboards</i>	39
Figura 23 – Perfil de perdas das locomotiva no <i>Power BI Service</i>	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Aderência à Análise de Falhas
API	<i>Application Programming Interface</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
DAX	<i>Data Analysis Expressions</i>
DF	Disponibilidade Física
EIS	<i>Executive Information System</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ETL	<i>Extract, Transform, Load</i>
GPV	Gestão da Produção Vale
IBM	<i>International Business Machines</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KMEF	Quilometragem Média Entre Falhas
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
MRPII	<i>Manufacturing Resource Planning</i>
OLAP	<i>Online Analytical Processing</i>
PO	Perda Operacional
SAPBO	<i>SAP Business Objects</i>
TI	Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivos Específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	TRABALHOS CORRELACIONADOS	16
2.2	MANUTENÇÃO	17
2.2.1	A História da Manutenção	17
2.2.2	A Gestão da Manutenção	18
2.2.3	Indicadores de Manutenção	18
2.3	<i>BUSINESS INTELLIGENCE</i>	19
2.3.1	A História do <i>BI</i>	19
2.3.2	A Estrutura dos Sistemas de <i>BI</i>	20
2.4	MICROSOFT POWER PLATFORM: POWER BI, POWER AUTO- MATE E POWER APPS	22
2.4.1	Power BI	23
2.4.2	Power Automate	24
2.4.3	Power Apps	25
2.5	SISTEMA GESTÃO DE PRODUÇÃO VALE	26
2.6	SAP BUSINESS OBJECTS	27
2.7	ORION	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	DEFINIÇÃO DOS INDICADORES	31
3.2	COLETA E EXTRAÇÃO DOS DADOS	33
3.3	MODELAGEM E TRATAMENTO DOS DADOS NO <i>POWER BI</i>	34
3.3.1	Uso do <i>Power Query</i>	34
3.4	DESENVOLVIMENTO DOS <i>DASHBOARDS</i>	36
3.4.1	Layout e Navegação	36
3.4.2	Métricas dos indicadores	37
3.4.3	Interatividade e Atualização dos Dados	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.0.1	<i>Dashboards</i> desenvolvidos	39

4.1	IMPACTOS DA SOLUÇÃO DESENVOLVIDA	40
4.2	MELHORIAS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO, DESAFIOS EN- CONTRADOS E POSSIBILIDADES FUTURAS	41
5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

No início do século XIX, surgiram os primeiros esforços para a implementação das estradas de ferro como meio de transporte terrestre, marcando um dos maiores avanços na história do progresso humano. O sistema ferroviário destaca-se por sua capacidade de transportar grandes volumes de carga a médias e longas distâncias com alta eficiência energética. Comparado ao modal rodoviário, oferece diversas vantagens, como um menor número de acidentes, menor emissão de poluentes e uma redução significativa nos índices de roubos. De acordo com a Agência Nacional de Transportes Terrestres (2020), em 2020, o sistema ferroviário brasileiro consolidou-se como o maior da América Latina, sendo responsável pelo transporte de 714,7 milhões de toneladas, o que representa 20,7% da produção nacional.

Uma multinacional do setor de mineração, com sede no Brasil, ocupa uma posição de liderança global na produção de minério de ferro. Para manter sua competitividade, reduzir custos e atender às demandas internacionais, essa mineradora gerencia de maneira integrada todo o processo logístico, desde a extração até o transporte e a distribuição do minério, que parte do Brasil para diversos países (MIGUEL, 2013). Suas principais operações estão concentradas nos estados do Pará e Maranhão transportando o minério das minas até o porto de São Luís por meio de trens.

A locomotiva, veículo ferroviário responsável por fornecer o esforço de tração necessário para mover um trem de carga ou de passageiros, é uma peça central nesse sistema logístico. Quanto maior for sua disponibilidade operacional, maior será o potencial produtivo do sistema ferroviário como um todo. Nesse contexto, um programa de manutenção adequado desempenha um papel fundamental ao garantir que essas máquinas estejam em condições ideais de funcionamento, aumentando sua confiabilidade, disponibilidade e, conseqüentemente, contribuindo diretamente para o aumento da capacidade de transporte e da eficiência logística.

A manutenção pode ser definida como um conjunto de ações preventivas e intervenções técnicas destinadas a garantir o funcionamento adequado e a reparação de máquinas, componentes, moldes, ferramentas e instalações. A palavra manutenção tem sua origem no latim *manus tenere*, que significa "manter o que se possui"(ALMEIDA; ROCCA, 2016). O avanço da produção tecnológica tornou os parques industriais mais sensíveis às atividades de manutenção. Segundo Otani e Machado (2008), a manutenção, enquanto função estratégica nas organizações, exerce papel direto na disponibilidade dos ativos, ganhando ainda mais relevância à medida que sua gestão se torna mais eficaz.

A evolução dos sistemas de informação acompanha o crescente interesse da alta gestão pelos processos produtivos e pela cadeia de suprimentos. Inicialmente, surgiram soluções como o *MRP* (Planejamento das Necessidades de Materiais), que evoluíram para o *MRPII*

(Planejamento dos Recursos de Manufatura) e, posteriormente, para os sistemas *ERP* (Planejamento dos Recursos Empresariais), ampliando significativamente a capacidade de integração e controle organizacional. Atualmente, a tendência é ampliar a visão para além da empresa individual, abrangendo toda a cadeia de suprimentos, com foco no planejamento estratégico e tático em nível global, sem perder de vista a gestão operacional interna.

A implementação de sistemas *ERP* provoca transformações profundas nas operações cotidianas das organizações, influenciando diretamente seus processos internos. Esses sistemas destacam-se por sua capacidade de integrar dados e funções de diferentes áreas da empresa, centralizando as informações em uma única plataforma. Essa unificação busca superar os desafios de fragmentação de dados, indisponibilidade de informações e falhas na comunicação entre setores. Ao reunir diversos processos de negócios em um único sistema, os *ERPs* proporcionam maior confiabilidade, consistência e agilidade na gestão empresarial (RAMOS; OLIVEIRA, 2002). Entretanto, em uma empresa ferroviária, o cenário se torna ainda mais complexo. Além da necessidade de gerenciar eficientemente os processos de manutenção das locomotivas, é indispensável considerar fatores logísticos relacionados à operação ferroviária e às análises de confiabilidade técnica. Isso resulta em um ecossistema organizacional com múltiplos sistemas e plataformas que não se comunicam entre si de forma nativa, dificultando a obtenção de uma visão consolidada do desempenho operacional. A fragmentação das informações entre diversos *ERPs* e *softwares* especializados impede que a liderança tenha uma percepção clara e integrada dos processos, o que pode comprometer a tomada de decisões estratégicas. Nesse contexto, surge a necessidade de uma solução capaz de integrar dados dispersos, padronizar indicadores e fornecer visualizações que permitam compreender o funcionamento do sistema como um todo.

O *Business Intelligence* tem sido destacado como uma alternativa eficaz para aprimorar o processo decisório em contextos organizacionais caracterizados por alta complexidade e grande volume de dados (CODY et al., 2002). Esse conceito abrange um amplo conjunto de ferramentas e aplicações voltadas ao suporte à decisão, permitindo o acesso rápido, compartilhado e interativo às informações. Com o uso dessas soluções, torna-se possível analisar, manipular e explorar os dados de forma mais estratégica. Os usuários podem, assim, identificar padrões, tendências e correlações, transformando extensos volumes de informação em conhecimento útil e aplicável à gestão (PALESTINO, 2001).

1.1 OBJETIVOS

Desenvolver uma solução de *Business Intelligence* para o gerenciamento operacional de uma oficina de manutenção de locomotivas, integrando diferentes sistemas corporativos como o *SAP*, por meio do *SAPBO* (*SAP Business Objects*), *ORION* e o *GPV* (Gestão

da Produção da Vale) utilizando ferramentas da plataforma *Microsoft*, como *Power BI*, *Power Automate* e *Power Apps*, a fim de centralizar as informações, padronizar indicadores e otimizar a tomada de decisão.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Identificar as fontes de dados relevantes nos sistemas *SAP*, *ORION* e *GPV* e definir os métodos de extração e integração com as ferramentas de *BI*;
- Construir fluxos automatizados com *Power Automate* para consolidar e atualizar as informações de forma contínua;
- Desenvolver aplicações com *Power Apps* para facilitar a entrada de dados em campo e a interação dos usuários com o sistema;
- Criar *dashboards* interativos no *Power BI* que ofereçam uma visão integrada dos indicadores de manutenção, disponibilidade de ativos e confiabilidade operacional;
- Avaliar os benefícios da solução proposta em termos de melhoria na visibilidade da informação, agilidade no processo decisório e suporte à gestão estratégica da manutenção ferroviária.

1.2 JUSTIFICATIVA

A crescente complexidade dos processos operacionais nas oficinas de manutenção ferroviária exige soluções ágeis, integradas e eficientes para o controle e análise das informações. No cenário atual, em que a disponibilidade das locomotivas está diretamente relacionada à eficiência logística e à competitividade no setor ferroviário, torna-se essencial dispor de ferramentas que apoiem a tomada de decisão de forma precisa e em tempo real. No entanto, a fragmentação dos dados entre diversos sistemas corporativos dificulta a visualização completa do processo e compromete a eficácia da gestão da manutenção.

Este trabalho propõe uma solução simples, de rápida implementação e baixo custo relativo, baseada em ferramentas amplamente acessíveis da plataforma *Microsoft*, como *Power BI*, *Power Automate* e *Power Apps*. A aplicação dessas ferramentas visa automatizar a coleta de dados, padronizar indicadores e centralizar as informações em um único ambiente de análise, promovendo maior transparência, controle e agilidade operacional.

Além disso, o projeto possui um forte valor prático, uma vez que a oficina de manutenção abordada está localizada na própria cidade onde este trabalho foi desenvolvido, facilitando o levantamento de dados, o acompanhamento da operação e a validação da solução proposta.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

- Seção 2 descreve a literatura a respeito do tema.
- Seção 3 mostra a metodologia que será utilizada ao decorrer da criação dos *dashboards*.
- Seção 4 apresenta os resultados e discussões.
- Seção 5 descreve a conclusão do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TRABALHOS CORRELACIONADOS

Diversos estudos têm explorado a aplicação de ferramentas de *Business Intelligence* em diferentes contextos organizacionais, evidenciando sua importância na melhoria da tomada de decisões e na integração de informações.

- Leite, Diniz e Jayo (2009) realizaram um estudo de caso em uma instituição bancária brasileira, demonstrando como a implementação de soluções de *BI* pode otimizar a gestão operacional de agências. Os autores destacam que a utilização de *BI* permitiu uma análise mais eficiente dos dados, contribuindo para a melhoria dos processos internos e para a tomada de decisões mais assertivas.
- Vanti et al. (2004) propuseram uma configuração informacional para apoiar decisões estratégicas em processos contínuos de gestão da cadeia de valores. O estudo enfatiza a importância da integração das informações ao longo da cadeia de valor, permitindo uma visão holística dos processos e facilitando a identificação de oportunidades de melhoria.
- Daniel (2020), em sua dissertação de mestrado, investigou o uso do *BI* como fator para vantagem competitiva. A pesquisa abordou como a implementação de sistemas de *BI* pode influenciar positivamente a performance organizacional, destacando a relevância da tecnologia na obtenção de *insights* estratégicos e na melhoria contínua dos processos empresariais.
- Ribeiro (2023) desenvolveu um *dashboard* em *Power BI* para apoiar a gestão de armazéns, demonstrando como a ferramenta pode ser utilizada para transformar dados em informações visualmente interativas, facilitando a tomada de decisão e fornecendo uma visão abrangente dos processos logísticos.
- Jayaraman e Jain (2024) exploraram o uso do *Power BI* para aprimorar a visualização de dados e o *Business Intelligence*, destacando as capacidades da ferramenta em fornecer *insights* valiosos por meio de representações visuais interativas, o que contribui para uma tomada de decisão mais informada e eficaz.

Esses trabalhos reforçam a relevância do *BI* como ferramenta estratégica para a integração de dados e apoio à tomada de decisões. No contexto da manutenção de locomotivas, a aplicação de soluções de *BI* pode proporcionar uma visão integrada dos processos, facilitando a identificação de falhas, o planejamento de manutenções preventivas e a otimização dos recursos disponíveis.

2.2 MANUTENÇÃO

2.2.1 A História da Manutenção

Registros históricos indicam que práticas de manutenção já eram realizadas desde o século X. Um exemplo significativo é o dos vikings, que dependiam fortemente da conservação de seus navios para garantir sucesso em batalhas, como descrito por (SILVA, 2004). Segundo Moubray (2001), a evolução da manutenção pode ser dividida em três grandes períodos, cada um marcado por características distintas de abordagem e metodologia, as quais se tornam mais evidentes ao longo das transformações industriais.

O primeiro desses períodos, conhecido como primeira geração, abrange o tempo anterior à Segunda Guerra Mundial. Nessa fase, os equipamentos utilizados eram robustos, de construção simples e com baixa complexidade mecânica. Como consequência, as intervenções de manutenção eram esporádicas, não exigindo processos estruturados nem setores especializados, bastando muitas vezes substituir ou adaptar componentes com foco na confiabilidade básica.

Com o fim da guerra e o avanço da industrialização, iniciou-se a segunda geração, a partir da década de 1950. Nesse contexto, a produção em massa e o aumento da complexidade das máquinas demandaram estratégias mais organizadas para manter a continuidade operacional. Surgiu então o conceito de Manutenção Preventiva, com a ideia de que era possível prever falhas e interrupções por meio de cronogramas planejados. Essa abordagem, embora eficaz para reduzir paradas não programadas, também trouxe elevação de custos, o que exigiu novos controles para otimizar o uso de recursos.

Por fim, na Terceira Geração, que teve início na década de 1970, a manutenção passou a incorporar conceitos de confiabilidade, segurança e sustentabilidade. O foco deslocou-se para estratégias que maximizassem a disponibilidade dos ativos, ao mesmo tempo em que se reduziam os impactos ambientais, aumentava-se a segurança dos operadores e se assegurava a qualidade do produto final tudo isso com uma gestão de custos mais eficiente.

Atualmente, vivemos o que muitos autores já classificam como a quarta geração da manutenção, marcada pelo uso intensivo de tecnologias digitais, como inteligência artificial, internet das coisas, *big data* e sistemas de *business intelligence*. Nesta fase, o foco deixa de ser apenas a antecipação de falhas e passa a incorporar a tomada de decisão baseada em dados, com sistemas capazes de prever falhas, otimizar recursos e fornecer diagnósticos em tempo real. A gestão da manutenção se torna mais estratégica, e o acesso rápido e integrado às informações é essencial para garantir alta disponibilidade dos ativos, redução de custos e melhoria da performance operacional. No entanto, o avanço para essa geração depende diretamente da capacidade da organização de centralizar e analisar dados que, muitas vezes, estão fragmentados entre diferentes plataformas.

2.2.2 A Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção tem evoluído de forma significativa nas últimas décadas, acompanhando a crescente complexidade dos sistemas produtivos e a necessidade de maior eficiência operacional. TAVARES (1999) já destacava que a manutenção exerce um papel tão relevante no desempenho dos equipamentos quanto a própria operação. Esse entendimento reforça a importância de tratá-la não apenas como um conjunto de ações técnicas, mas como uma área estratégica da organização. A ISO 55000:2014 estabelece um conjunto de elementos interrelacionados que interagem para estabelecer a política, os objetivos e os processos da gestão de ativos para cumprir essas metas (ABNT, 2014).

Segundo Kardec e Nascif (2009), a gestão da manutenção envolve a busca por referências de excelência, a aplicação de métodos atualizados e a adoção de práticas compatíveis com os padrões internacionais. Entre seus principais objetivos estão o aumento da confiabilidade dos ativos, a maximização da disponibilidade, o fortalecimento da segurança e a simplificação dos processos.

2.2.3 Indicadores de Manutenção

Os indicadores de desempenho tornaram-se ferramentas essenciais na gestão de processos em diversas áreas organizacionais, especialmente no ambiente industrial. Eles são amplamente utilizados para avaliar e monitorar setores como produção, qualidade, segurança, logística, treinamento, custos e, particularmente, a manutenção. De acordo com Kutucuoglu et al. (2001), a medição de desempenho representa a "linguagem do progresso" dentro de uma organização, pois permite compreender a situação atual e traçar metas para o futuro com base em dados concretos.

Kardec et al. (2002) enfatiza que, para que um sistema de controle da manutenção seja realmente eficiente, é indispensável dispor de informações estruturadas sobre a forma de indicadores ou índices de desempenho. Esses dados possibilitam identificar fragilidades nos processos e diagnosticar as causas de resultados insatisfatórios. Dessa forma, os indicadores funcionam como ferramentas de apoio à tomada de decisão e ao direcionamento de ações corretivas e preventivas.

Além disso, Sinclair (1996) ressalta que a construção de um sistema de indicadores eficaz exige o envolvimento direto dos colaboradores que operam os processos. Isso porque são esses profissionais que detêm o conhecimento prático das atividades e, portanto, estão mais aptos a contribuir com a definição de métricas que representem adequadamente a realidade operacional.

No contexto da manutenção, os indicadores traduzem o comportamento dos ativos em relação às intervenções realizadas, revelando o impacto dessas ações sobre a confiabilidade, disponibilidade e desempenho dos equipamentos. São eles que permitem avaliar a efetividade das estratégias aplicadas e identificar oportunidades de melhoria contínua.

Alguns desses indicadores são apresentados a seguir:

- **Disponibilidade física (DF):** representa a proporção da potência em que a locomotiva encontra-se apta para operação em relação ao total da potência disponível. Esse indicador considera a potência efetiva da locomotiva disponível para tração, sendo um dos principais parâmetros para avaliar a capacidade operacional da frota.
- **Quilometragem Média entre falhas (KMEF):** mensura a média de quilômetros percorridos por uma locomotiva até que ocorra uma nova falha. É um importante indicativo da confiabilidade dos ativos, pois quanto maior o valor da KMEF, menor a frequência de falhas durante a operação ferroviária.
- **Perda Operacional (PO):** calcula o tempo perdido (em horas) devido a falhas que comprometem a operação da locomotiva. Esse indicador reflete diretamente o impacto das falhas na produtividade e eficiência logística do sistema ferroviário.
- **Aderência a análise de falhas:** indica o percentual de falhas que foram efetivamente analisadas em relação ao total de ocorrências registradas. A alta aderência reflete o compromisso da equipe técnica com a identificação das causas raízes e a prevenção de reincidências.
- **Dias fora de manutenção:** contabiliza o tempo, em dias, em que a locomotiva permanece em operação sem passar por atividades de manutenção programada. Valores elevados podem sinalizar a negligência de inspeções periódicas, comprometendo a confiabilidade do ativo no médio e longo prazo.

2.3 BUSINESS INTELLIGENCE

Para que uma organização se destaque em um mercado competitivo, é essencial que ela compreenda profundamente os dados relacionados ao seu funcionamento sejam eles referentes aos seus produtos, serviços, clientes ou ao ambiente em que está inserida. Ter domínio sobre essas informações, internas e externas, é o ponto de partida para decisões estratégicas bem fundamentadas (NASCIMENTO, 2020).

2.3.1 A História do BI

A origem do termo *Business Intelligence* remonta a 1958, quando Hans Peter Luhn, pesquisador da IBM, publicou o artigo “*A Business Intelligence System*”. Nesse trabalho, Luhn definiu o BI como a habilidade de compreender as conexões entre informações disponíveis, de modo a guiar ações em direção a metas estabelecidas. Ele ressaltava que o avanço em qualquer área dependia de uma comunicação eficaz entre dados e decisões (LUHN, 1958).

Com o passar do tempo, o conceito de *BI* evoluiu. AFFELDT, SILVEIRA e Vanti (2014) destacam sua importância como um meio de integrar dados oriundos de diferentes fontes, permitindo análises, consultas e relatórios que facilitam o processo decisório. Primak (2008) complementa afirmando que o termo ganhou força no final da década de 1990, impulsionado pela busca por ferramentas mais ágeis e eficientes. O *BI* surgiu então como uma evolução dos sistemas *Executive Information System (EIS)*, oferecendo maior capacidade de análise e projeção de cenários para as organizações.

Nos anos 1990, com a crescente informatização dos processos empresariais, o *BI* passou a ser consolidado como um conjunto de sistemas computacionais voltados a apoiar decisões de negócios e resolver problemas estratégicos (BAARS; KEMPER, 2008).

Segundo Olszak e Ziemba (2012), o avanço das tecnologias ampliou ainda mais o escopo do *BI*, incorporando novas ferramentas, *softwares* e recursos que facilitam a coleta, análise e distribuição de informações extraídas de múltiplas fontes.

Hoje, o *BI* é frequentemente interpretado como um “guarda-chuva” que abrange diversas tecnologias, metodologias e processos que têm como objetivo coletar, organizar, avaliar e interpretar dados, proporcionando suporte direto à tomada de decisões mais informadas. O *BI* pode ser compreendido sob duas perspectivas complementares. Tecnicamente, envolve um conjunto de ferramentas e sistemas capazes de tratar dados variados, extraídos de diferentes origens, e convertê-los em informações úteis. Do ponto de vista organizacional, representa uma abordagem estratégica que contribui para decisões mais eficientes por meio de uma análise integrada e estruturada das informações disponíveis.

2.3.2 A Estrutura dos Sistemas de *BI*

Os sistemas de *Business Intelligence* consistem em um conjunto de tecnologias que possibilitam a análise de dados com o objetivo de gerar informações relevantes para apoiar gestores, analistas e tomadores de decisão nas organizações (NEJAD; RASHIDI, 2023). De acordo com Primak (2008), o *BI* opera a partir da integração de componentes que trabalham de forma coordenada para armazenar, processar e explorar grandes volumes de dados oriundos de múltiplas fontes.

Dentre os principais elementos que compõem a arquitetura dos sistemas de *BI*, destacam-se: o *Data Warehouse*, o *Data Mining*, o processo *ETL* e as ferramentas de processamento analítico online (*OLAP*).

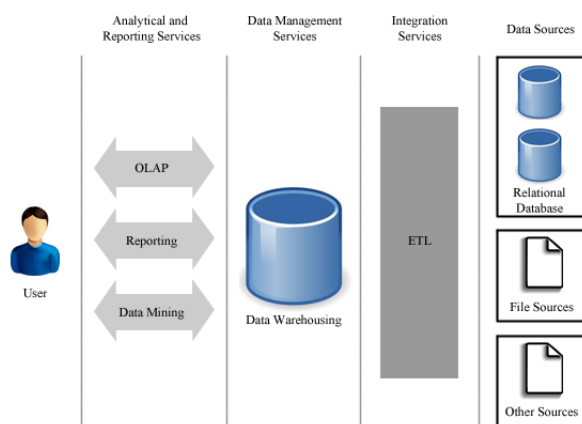
- ***Data Warehouse*:** segundo Calazans, Oliveira e Santos (2004), esse componente atende à demanda por informações de natureza gerencial por meio de estruturas organizadas. Já Machado (2000) destaca seu papel na centralização e integração de dados, permitindo análises estratégicas por diferentes perspectivas. Ele funciona como um repositório corporativo que armazena dados históricos provenientes de diversas origens, internas e externas, organizando-os para facilitar o acesso às infor-

mações mais relevantes para os diferentes setores da empresa (NEJAD; RASHIDI, 2023).

- **Data Mining:** trata-se da identificação de padrões, tendências e relações ocultas dentro de grandes conjuntos de dados. Conforme Olszak (2016), essa técnica visa encontrar correlações significativas entre dados aparentemente desconectados. Para Primak (2008), é uma forma sofisticada de pesquisa por meio da qual se pode descobrir informações valiosas. Leal (2009) reforça seu papel como ferramenta de extração de conhecimento a partir de grandes volumes de dados.
- **ETL:** o processo *ETL* é essencial na preparação dos dados para análise. Na etapa de Extração, dados são coletados de múltiplas fontes (EL-SAPPAGH; HENDAWI; BASTAWISSY, 2011). Em seguida, durante a Transformação, essas informações são padronizadas e limpas, garantindo consistência e qualidade (EL-SAPPAGH; HENDAWI; BASTAWISSY, 2011). Por fim, na fase de Carga, os dados tratados são inseridos em estruturas dimensionais, ficando disponíveis para uso em relatórios e *dashboards* (EL-SAPPAGH; HENDAWI; BASTAWISSY, 2011).
- **OLAP:** Essa ferramenta permite a análise dinâmica de grandes volumes de dados, oferecendo suporte a cálculos complexos e visualizações em múltiplas dimensões. O *OLAP* integra interfaces gráficas com funcionalidades analíticas que facilitam a interpretação dos dados sob diferentes pontos de vista, otimizando a tomada de decisões (NEJAD; RASHIDI, 2023).

Na Figura 1 encontra-se representada a arquitetura de *Business Intelligence*, a qual pode ser dividida em quatro fases:

Figura 1 – Arquitetura de *Business Intelligence*.



Fonte: Muhammad et al. (2014).

Na etapa de origem ou entrada de dados, são identificadas as diferentes fontes que alimentam o sistema de *Business Intelligence*, podendo ser internas ou externas à organização. Essas fontes incluem desde bases de dados relacionais até arquivos em formatos como Excel e CSV (NEJAD; RASHIDI, 2023).

Em seguida, os dados coletados passam pelos processos de *ETL* anteriormente descritos, que têm como finalidade padronizar e preparar os dados para análise.

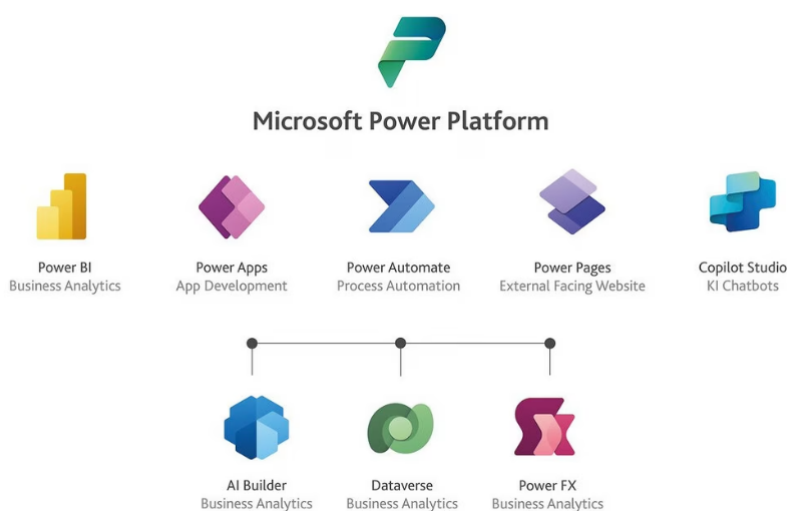
Concluída essa etapa, inicia-se o processo de *Data Warehousing*, no qual as informações são armazenadas em estruturas organizadas dentro do sistema de *BI*, permitindo consultas otimizadas e integradas.

Por fim, na fase de análise e geração de relatórios, os dados armazenados no *Data Warehouse* são acessados por meio de ferramentas como *OLAP* e *Data Mining*, possibilitando a extração de *insights* estratégicos e a entrega de informações relevantes aos tomadores de decisão e demais usuários da organização.

2.4 MICROSOFT POWER PLATFORM: POWER BI, POWER AUTOMATE E POWER APPS

A *Microsoft Power Platform* é um conjunto de aplicativos desenvolvido com o objetivo de capacitar os usuários na criação de soluções eficientes e inteligentes. Trata-se de uma plataforma composta por diferentes ferramentas, cada uma com funcionalidades específicas voltadas para atender às diversas demandas empresariais.

A Figura 2 a seguir apresenta os principais componentes que integram a *Power Platform*.



Fonte: Hodel (2023)

Essas ferramentas destacam-se pela elevada eficiência e simplicidade no desenvolvimento de soluções integradas e automatizadas. Por não exigirem conhecimento técnico

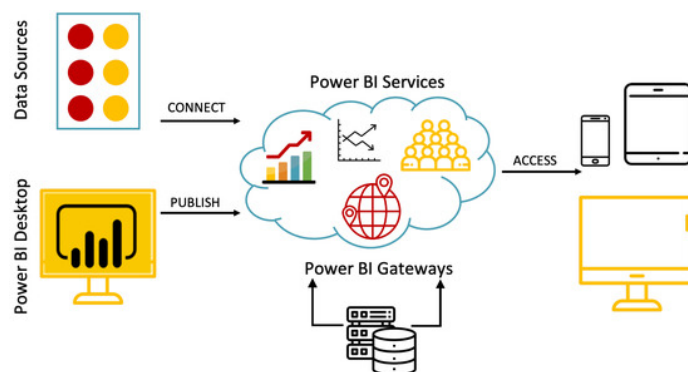
aprofundado, a plataforma possibilita que usuários criem aplicações, automatizem processos e enfrentem desafios empresariais com maior agilidade, eficácia e integração, contribuindo diretamente para o alcance dos objetivos organizacionais.

2.4.1 Power BI

O *Power BI* é um conjunto de ferramentas, conectores e serviços que permite transformar dados brutos em informações claras, confiáveis e interativas, apoiando diretamente o processo de tomada de decisões. Alinha-se ainda à tendência do *self-service BI*, que busca fornecer autonomia para que diferentes perfis de usuários mesmo aqueles sem experiência prévia com sistemas analíticos possam explorar e analisar dados por conta própria (SOUSA et al., 2021). A ferramenta foi desenvolvida a partir de uma série de funcionalidades avançadas do *Microsoft Excel*, sendo as três principais: *Power Query*, *Power Pivot* e *Power View*:

- ***Power Query***: essa funcionalidade permite importar e conectar dados a partir de uma grande variedade de fontes como bancos de dados relacionais, arquivos Excel, CSV, *Web Services* e *APIs*. Uma vez conectados, os dados passam por uma etapa de transformação, que inclui filtragem, exclusão de duplicatas, substituição de valores, junção de tabelas, entre outras operações. O *Power Query* utiliza uma linguagem própria chamada M, que possibilita aplicar transformações complexas com flexibilidade. Essa etapa é essencial para garantir que os dados estejam limpos, consistentes e prontos para análise.
- ***Power Pivot***: atua na modelagem dos dados. Com ele, é possível criar um modelo relacional entre diferentes tabelas por meio de chaves primárias e estrangeiras, além de definir medidas e colunas calculadas utilizando a linguagem *DAX*. O uso de *DAX* permite criar métricas poderosas como somatórios acumulados, médias móveis, comparações ano a ano, entre outros. Esse modelo é a base que estrutura e conecta os dados de forma eficiente para análises em tempo real e *dashboards* interativos.
- ***Power View***: essa funcionalidade é responsável pela criação das visualizações. Com ela, é possível construir relatórios e *dashboards* interativos com gráficos, tabelas, mapas geográficos, indicadores e segmentações. O *Power View* permite ao usuário final explorar os dados de forma intuitiva, aplicando filtros visuais, segmentações e interações entre diferentes elementos do relatório. A interatividade é um dos pontos fortes dessa ferramenta, que permite rapidamente identificar padrões, tendências e anomalias nos dados.

Para ilustrar como essas funcionalidades se integram dentro do *Power BI*, a Figura 3 apresenta uma visão geral da arquitetura da plataforma.

Figura 3 – Arquitetura *Power BI*.

Fonte: Sousa et al. (2021).

Conforme mostrado na Figura 3, os dados podem ser inseridos diretamente no *Power BI Service* por meio de conexões com diversas fontes ou através de relatórios previamente construídos no *Power BI Desktop*. A plataforma é compatível com uma ampla gama de formatos e sistemas, tanto locais quanto em nuvem, como arquivos Excel, CSV, XML, além de bancos de dados como MySQL, Sybase, SAP HANA, Oracle, IBM DB2, PostgreSQL, Teradata, Azure, entre outros (SOUSA et al., 2021).

O processo normalmente inicia no *Power BI Desktop*, onde os dados são importados, tratados e visualizados em painéis customizáveis. Após essa etapa, os relatórios podem ser publicados no *Power BI Service* para compartilhamento e consumo em diferentes dispositivos.

Conclui-se que, com o *Power BI*, os utilizadores conseguem obter uma visão abrangente e consolidada dos principais *KPIs* de seus negócios, publicados em um único ambiente, com atualizações em tempo real, de forma simples e eficiente. O acesso a essas informações pode ser realizado por meio de smartphones, tablets e computadores, o que proporciona maior mobilidade e flexibilidade aos gestores. Dessa forma, a organização alcança níveis mais elevados de produtividade e eficiência em seus processos analíticos e decisórios.

2.4.2 Power Automate

O *Power Automate*, desenvolvido pela Microsoft, é um serviço online voltado para a automação de fluxos de trabalho, com o objetivo de simplificar a integração entre diferentes aplicativos e serviços amplamente utilizados. A plataforma oferece uma vasta gama de conectores prontos para uso, cuja lista está em constante expansão, além da possibilidade de criação de conectores personalizados, de acordo com as necessidades específicas de cada organização (POWER; APPS; AUTOMATE, 2020).

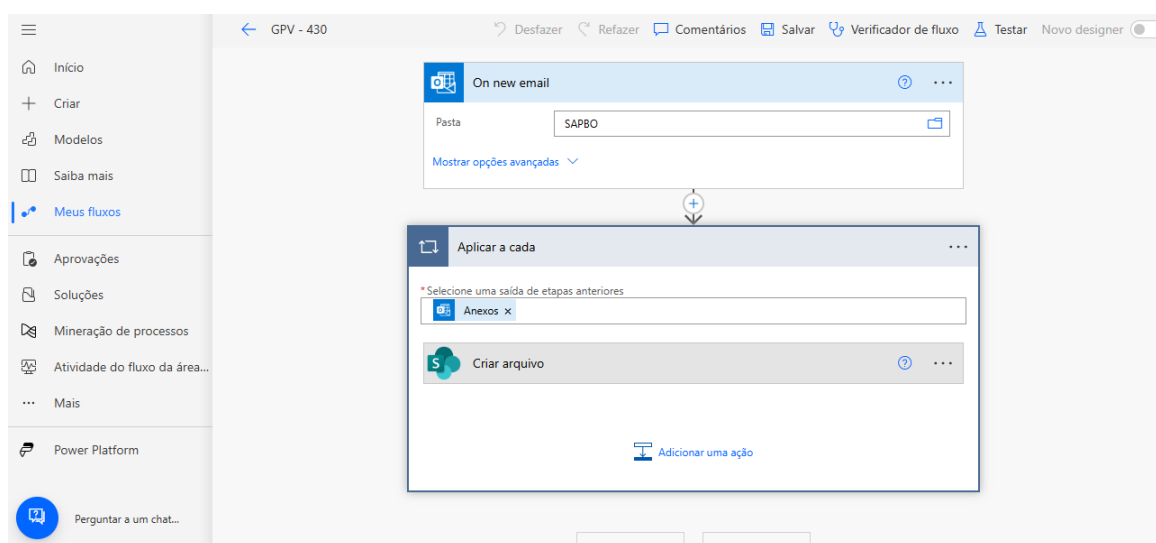
Ao permitir a criação de fluxos personalizados por meio de conectores variados, o *Power Automate* torna a integração entre sistemas mais acessível e eficiente. A ferramenta viabiliza a automação de processos diversos, desde tarefas simples e repetitivas até

operações mais complexas, contribuindo significativamente para a otimização do tempo e dos recursos organizacionais.

Cada fluxo criado no *Power Automate* é estruturado com base em dois elementos principais: o gatilho e as ações subsequentes (POWER; APPS; AUTOMATE, 2020). O gatilho é o evento inicial que dá início à execução do fluxo automatizado. A partir desse ponto, o sistema desencadeia uma ou mais ações, determinadas conforme a lógica definida pelo usuário durante o desenvolvimento do processo.

Conforme destacado por Aguirre e Rodriguez (2017), trata-se de uma plataforma robusta, concebida para atender aos requisitos de segurança, escalabilidade, auditabilidade e gestão de mudanças demandados pelos departamentos de *TI* das organizações.

Figura 4 – Tela de criação de fluxo no *Power Automate*.



Fonte: Autoria própria.

2.4.3 Power Apps

O *Power Apps* é um conjunto de aplicativos, serviços, conectores e uma plataforma de dados integrada que proporciona um ambiente de desenvolvimento ágil, voltado à criação de aplicativos personalizados que atendem a demandas específicas dos negócios. Por meio dessa ferramenta, é possível desenvolver rapidamente aplicações que se conectam a dados armazenados tanto na plataforma de dados subjacente, o *Microsoft Dataverse*, quanto em diversas fontes de dados locais ou baseadas na nuvem, como *SharePoint*, *Microsoft 365*, *Dynamics 365*, *SQL Server*, entre outras (POWER; APPS; AUTOMATE, 2020).

A plataforma oferece recursos que permitem a criação de aplicativos por meio de interfaces gráficas e intuitivas, mesmo por usuários com pouco conhecimento em programação. Os aplicativos do tipo "*canvas*", por exemplo, possibilitam o design de interfaces de usuário personalizadas, compostas por diferentes telas interativas, que facilitam a visualização e manipulação dos dados.

Além disso, o *Power Apps* suporta múltiplas conexões com diferentes fontes de dados, incluindo planilhas do *Microsoft Excel* armazenadas em ambientes de nuvem e listas do *SharePoint* hospedadas em sites corporativos. Essa flexibilidade torna a ferramenta altamente adaptável a diversos contextos organizacionais, promovendo soluções digitais rápidas, escaláveis e alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa (POWER; APPS; AUTOMATE, 2020).

Figura 5 – Tela de início *Power Apps*.



Fonte: Autoria própria.

2.5 SISTEMA GESTÃO DE PRODUÇÃO VALE

O Sistema de Gestão de Produção Vale é uma plataforma interna desenvolvida com o objetivo de centralizar e integrar a gestão da produção na empresa, substituindo 17 sistemas anteriormente utilizados. A iniciativa visou consolidar as informações em um único ambiente, otimizando o controle operacional e a tomada de decisão. O desenvolvimento do GPV teve início em 2014, por meio de uma colaboração entre as áreas de Tecnologia da Informação e Ferrosos da Vale, em parceria com a empresa Chemtech, pertencente ao Grupo Siemens.

A implantação do sistema começou em outubro de 2016 e integra a plataforma tecnológica única da Vale voltada à gestão da cadeia de valor do setor de ferrosos abrangendo operações de mina, ferrovia e porto. O GPV cobre todo o processo produtivo, desde a lavra e o beneficiamento até a expedição do minério, sendo capaz de processar 1,2 terabyte de dados em tempo real e atender até mil usuários simultaneamente.

No escopo deste trabalho, destaca-se a importância do GPV como fonte primária de dados operacionais ferroviários, incluindo informações como o tempo de duração de eventos ferroviários, registros de movimentação de locomotivas, cadastro de falhas, entre outros.

Tais dados são essenciais para análises voltadas à eficiência operacional, manutenção e melhoria contínua dos processos.

Vale ressaltar que, por se tratar de um sistema corporativo interno, há uma limitação no acesso a informações detalhadas sobre sua estrutura técnica e funcionalidades específicas.

Figura 6 – Tela de início do GPV.



Fonte: Autoria própria.

2.6 SAP BUSINESS OBJECTS

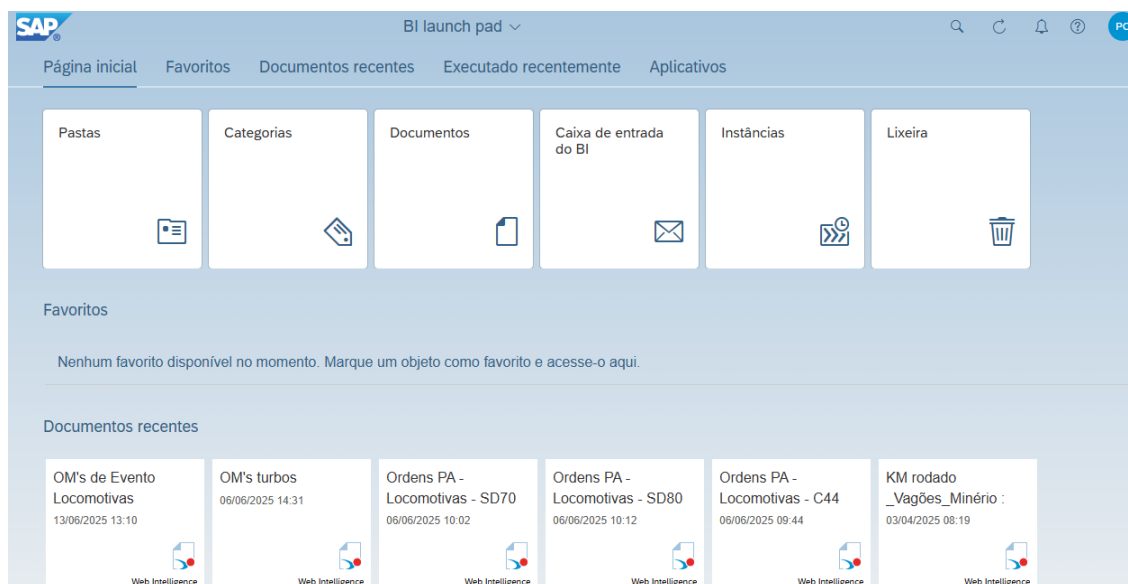
O *SAP Business Objects* inicialmente criado pela empresa francesa Business Objects em 1990, passou a integrar o portfólio da SAP após sua aquisição em 2007, é uma plataforma de *Business Intelligence* desenvolvida para auxiliar empresas na geração, organização e distribuição de relatórios operacionais com base em dados corporativos. Sua principal função é transformar grandes volumes de dados, oriundos de diferentes sistemas, em informações úteis para a tomada de decisões estratégicas e operacionais (ABADI; TERZIEV; SETIAWAN, 2017).

A arquitetura do *SAPBO* é centrada em uma camada semântica denominada *Universe*, que permite aos usuários interagir com os dados de forma abstrata, sem a necessidade de compreender a complexidade da estrutura física dos bancos de dados. Essa abordagem torna o processo de criação de relatórios mais intuitivo e acessível, ao mesmo tempo em que assegura a consistência e integridade das informações geradas.

No contexto corporativo, essa ferramenta é amplamente utilizada para a produção de relatórios recorrentes, como indicadores de desempenho, inventários, custos de manutenção, entre outros. Por meio de sua integração com bancos de dados, o *SAP Business Objects* permite acessar dados históricos e atualizados, aplicar filtros personalizados, gerar

visualizações e exportar os resultados de forma estruturada (ABADI; TERZIEV; SETI-AWAN, 2017).

Figura 7 – Tela de início do *SAPBO*.



Fonte: Autoria própria.

2.7 ORION

O Orion é uma plataforma digital especializada na gestão de ativos industriais com base nos princípios da Engenharia da Confiabilidade. Desenvolvido pela empresa brasileira Compass, o sistema foi estruturado para atender aos requisitos da norma *ISO 55001*, voltada à gestão de ativos físicos, e ao guia PAS 55, referência internacional em boas práticas de manutenção e confiabilidade.

A plataforma combina módulos voltados à análise de confiabilidade, gestão de riscos, priorização de ativos críticos, cálculo de indicadores e desenvolvimento de estratégias de manutenção mais efetivas, por meio da aplicação de metodologias.

No contexto deste trabalho, o Orion desempenha um papel central na análise sistemática das falhas das locomotivas, fornecendo subsídios para a construção de indicadores confiáveis, melhoria dos planos de manutenção e suporte à tomada de decisão estratégica na oficina ferroviária. Ao integrar-se com o SAP e com sistemas de produção como o GPV, o Orion viabiliza uma visão mais precisa e preditiva da saúde dos ativos, contribuindo para o aumento da disponibilidade operacional, redução de paradas não programadas e eficiência logística.

A utilização do Orion, portanto, fortalece a abordagem orientada por dados adotada neste projeto, possibilitando que os resultados das análises de confiabilidade sejam aproveitados na construção de *dashboards* no *Power BI*.

Figura 8 – Tela de início do Orion.

The screenshot displays the Orion dashboard interface. At the top, there is a navigation bar with the Orion logo, a search icon, a help icon, and a user profile for PEDRO LUCAS CARDOSO CORREA. Below the navigation bar, the main content area is divided into several sections:

- Meu Portal:** This section contains four cards: "Relatório da Confiabilidade Futura" (with a sub-note "Sem relatório publicado CPF (NA Dias)"), "Falha Crítica no Ativo", "Desempenho dos Ativos", and "Gestão de Ativos".
- Últimas Notícias:** This section features three news items:
 - 01 Atualizações Orion 2025 v5.9:** By admin Orion, dated 14/07/2025 - 10:02.
 - 02 Live sobre a jornada da YPÉ na Confiabilidade - Evento gratuito:** By José Antonio Rampinelli, dated 04/07/2025 - 14:11.
 - 03 Oportunidade de conhecimento em Engenharia de Confiabilidade:** By José Antonio Rampinelli, dated 03/07/2025 - 09:54.
- Minhas Análises:** This section shows a table of analysis results for different metrics:

LDA		RGA		RCA		SPF		FOR
1	1	0	0	163	7	0	0	>

Fonte: Autoria própria.

3 METODOLOGIA

A abordagem adotada neste trabalho baseia-se na aplicação estruturada de ferramentas de *Business Intelligence* com o objetivo de otimizar a gestão da manutenção de locomotivas. A proposta contempla cinco fases sequenciais, que envolvem desde a definição dos indicadores até a disponibilização das informações em ambientes acessíveis e interativos. As etapas foram organizadas de forma a garantir a integridade, confiabilidade e usabilidade dos dados extraídos dos diferentes sistemas corporativos utilizados.

- **Definição dos Indicadores:** a primeira etapa consistiu na identificação e seleção dos indicadores de desempenho mais relevantes para o acompanhamento da manutenção de locomotivas.
- **Coleta e Extração de Dados:** a segunda fase concentrou-se na aquisição dos dados a partir dos sistemas corporativos utilizados na gestão da manutenção e das operações ferroviárias.
- **Modelagem e Tratamento dos Dados no *Power BI*:** na terceira fase os dados obtidos foram inseridos no ambiente do *Power BI Desktop*, onde passaram por processos de tratamento e transformação com o uso das funcionalidades do *Power Query*. Foram realizadas operações como limpeza de registros inconsistentes, normalização de campos, fusão de tabelas e criação de colunas calculadas. A modelagem relacional foi estruturada utilizando o *Power Pivot*, garantindo integridade entre as diferentes fontes e a correta associação dos dados históricos com os indicadores definidos.
- **Desenvolvimento dos *Dashboards*:** a quarta etapa correspondeu à criação dos *dashboards* interativos no ambiente do *Power BI*. Com base na modelagem dos dados e nos indicadores definidos, foram desenvolvidos painéis visuais capazes de representar, de forma clara e intuitiva, o desempenho operacional das locomotivas, bem como o status das ações de manutenção.
- **Publicação e Integração com Aplicativos:** na última fase, os relatórios desenvolvidos foram publicados no ambiente online do *Power BI Service*, garantindo acesso remoto e seguro aos usuários finais. Além disso, foram criadas aplicações no *Power Apps* para facilitar a entrada de dados em campo e integradas automações com o *Power Automate*, garantindo que as bases de dados fossem atualizadas periodicamente sem a necessidade de intervenção manual.

3.1 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES

Os indicadores de manutenção adotados neste trabalho foram previamente descritos no Capítulo 2, na seção de Fundamentação Teórica, e incluem: Disponibilidade Física, Quilometragem Média entre Falhas, Perda Operacional, Aderência à Análise de Falhas e Dias Fora de Manutenção.

Esses indicadores foram utilizados como base para a construção dos *dashboards* interativos. Os dados brutos foram extraídos dos sistemas *SAPBO* e *ORION*. A seguir, descreve-se a origem e a fórmula de cálculo de cada indicador:

- **Disponibilidade Física (DF):** Os dados para o cálculo da DF são extraídos do GPV com base na transação 430 do sistema, conforme ilustrado na Figura 9. O indicador é calculado segundo a Equação 3.1:

$$DF = \frac{\text{HP Utilizado}}{\text{HP Total na Ferrovia}} \quad (3.1)$$

Figura 9 – Tela da transação 430 no GPV.

[430] Consultas » Históricos » Desempenho Veículos
Pesquisar

Resumo							
Agrupador	Quant. Loco	(%) Loco	Loco/Hora	(%) Loco/Hora	HP/Hora	% HP/Hora	Distância (Km)
DISPONÍVEL	244	92,78	2.925,27	88,77	14.333.162,00	89,01	59.034,93
DISPONÍVEL NÃO UTILIZADO	116	47,54	677,62	23,16	3.110.168,67	21,70	692,00
ABASTECIMENTO OFICINA	24	20,69	1,80	0,27	8.299,33	0,27	0,00
AGUARDANDO ABASTECIMENTO	9	7,76	12,55	1,85	57.426,67	1,85	0,00
AGUARDANDO COMPLEMENTO TRACÇÃO	7	6,03	22,47	3,32	107.724,00	3,46	0,00
AGUARDANDO PROGRAMAÇÃO	28	24,14	216,13	31,90	947.293,33	30,46	0,00
AGUARDANDO UTILIZAÇÃO HELPER	22	18,97	31,50	4,65	137.426,00	4,42	0,00
AGUARDANDO UTILIZAÇÃO MANOBRA	17	14,66	75,12	11,09	350.065,00	11,26	0,00
DESTINADO PARA OFICINA	6	5,17	26,17	3,86	118.691,33	3,82	0,00
EM ABASTECIMENTO	5	4,31	2,45	0,36	10.731,00	0,35	0,00
RESERVA TECNICA	10	8,62	125,57	18,53	623.490,67	20,05	0,00
À DISPOSIÇÃO DO MOVIMENTO	51	43,97	163,87	24,18	749.021,33	24,08	692,00
DISPONÍVEL UTILIZADO	215	88,11	2.247,65	76,84	11.222.993,33	78,30	58.342,93
AGUARDANDO CIRCULAÇÃO	1	0,47	0,90	0,04	3.942,00	0,04	0,00
EM HELP DE TREM	22	10,23	186,27	8,29	812.864,00	7,24	4.217,10
MANOBRAS	22	100,00	45,03	24,18	196.546,00	24,18	1.903,88
Número total de resultados	263	100,00	3.295,38	100,00	16.102.767,67	100,00	59.491,93

Fonte: Autoria própria.

- **Quilometragem Média entre Falhas (KMEF):** Os dados de quilometragem são obtidos da transação 430 do GPV (Figura 9) e os registros de falhas e reboques são extraídos de relatórios elaborados no *SAPBO*, conforme Figura 10. Ambos os dados consideram o acumulado dos últimos 12 meses. A fórmula utilizada está representada na Equação 3.2:

$$KMEF = \frac{\text{Distância (km) disponível}}{\text{Falhas + Reboques}} \quad (12 \text{ meses}) \quad (3.2)$$

Figura 10 – Relatório de eventos no *SAPBO*.

AUFK_OMNU	AUFK_AUFNI	AUFK_TXTMI	IFLOT_ZZTPI	AUFK_ERDA	AUFK_MSGR	AUFK_ZZAS1	AUFK_ZZST1	AUFK_VAPL2	AUFK_ANAM	AUFK_GSTR	AUFK_GETR
	20250108383	BLOQUEIO N	EFCJ-MTR-L	03/03/25	DEFEITO	ENCR VPTS	ENCE CONF	EMELTC	01073585	03/03/25	03/03/25
	20250108383	BLOQUEIO N	EFCJ-MTR-L	03/03/25	DEFEITO	ENCR VPTS	ENCE CONF	EMELTC	ZOV_BRIT96	03/03/25	03/03/25
20240000165	20240001028	EV: V923/QAI	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR EXCO	ENCE CONF	REVI	01040949	11/01/24	11/01/24
20240000165	20240001028	EV: V923/QAI	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR EXCO	ENCE CONF	REVI	01073585	11/01/24	11/01/24
20240000165	20240001028	EV: V923/QAI	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR EXCO	ENCE CONF	REVI	C0319921	11/01/24	11/01/24
20240000198	20240001070	EV: M824/QM	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR EXCO	ENCE CONF	REVIEL	01040949	03/01/24	03/01/24
20240000198	20240001070	EV: M824/QM	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR EXCO	ENCE CONF	REVIEL	01073585	03/01/24	03/01/24
20240000198	20240001070	EV: M824/QM	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR EXCO	ENCE CONF	REVIEL	C0319921	03/01/24	03/01/24
20240000233	20240001132	EV: XXXQ/73	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR ENCO	ENCE CONF	REVIEL	01040949	11/01/24	11/01/24
20240000233	20240001132	EV: XXXQ/73	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR ENCO	ENCE CONF	REVIEL	01073585	11/01/24	11/01/24
20240000233	20240001132	EV: XXXQ/73	EFCJ-MTR-L	01/01/24	DEFEITO	ENCR ENCO	ENCE CONF	REVIEL	C0319921	11/01/24	11/01/24
20240000331	20240001948	EV: MAN/QP	EFCJ-MTR-L	02/01/24	DEFEITO	ENCR EXCO	ENCE CONF	REVIEL	01040949	02/01/24	02/01/24
20240000331	20240001948	EV: MAN/QP	EFCJ-MTR-L	02/01/24	DEFEITO	ENCR EXCO	ENCE CONF	REVIEL	01073585	02/01/24	02/01/24

Fonte: Autoria própria.

- **Perda Operacional (PO):** Este indicador já vem calculado diretamente no GPV, por meio da transação 410.
- **Aderência à Análise de Falhas (AF):** A extração dos dados é feita manualmente por meio de relatórios gerados no sistema ORION, que apresentam o status de conclusão de cada relatório de falha na Figura 11 está representado o corpo do relatório. O cálculo é definido conforme a Equação 3.3:

$$AF = \frac{\text{Contagem dos relatórios concluídos}}{\text{Contagem de todos os relatórios}} \quad (3.3)$$

Figura 11 – Relatório do sistema ORION.

Fonte: Autoria própria.

- **Dias Fora de Manutenção:** Este indicador é calculado com base nos dados da transação 431 do GPV, utilizando o registro de hora para calcular a diferença entre a última passagem da locomotiva e a data da falha (ou a data atual). A Figura 12 apresenta a tela da referida transação.

Figura 12 – Tela da transação 431 no GPV.

[431] Consultas » Históricos » Histórico Eventos Veículos
Pesquisar

Ações	Data Hora	Evento	Duração	Situação	Responsável	Últ. Prefixo	Últ. Trem	Pátio	Setor Pátio	Li
☐	22/07/2025 14:54	PEGAR	10:54	HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	M152	1.253.789			
☐	23/07/2025 01:48	DEIXAR	01:03	HELPER	PÁTIO E TERMINAIS	M152	1.253.789	Q482	Q482PC	4
☐	23/07/2025 02:51	PEGAR	01:46	HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	H133	1.254.155			
☐	23/07/2025 04:37	DEIXAR	00:01	AG PROGRAMAÇÃO HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	H133	1.254.155	QAL	QALPC	0
☐	23/07/2025 04:38	PEGAR	01:49	HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	H237	1.254.262			
☐	23/07/2025 06:27	DEIXAR	00:34	HELPER	PÁTIO E TERMINAIS	H237	1.254.262	Q621	Q621PC	6
☐	23/07/2025 07:01	PEGAR	07:56	HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	M162	1.253.792			
☐	23/07/2025 14:57	DEIXAR	00:36	HELPER	PÁTIO E TERMINAIS	M162	1.253.792	Q482	Q482PC	4
☐	23/07/2025 15:33	PEGAR	01:02	HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	H149	1.254.265			
☐	23/07/2025 16:35	DEIXAR	00:01	AG PROGRAMAÇÃO HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	H149	1.254.265	QAL	QALPC	0
☐	23/07/2025 16:36	PEGAR	01:58	HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	H253	1.254.249			
☐	23/07/2025 18:34	DEIXAR	01:47	HELPER	PÁTIO E TERMINAIS	H253	1.254.249	Q621	Q621PC	6
☐	23/07/2025 20:21	PEGAR	04:17	HELPER	CENTRO CONTROLE OPERACIONAL	M154	1.254.151			
☐	24/07/2025 00:38	DEIXAR	00:22	HELPER	PÁTIO E TERMINAIS	M154	1.254.151	Q482	Q482PC	4

Fonte: Autoria própria.

3.2 COLETA E EXTRAÇÃO DOS DADOS

Para viabilizar a consolidação dos indicadores e a automatização do processo de análise, foram criados relatórios personalizados dentro do *SAPBO* contendo as informações necessárias. Esta ferramenta permite a definição de uma recorrência para envio automático dos relatórios por e-mail, em intervalos de tempo pré-definidos, conforme exemplificado na Figura 13.

Figura 13 – Programação de relatório *SAPBO*.

SAP Programar

Programar

Geral Características do relatório

Destinos de entrega selecionados

Local padrão da empresa

E-mail

Recorrência

Executar relatório:

Recorrente

Repetir:

Diariamente

Cada:

1

Dia(s)

Data de início:

9 de jul de 2025 11:40:33

Data final:

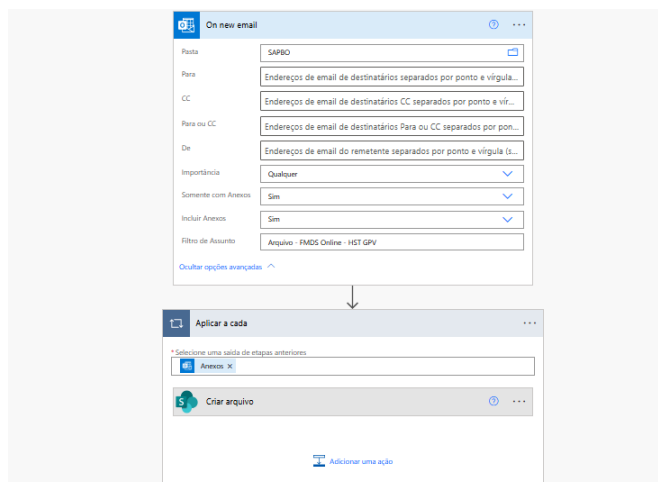
9 de jul de 2025 11:33:33

Programação Fechar

Fonte: Autoria própria.

A partir do recebimento automático desses e-mails, foi criado um fluxo no *Power Automate* responsável por identificar as mensagens recebidas, extrair seus anexos e salvá-los automaticamente em uma pasta previamente definida no *SharePoint*, conforme mostrado na Figura 14.

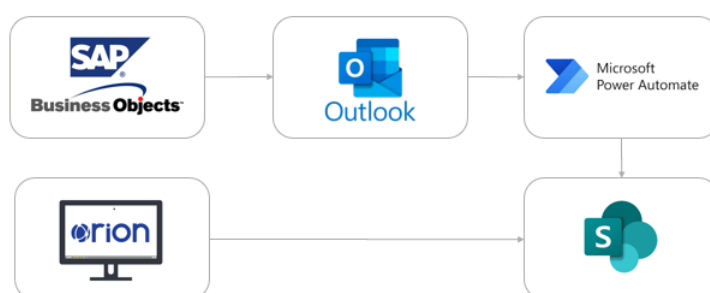
Figura 14 – Estrutura do fluxo automatizado.



Fonte: Autoria própria.

Para os dados provenientes do sistema ORION, como essa aplicação não oferece suporte ao agendamento automático de relatórios, foram criados *templates* manuais com os filtros necessários. Os dados foram exportados em formato *CSV* e salvos na mesma pasta do *SharePoint*, garantindo a padronização da estrutura de armazenamento. A Figura 15 apresenta o fluxo adotado para a coleta dos dados.

Figura 15 – Fluxo de coleta de dados.



Fonte: Autoria própria.

3.3 MODELAGEM E TRATAMENTO DOS DADOS NO *POWER BI*

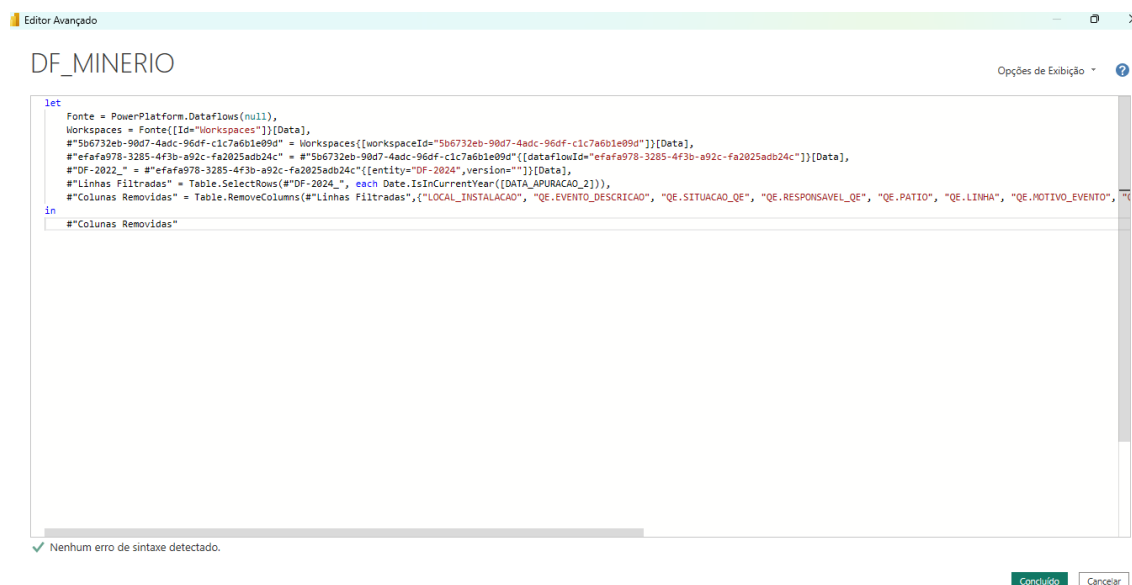
3.3.1 Uso do *Power Query*

O *Power Query* é a ferramenta do *Power BI* responsável por realizar o processo de *ETL* dos dados. Ele permite conectar, limpar, transformar e carregar dados de diversas fontes

antes de serem utilizados na modelagem e visualização. Nesta etapa, foram aplicadas diversas transformações essenciais para garantir a integridade, consistência e padronização dos dados provenientes do *SAPBO*, *GPV* e *Orion*.

- Remoção de colunas irrelevantes: para reduzir a complexidade do modelo e manter apenas os dados necessários para a análise dos indicadores de manutenção conforme é ilustrado na Figura 16.

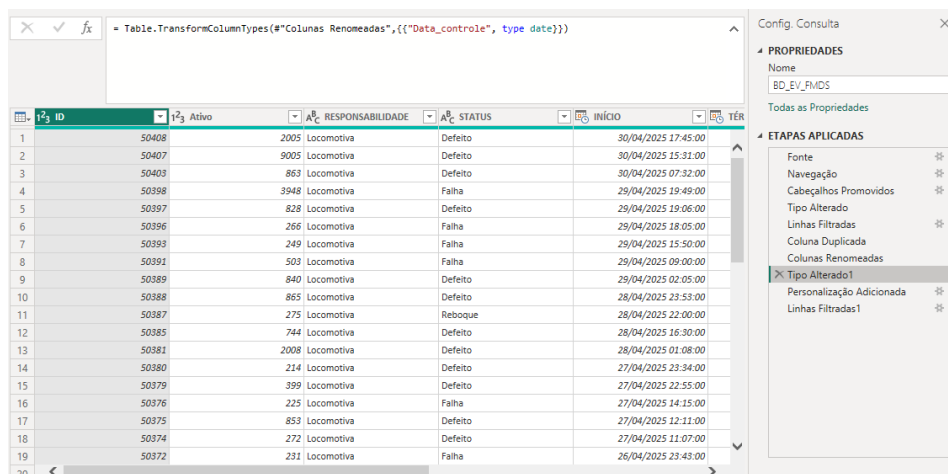
Figura 16 – Remoção de colunas da base de DF Minério.



Fonte: Autoria própria.

- Alteração de tipos de dados: como datas, números decimais e textos, garantindo a correta interpretação nas fórmulas DAX e nos visuais conforme é ilustrado na Figura 17.

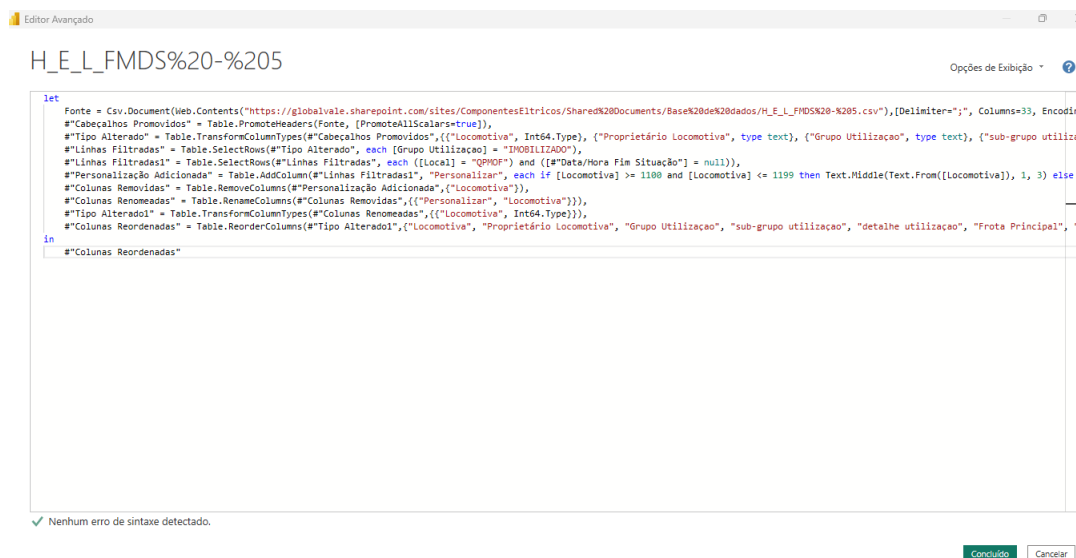
Figura 17 – Alteração do tipo de dado.



Fonte: Autoria própria.

- Tratamento de valores nulos: substituindo por valores padrão ou eliminando registros incompletos, de acordo com regras de negócio conforme é ilustrado na Figura 18.

Figura 18 – Remoção de valores nulos.



Fonte: Autoria própria.

- Renomeação de colunas: para facilitar o entendimento e padronizar a nomenclatura em todo o projeto, utilizando nomes descritivos.
- Criação de colunas auxiliares: como colunas de data formatada, duração de eventos, classificações por tipo de falha, entre outras conforme é ilustrado na Figura 19.
- Mesclagem e junção de tabelas: uso das funções de *merge* e *append* para integrar dados complementares, como por exemplo unificar tabelas com falhas e com histórico de manutenção conforme é ilustrado na Figura 19.

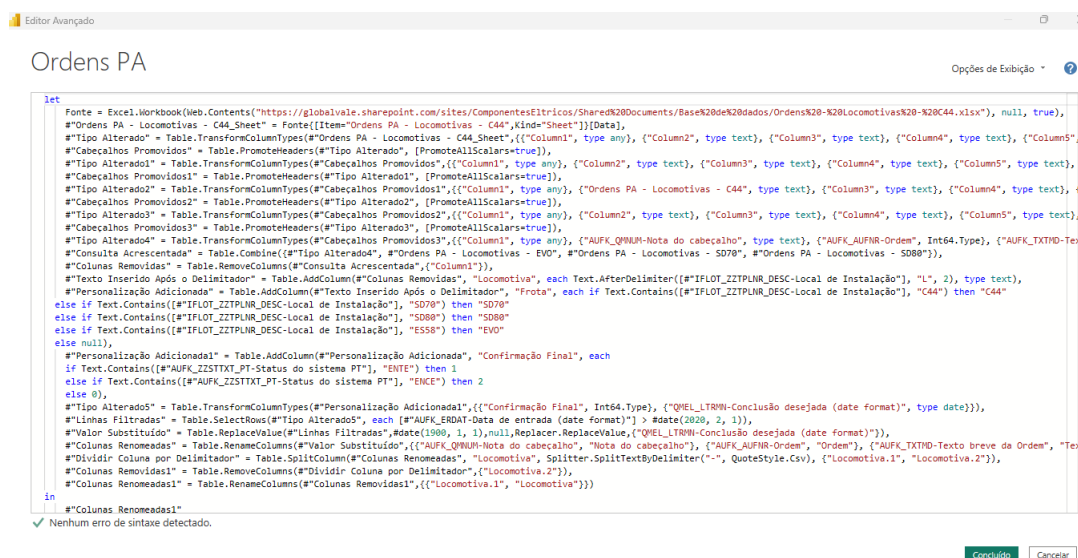
3.4 DESENVOLVIMENTO DOS *DASHBOARDS*

3.4.1 Layout e Navegação

Os *dashboards* foram construídos no *Power BI Desktop*, utilizando uma interface dividida em seções de produtividade, qualidade e outros. Foram adotados princípios de design visual voltados à clareza e à experiência do usuário.

- Cores padronizadas conforme manual de paleta da empresa.
- Segmentações por período, locomotiva e tipo de falha.
- Utilização de gráficos de barras, cartões, tabelas dinâmicas e linhas do tempo.
- Navegação entre abas categorizadas.

Figura 19 – Criação de colunas auxiliares e junção de tabelas.



Fonte: Autoria própria.

3.4.2 Métricas dos indicadores

Foram desenvolvidas as seguintes métricas para o cálculo dos indicadores definidos, abaixo a Figura 20 ilustra a medida de dias fora de manutenção.

- Disponibilidade Física
- KMEF
- Perda Operacional
- Aderência à Análise de Falhas
- Dias Fora de Manutenção

Figura 20 – Medida de dias fora de manutenção.

```

1 Dias_Fora2 =
2 VAR data_evento = [menor_data_evento]
3 VAR data_gpv = CALCULATE(
4     [maior_data_gpv2],
5     FILTER(
6         BD_GPV,
7         BD_GPV[DataHoraInicioSituacao] <= data_evento &&
8         (BD_GPV[DescricaoSituacao] = "AGUARDANDO LOTACAO" || BD_GPV[DescricaoSituacao] = "AG RETIRADA")
9     )
10 )
11 RETURN
12 IF (
13     ISBLANK(data_gpv) || ISBLANK(data_evento),
14     "não encontrado",
15     DATEDIFF(data_gpv, data_evento, MINUTE) / (24 * 60)
16 )

```

Fonte: Autoria própria.

3.4.3 Interatividade e Atualização dos Dados

Os *dashboards* são dinâmicos, permitindo filtros personalizados pelo usuário. A atualização dos dados ocorre automaticamente conforme novos arquivos são recebidos via fluxo do *Power Automate* e armazenados no *SharePoint*. Toda vez que o *Power BI* é aberto ou agendado para atualização, ele consulta a pasta conectada, importa os novos dados tratados no *Power Query* e atualiza as visualizações.

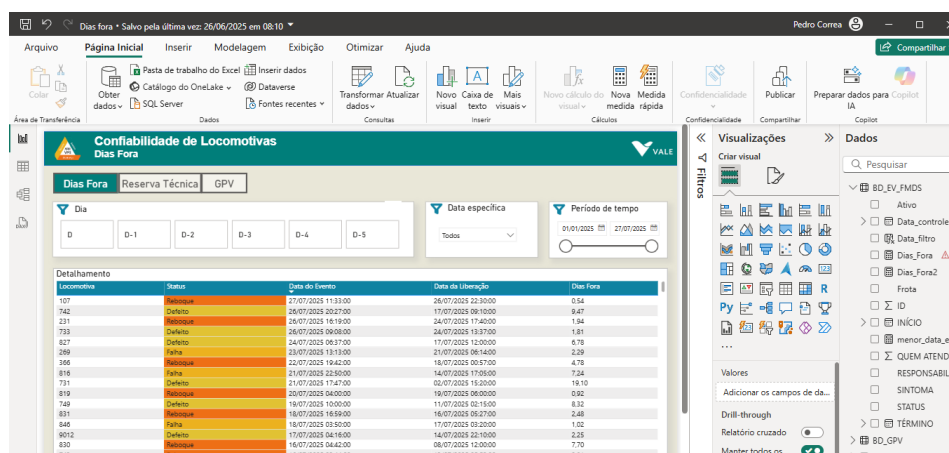
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.0.1 Dashboards desenvolvidos

As Figuras apresentadas a seguir ilustram os *dashboards* desenvolvidos ao longo do projeto, bem como sua integração em um ambiente unificado de acesso.

Na Figura 21, observa-se a interface do *dashboard* no ambiente de desenvolvimento do *Power BI Desktop*, contemplando a visualização interativa dos indicadores e métricas definidas.

Figura 21 – *Dashboard* de dias fora no *Power BI Desktop*.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 22 apresenta o aplicativo criado no *Power Apps*, responsável por consolidar e disponibilizar, de forma centralizada, todos os *dashboards* desenvolvidos, facilitando o acesso tanto por dispositivos móveis quanto por computadores corporativos.

Figura 22 – Aplicativo unificando os *dashboards*.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 23 descreve a página analítica denominada 'perfil de perdas', que consolida a distribuição das perdas operacionais por categoria, por locomotiva e por período. Essa página oferece recursos de *drill-through*, segmentações e tabelas detalhadas, viabilizando a identificação das principais fontes de perda e a priorização de ações corretivas.

Figura 23 – Perfil de perdas das locomotiva no *Power BI Service*.



Fonte: Autoria própria.

4.1 IMPACTOS DA SOLUÇÃO DESENVOLVIDA

A construção e implementação do sistema de *Business Intelligence* para a gestão da manutenção de locomotivas resultou em avanços significativos na forma como os dados são tratados, acessados e utilizados pela liderança da oficina. Anteriormente, a fragmentação das informações entre múltiplos sistemas dificultava a visualização integrada dos processos e atrasava a tomada de decisão.

Uma vez desenvolvida a nova ferramenta, esta foi apresentada ao gestores e time de execução, explicando o seu funcionamento, assim como o que se pretendia com cada um dos indicadores. Com a aplicação das ferramentas da *Microsoft Power Platform* (*Power BI*, *Power Automate* e *Power Apps*), foi possível:

- Automatizar a coleta e consolidação de dados operacionais e de manutenção.
- Reduzir significativamente o tempo gasto com tarefas manuais, como extração e organização de relatórios.
- Garantir maior confiabilidade, frequência e padronização na disponibilização dos dados.

- Criar *dashboards* interativos com visualização dinâmica dos principais processos, acessíveis de diferentes dispositivos.

4.2 MELHORIAS NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO, DESAFIOS ENCONTRADOS E POSSIBILIDADES FUTURAS

A principal mudança percebida foi a transição de um modelo reativo para um modelo orientado por dados. A equipe de manutenção passou a ter uma visão mais clara dos eventos críticos, das oportunidades de melhoria e dos comportamentos operacionais dos ativos.

Entre os avanços observados estão:

- Maior agilidade na identificação de falhas sistêmicas.
- Suporte à priorização de intervenções com base em critérios objetivos.
- Redução de gargalos informacionais entre áreas técnicas e gerenciais.
- Estímulo à cultura de confiabilidade e uso estratégico da informação.

Além das melhorias citadas, a implementação da solução proposta também permitiu que os dados fossem acessados não apenas pela equipe técnica, mas também pela liderança e outros departamentos interessados. Essa transparência fomentou um ambiente mais colaborativo e alinhado com os objetivos estratégicos da organização.

Durante o processo de integração, alguns desafios se destacaram, como:

- A heterogeneidade dos sistemas de origem (GPV, *SAPBO*, Orion).
- A ausência de agendamento nativo em alguns sistemas.

Contudo, essas limitações foram superadas com a automatização via *Power Automate* e a criação de templates e rotinas de coleta padronizadas.

Como possibilidade futura, destaca-se o uso de modelos preditivos e recursos de inteligência artificial nativos do *Power BI* para ampliar a capacidade analítica do sistema, antecipando falhas e otimizando os ciclos de manutenção com ainda mais precisão.

5 CONCLUSÃO

A adoção de sistemas de *Business Intelligence* no contexto industrial representa não apenas uma modernização das práticas de gestão, mas uma mudança de paradigma na forma como dados operacionais são tratados, analisados e utilizados como ativo estratégico. Este trabalho demonstrou, por meio da construção de uma solução integrada baseada na *Microsoft Power Platform*, como a inteligência de dados pode ser aplicada com eficácia na gestão da manutenção ferroviária.

A implementação do *Power BI*, em conjunto com ferramentas como *Power Automate* e *Power Apps*, possibilitou a criação de um ecossistema de monitoramento automatizado e contínuo, capaz de consolidar dados provenientes de diferentes sistemas legados, como GPV, SAPBO e ORION. A modelagem relacional, o tratamento criterioso dos dados e a construção de painéis interativos demonstraram a viabilidade de transformar ambientes altamente técnicos e fragmentados em plataformas acessíveis, confiáveis e orientadas à tomada de decisão baseada em evidências.

A relevância da solução proposta evidencia-se, sobretudo, na superação de desafios comuns a projetos dessa natureza: integração entre sistemas heterogêneos, ausência de padronização nas fontes de dados, e carência de atualização automatizada. Ao abordar essas limitações com uma arquitetura modular e adaptável, o sistema desenvolvido demonstrou impacto direto na produtividade, transparência e qualidade da informação disponível aos gestores e técnicos da oficina de manutenção de locomotivas.

Além disso, a proposta consolidou uma cultura de dados, promovendo o uso estratégico da informação, a antecipação de falhas e a priorização de intervenções corretivas e preventivas com base em critérios objetivos e indicadores robustos. Este tipo de inteligência operacional tem potencial não apenas de melhorar a eficiência da manutenção, mas também de sustentar iniciativas futuras em manutenção preditiva e análise prescritiva com apoio de *machine learning*.

Como direcionamento para trabalhos futuros, recomenda-se a avaliação longitudinal do impacto da ferramenta na redução de custos operacionais e no aumento da disponibilidade da frota. Sugere-se também a integração com algoritmos preditivos, elevando o sistema de *BI* a uma plataforma de apoio à decisão em tempo real.

Deste modo, este estudo contribui não apenas como uma prova de conceito, mas como um referencial prático de como a computação pode atuar de forma decisiva na transformação digital da manutenção industrial, mesmo em ambientes complexos e críticos como o ferroviário.

REFERÊNCIAS

- ABADI, E. F.; TERZIEV, A.; SETIAWAN, A. The role of sap business object to support a business intelligence performance. **Jurnal Informatika**, v. 14, n. 1, p. 53–58, 2017.
- ABNT, N. Nbr iso 55000: 2014. **Gestão de ativos: visão geral, princípios e terminologia**. São Paulo: ABNT, 2014.
- AFFELDT, F. S.; SILVEIRA, F. C. D. S.; VANTI, A. A. Análise trinômio alinhamento estratégico x business intelligence (bi) x controladoria estratégica. 2014.
- AGUIRRE, S.; RODRIGUEZ, A. Robotic process automation: The next transformation lever for shared services. **Deloitte**. Retrieved from [Deloitte Insights](https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/robotic-processautomation.html), 2017.
- Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Transporte de Cargas Ferroviário**. 2020. http://www.antt.gov.br/cargas/arquivos_old/Ferrovuario.html. Acesso em: 10 ago. 2024.
- ALMEIDA, P. S. D.; ROCCA, J. E. **Manutenção Mecânica Industrial—Princípios técnicos e operações**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2016.
- BAARS, H.; KEMPER, H.-G. Management support with structured and unstructured data—an integrated business intelligence framework. **Information systems management**, Taylor & Francis, v. 25, n. 2, p. 132–148, 2008.
- CALAZANS, A. T. S.; OLIVEIRA, K. M. de; SANTOS, R. R. dos. Medição de tamanho para sistemas de data mart. In: SBC. **Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS)**. [S.l.], 2004. p. 381–395.
- CODY, W. F. et al. The integration of business intelligence and knowledge management. **IBM systems journal**, IBM, v. 41, n. 4, p. 697–713, 2002.
- DANIEL, L. d. A. L. **Business intelligence como fator para vantagem competitiva**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Lisboa (Portugal), 2020.
- EL-SAPPAGH, S. H. A.; HENDAWI, A. M. A.; BASTAWISSY, A. H. E. A proposed model for data warehouse etl processes. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, Elsevier, v. 23, n. 2, p. 91–104, 2011.
- HODEL, B. Microsoft power platform. In: **Beginning Microsoft Dataverse: Exploiting Microsoft’s Low-code Database for the Power Platform**. [S.l.]: Springer, 2023. p. 1–20.
- JAYARAMAN, K. D.; JAIN, S. Leveraging power bi for advanced business intelligence and reporting. **International Journal for Research in Management and Pharmacy**, 13 (11), 21. <https://www.ijrmp.org>, 2024.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção-função estratégica**. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2009.

KARDEC, A. et al. **Gestão estratégica e manutenção autônoma**. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2002.

KUTUCUOGLU, K. et al. A framework for managing maintenance using performance measurement systems. **International Journal of Operations & Production Management**, Emerald Group Publishing Limited, v. 21, n. 1/2, p. 173–195, 2001.

LEAL, J. E. **Mineração de Dados voltada para Recomendação no Âmbito de Marketing de Relacionamento**. Tese (Doutorado) — PUC-Rio, 2009.

LEITE, F. L. C.; DINIZ, E. H.; JAYO, M. Utilização de business intelligence para gestão operacional de agências bancárias: Um estudo de caso. **Revista eletrônica de Sistemas de Informação**, v. 8, n. 2, 2009.

LUHN, H. P. A business intelligence system. **IBM Journal of research and development**, IBM, v. 2, n. 4, p. 314–319, 1958.

MACHADO, F. N. R. **Projeto de data warehouse: uma visão multidimensional**. [S.l.]: Ed. Érica, 2000.

MIGUEL, A. L. P. C. A infraestrutura brasileira e os desafios logísticos para o escoamento do minério de ferro para exportação. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**. [S.l.]: Industrial Press Inc., 2001.

MUHAMMAD, G. et al. Business intelligence as a knowledge management tool in providing financial consultancy services. **American Journal of Information Systems**, v. 2, n. 2, p. 26–32, 2014.

NASCIMENTO, A. S. do. Um ciclo de vida para a implementação de um processo de bi corporativo. In: SBC. **Escola Regional de Sistemas de Informação do Rio de Janeiro (ERSI-RJ)**. [S.l.], 2020.

NEJAD, M. B.; RASHIDI, H. A novel architecture based on business intelligence approach to exploit big data. **Journal of Electrical and Computer Engineering Innovations (JECEI)**, Shahid Rajae Teacher Training University, v. 11, n. 1, p. 85–102, 2023.

OLSZAK, C. M. Toward better understanding and use of business intelligence in organizations. **Information systems management**, Taylor & Francis, v. 33, n. 2, p. 105–123, 2016.

OLSZAK, C. M.; ZIEMBA, E. Critical success factors for implementing business intelligence systems in small and medium enterprises on the example of upper silesia, poland. **Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management**, Informing Science Institute, v. 7, p. 129, 2012.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, 2008.

PALESTINO, C. B. **BI-Business Intelligence: modelagem e tecnologia**. [S.l.]: Axcel Books, 2001.

POWER, B.; APPS, P.; AUTOMATE, P. Microsoft power platform. **availableat: [https://powerbi. microsoft. com](https://powerbi.microsoft.com)**, 2020.

PRIMAK, F. V. **Decisões com bi (business intelligence)**. [S.l.]: Fabio Vinicius Primak, 2008.

RAMOS, A. S. M.; OLIVEIRA, M. A. d. Fatores de sucesso na implementação de sistemas integrados de gestão empresarial (erp): estudo de caso em uma média empresa. Encontro Nacional de Engenharia da Produção, 2002.

RIBEIRO, M. F. B. d. G. d. F. **Os Sistemas de Business Intelligence nas Organizações: Construção de um Dashboard em Power BI**. Dissertação (Mestrado), 2023.

SILVA, R. P. Gerenciamento do setor de manutenção. **Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté. Taubaté—SP**, 2004.

SINCLAIR, D. Assessing the effectiveness of performance measurement systems: A case study. **Total Quality Management**, Taylor & Francis, v. 7, n. 4, p. 367–378, 1996.

SOUSA, R. et al. Software tools for conducting real-time information processing and visualization in industry: An up-to-date review. **Applied Sciences**, MDPI, v. 11, n. 11, p. 4800, 2021.

TAVARES, L. A. Administração moderna da manutenção. **Rio de Janeiro: Novo Polo**, 1999.

VANTI, A. A. et al. Configuração informacional na gestão da cadeia de valor e utilização de business intelligence (bi). **BASE-Rev Administr Contabilid Unis**, v. 1, n. 1, p. 43–52, 2004.