



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



Vitor Luís de Araújo Campos

BUSINESS INTELLIGENCE APLICADO A MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2022

Vitor Luís de Araújo Campos

**BUSINESS INTELLIGENCE APLICADO A MANUTENÇÃO
DE EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientadora: Profa. Karla Boaventura Pimenta Palmieri, Dra Sc.

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Setembro/2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C198b Campos, Vitor Luis De Araujo.

Business intelligence aplicado a manutenção de equipamentos de mineração. [manuscrito] / Vitor Luis De Araujo Campos. - 2022.
54 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri Palmieri.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Inteligência competitiva (Administração). 2. Equipamentos industriais - Manutenção. 3. Power BI (Programa de computador). I. Palmieri, Karla Boaventura Pimenta Palmieri. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Vitor Luís de Araújo Campos

BUSINESS INTELLIGENCE APLICADO A MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MINERAÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação

Aprovada em 21 de Setembro de 2022

Membros da banca

D. Sc - Karla Boaventura Pimenta Palmieri - Orientador(a) Universidade Federal de Ouro Preto
M.Sc - Arthur Caio Vargas e Pinto - Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Itabirito
M.Sc - Fernando dos Santos Alves Fernandes - Universidade Federal de Ouro Preto
Eng. - Hugo Vinicius dos Santos - Empresa Take Blip - Belo Horizonte

Karla Boaventura Pimenta Palmieri, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/09/2022



Documento assinado eletronicamente por **Karla Boaventura Pimenta Palmieri, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/09/2022, às 12:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0402186** e o código CRC **6E8D7389**.

*“A coragem é nossa melhor qualidade,
Pois através dela conquistamos todas as outras”
Desconhecido*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por me conceder forças e saúde para completar esse ciclo. Aos meus pais por me proporcionarem todo o apoio incondicional e serem o meu porto seguro durante esta longa jornada, a minha irmã por ser minha inspiração, amo vocês.

Aos meus amigos de Ouro Branco e de república intrometeu, pelos bons momentos compartilhados. Á professora Karla pelo grande apoio e orientação tanto ao longo deste trabalho como em toda a graduação. Aos meus colegas de trabalho durante meus dois estágios no período de graduação, vocês foram muito importantes no meu desenvolvimento pessoal e principalmente profissional. Á empresa Jr Atomic JR por ter aberto as portas do mundo profissional. E por fim, agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto e a todo o corpo docente pelos ensinamentos proporcionados ao longo deste período.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma nova abordagem para a gestão de indicadores-chave de desempenho de processos - KPI'S do inglês *Key Performance Indicators*, utilizados na rotina da manutenção de equipamentos de mineração. Foram desenvolvidos painéis automatizados, com o auxílio da ferramenta Power BI conectado diretamente com o banco de dados SQL Server, proporcionando análises rápidas e diretas utilizando Business Intelligence, com o objetivo de agilizar e otimizar o processo de tomada de decisão da liderança, possibilitar a observação de desvios e perdas na manutenção, e análise de resultados em tempo real. Tal automatização permite eliminar atividades de rotina com baixo valor agregado e aumenta a confiabilidade das informações divulgadas, reduzindo o número de erros de manipulação e interpretação de dados.

Palavras-chaves: Business Intelligence, Manutenção, Desempenho e Power BI.

ABSTRACT

This work presents a new approach for the management of key performance indicators of processes - KPI'S of the English Key Performance Indicators, used in the routine of the maintenance of mining equipment, automated panels were developed, with the help of the Power BI tool connected directly with the SQL Server database, providing quick and direct analysis using Business Intelligence, with the objective of streamlining and optimizing the leadership decision-making process, enabling the observation of deviations and losses in maintenance, and analysis of results in real time. Such automation makes it possible to eliminate routine activities with low added value and increases the reliability of the information disclosed, reducing the number of errors in data manipulation and interpretation.

Key-words: Business Intelligence. Maintenance. Power BI.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Expectativa de crescimento do mercado de Business Intelligence.....	12
Figura 2: <i>Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms</i>	18
Figura 3: Estrutura Power BI.....	19
Figura 4: Menu de transformações Power Query.	20
Figura 5: Exemplo de aplicação linguagem DAX.....	20
Figura 6: Exemplo de servidor de Relatórios Power BI.....	22
Figura 7: Extração de dados do SQL Server.	24
Figura 8: Janela de Conexão ao servidor SQL Server.	25
Figura 9: Conexão pasta de trabalho Excel.	26
Figura 10: Código para transformação de dados da base de dados “DF Transporte Complexo”.	27
Figura 11: Relacionamento de dados.	28
Figura 12: Medida para Tempos de Manutenção em linguagem DAX.	30
Figura 13: Cálculo da medida de DF em linguagem DAX.	30
Figura 14: Cálculo da DF com segmentação de dados.	31
Figura 15: Variável auxiliar para Disponibilidade Física.	31
Figura 16: Tabela Tempos de manutenção.....	33
Figura 17: DF acumulada por alocação.	34
Figura 18:Regra de cores para gráfico de velocímetro.	35
Figura 19:Estrutura de tempos de manutenção acumulado Real x Programado.	36
Figura 20: Estrutura Visão Geral e DF Acumulada por alocação para a frota de Carregamento.	37
Figura 21: Rastreamento de tempo para Carregamento.....	38
Figura 22:Janela editor avançado da base de dados para MTBF e MTTR.	39
Figura 23: MTBF Real.	40
Figura 24: MTBF Segmentado.	40
Figura 25: Segmentação de dados de DATA para o painel carga e transporte.	41
Figura 26: Painel Carga e Transp. MTBF e MTTR Carga (1) e transporte (2).....	41
Figura 27: Painel geral grupo de segmentação de dados.	42
Figura 28: Painel geral tabela de extração de dados.	43
Figura 29: Ranking NIC e HMC.	44

Figura 30: Exemplo de e-mail que era enviado antes da criação do painel. 47

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Tempos de Manutenção.....	28
Tabela 2: Resultados encontrados.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Estado da arte	12
1.1.1	Expectativas de mercado para BI	12
1.2	Objetivos gerais e específicos	13
1.2.1	Objetivos gerais	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	Justificativa do trabalho	13
1.4	Estrutura do trabalho	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	Indicadores da manutenção.....	15
2.2	Business Intelligence (BI).....	16
2.2.1	Ferramentas de BI	16
2.2.2	Power BI	16
2.2.3	Estrutura.....	18
2.2.4	Linguagens de programação	19
2.2.4.1	Power Query Formula Language	19
2.2.4.2	Linguagem DAX	20
2.2.5	Servidores Power BI.....	21
3	METODOLOGIA	23
3.1	Extract Transform Load - ETL	23
3.1.1	Extração de Dados	23
3.1.2	Transformando Dados	26
3.1.3	Modelagem de dados	27
3.2	Construindo o KPI de Disponibilidade Física	29
3.2.1	Disponibilidade Física - DF	29
3.2.2	Função <i>CALCULATE</i>	30
3.2.3	Variáveis Auxiliares.....	31
3.3	Painel DF Transporte.....	32
3.3.1	Tabela de Tempos de Manutenção	32
3.3.2	DF acumulada por alocação	33
3.3.3	Tempos de manutenção acumulado Real x Programado	35
3.4	Painel DF Carregamento.....	37
3.4.1	Rastreamento de Tempo Carga.....	37
3.5	Painel MTBF e MTTR	38
3.5.1	Base de dados MTBF e MTTR	38
3.5.2	Estrutura dos Indicadores	39
3.5.3	Construindo o indicador de MTBF.....	40
3.5.4	Construindo o indicador de MTTR	40
3.6	Painel Carga e Transporte.....	41
3.6.1	Painel Geral MTBF e MTTR.....	42
3.6.2	Grupo de segmentação de dados ou menu.....	42
3.6.3	Tabela de extração de dados	43
3.6.4	Ranking NIC e HMC.....	43
4	RESULTADOS.....	45

5	CONCLUSÃO	48
6	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE - TÍTULO DO APÊNDICE	53
	ANEXO - TÍTULO DO ANEXO.....	54

1 INTRODUÇÃO

A primeira revolução industrial iniciada no final do sec. XVIII marcou a transição dos métodos de produção artesanais para processos de produção mecanizados. Essas mudanças revolucionaram não só a economia, com o aumento da produtividade, mas a vida cotidiana das pessoas. Desde então, a indústria tem passado por transformações tanto nos seus sistemas de produção, quanto de gestão. Nas últimas três décadas, o desenvolvimento das tecnologias da informação (TI) e a sua integração nos processos de produção trouxeram benefícios em toda cadeia de valor. A evolução na capacidade das tecnologias alavancou a produtividade industrial, reduzindo os custos de produção e fornecendo soluções eficazes para atender os clientes com qualidade, velocidade e melhor custo/benefício (SANTOS et. al., 2018).

Tais tecnologias de TI permitem acesso a grandes quantidades de dados, que ao serem tratados viram informações e análises de processos e procedimentos das empresas. Este conhecimento é fundamental para apoiar o processo de tomada de decisão. A informação gerada pelas aplicações informáticas disponibiliza aos gestores um conjunto de indicadores sobre o negócio, que lhes dão indicações do que aconteceu no passado e lhes permitem traçar cenários para o futuro. (SANTOS e RAMOS, 2006).

Uma metodologia muito utilizada atualmente é o *Business Intelligence* - BI, entendido como um conjunto de tecnologias que permite o cruzamento de informações e suporte a análise dos indicadores de desempenho de um negócio (MORAIS, 2010).

Portanto, adotar tal metodologia, que apoia a tomada de decisão torna-se um diferencial para o ambiente industrial, pois permite que a liderança de processos tome decisões de maneira rápida, com base em dados confiáveis e consistentes.

Dentre os *softwares* de BI líderes de mercado, o Microsoft Power BI vem se destacando frente a seus concorrentes Tableau e Qlik, pois trata-se de um *software* capaz de tratar bilhões de dados e deixá-los prontos para uso em relatórios e *dashboards* automatizados. Porém, o porquê do crescimento do uso do Power BI é dado ao fato de utilizar o conceito de Self-Service BI (SSBI) que possibilita mais autonomia do departamento de tecnologia da informação (TI), ou seja, permite que usuários sem especialização técnica consigam elaborar seus próprios relatórios e *dashboards* de maneira rápida e assertiva (LAGO, 2019).

Para este trabalho, serão conectados os conceitos de *Business Intelligence* com o ambiente industrial, mais especificamente na manutenção de equipamentos de mineração. Tal área necessita de informações confiáveis e de fácil interpretação, devido à sua grande necessidade

de tomada de decisões que não impactem a produtividade da mina, seja para priorizar algum equipamento em manutenção, ou para identificar processos falhos da manutenção que são analisados através de indicadores que serão apresentados ao longo deste trabalho.

1.1 Estado da arte

1.1.1 Expectativas de mercado para BI

A Zion Market Research é uma empresa especializada em criar relatórios sobre uma ampla variedade de estatísticas e pesquisas de mercado, e segundo o seu relatório publicado em 2021, o mercado global de Business Intelligence representou US\$ 22,16 bilhões em 2020 e deve atingir US\$ 42,95 bilhões até 2028, crescendo a uma taxa crescimento anual composta - CAGR (Compound Annual Growth Rate) de cerca de 8,6% entre 2020 e 2028 (ZION, 2021). É possível verificar tal crescimento na Figura 1.



Figura 1: Expectativa de crescimento do mercado de Business Intelligence.

Fonte: ZION, 2021.

Ainda segundo o relatório, são fatores que influenciam este crescimento de mercado, principalmente: o aumento de investimentos em *analytics*, aumento de *dashboards* de demanda para visualização de dados, aumento na aceitação da nuvem e aumento na geração de dados. Porém, um fator negativo é o alto custo inicial para ter uma ferramenta ou plataforma de business intelligence e sua implementação nas organizações é muito alto (ZION, 2021).

1.2 Objetivos gerais e específicos

1.2.1 Objetivos gerais

Estudar os indicadores de processo da manutenção e construir uma plataforma automatizada utilizando Business Intelligence que permita obter, analisar e distribuir indicadores de processo KPI'S do departamento de manutenção de equipamentos de mina de uma grande mineradora, facilitando a tomada de decisões, eliminando tarefas de baixo valor agregado, e fornecer informações com confiabilidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar o indicador de Disponibilidade Física – DF;
- Estudar as principais terminologias de horas padronizadas;
- Identificar e eliminar atividades de rotina de baixo valor agregado;
- Estudar conceitos de Business Intelligence (BI);
- Estudar o *software* Microsoft Power BI;
- Selecionar fontes de dados (Banco de dados SQL);
- Extrair, transformar e carregar dados no Microsoft Power BI utilizando o Power Query;
- Criar a plataforma de análise diária dos indicadores no Power BI.

1.3 Justificativa do trabalho

Atingir a excelência em processos e produtividade são duas das principais buscas das empresas e organizações em suas atividades, e para tal, ocorrem avanços diários em novas tecnologias de informação e a utilização do *Business Intelligence* e suas tecnologias se tornou de extrema importância para o gerenciamento de processos e produção pelas organizações.

Para tal objetivo, deve-se ter informações confiáveis, diretas e de fácil gestão visual, o que vai contra a análise de dados em várias planilhas ou fontes de dados diferentes, em que toda vez que se precisa de uma informação é necessário realizar dezenas de tabelas dinâmicas e cruzar dados. Em resumo, é preciso eliminar tarefas de baixo valor agregado.

Portanto, os estudos realizados neste trabalho têm por justificativa contribuir com profissionais e estudantes na disseminação da metodologia de BI, trazer uma aplicação onde foi possível retirar tarefas de baixo valor agregado e estimular este tipo de análise de dados para pontos focais que desejem ingressar em ambientes industriais e de manutenção com qualidades que são extremamente valorizadas pelas empresas.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente capítulo (Introdução) apresenta um panorama introdutório a respeito do estudo realizado, os objetivos gerais e específicos do trabalho e a sua justificativa. O segundo capítulo (Revisão bibliográfica) aborda os principais referenciais bibliográficos para o embasamento teórico do trabalho. O terceiro capítulo (Desenvolvimento) traz toda metodologia adotada no trabalho e suas etapas de construção e desenvolvimento para que se chegasse nos resultados apresentados no quarto capítulo (Resultados) e trouxesse aprendizados e lições aprendidas expostos no quinto capítulo (Conclusão) e as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Indicadores da manutenção

Indicadores de qualidade e produtividade são as expressões medidas da qualidade de um produto ou processo, ou da produtividade de um processo, tendo como principais objetivos: explicitar as necessidades e expectativas dos clientes, viabilizar a aplicação das metas do negócio, dar suporte à análise crítica dos resultados do negócio, às tomadas de decisão e ao controle e planejamento (LUSTOSA et. al, 2008).

Ao medir o desempenho, são identificadas oportunidades de atuação. Com dados e informações são formados planos de ação, visando a melhoria contínua de produtos, serviços e processos. (GOESSLER, 2009), portanto, são definidos alguns indicadores presentes no ambiente de manutenção industrial.

- Hora parada ou hora indisponível: Representa a indisponibilidade do equipamento/máquina para o processo produtivo (NETO, 2019);
- Disponibilidade: Representa a probabilidade de o equipamento estar disponível em um dado momento. Ela pode ser calculada como a fração do tempo em que o equipamento ou sistema esteve operando em relação ao tempo total existente para operar – Equação 1:

$$Disponibilidade = \frac{\Sigma \text{Horas Totais} - \Sigma \text{Horas em Manutenção}}{\Sigma \text{Horas Totais}} \quad (1)$$

- MTBF (Mean Time Between Failure)/ TMEF (Tempo médio entre falhas): Calcula o tempo médio decorrido entre uma falha e a próxima, e pode ser expresso através da Equação 2:

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{Horas de Operação}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}} \quad (2)$$

- MTTR: (Mean Time to Repair) / Tmpr (Tempo médio para reparo): Tempo médio total para reparo da falha, envolvendo as equipes necessárias, e pode ser expresso através da Equação 3:

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Horas de Reparos}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (3)$$

2.2 Business Intelligence (BI)

Os sistemas de Business Intelligence (BI) podem ser entendidos como uma combinação de ferramentas analíticas, banco de dados, metodologias e aplicações que permitem a extração e transformação de dados em informações adequadas e organizadas, com análises objetivas e de fácil compreensão, tornando mais eficiente e eficaz o processo de tomada de decisão dentro das organizações (SANTOS, 2019).

O Business Intelligence objetiva fornecer apoio sustentável e continuado para as empresas, com o objetivo de maximizar sua competitividade obtendo as informações eficazes para a correta tomada de decisões. Através da utilização de tecnologia e metodologia adequadas os dados são convertidos em informações que são transformadas em conhecimento, sendo este o processo básico do Business Intelligence (CASTRO, 2018).

2.2.1 Ferramentas de BI

A globalização, propiciada por avanços tecnológicos em diversas áreas, intensifica a concorrência entre as organizações, exigindo confiabilidade e antecipação de soluções e tomadas de decisão. As ferramentas e metodologias de BI são parte do processo deste avanço.

O mercado apresenta diversas ferramentas que proveem análises avançadas e potencializa o uso dos dados para situar e nortear os processos, produtos e diretrizes a serem adotadas. Pode-se destacar as ferramentas líderes de mercado: Power BI (Microsoft), Tableau, ThoughtSopt, entre outras. Para aplicação deste trabalho, será utilizado o *software* Power BI, que tem sua versão *desktop* gratuita, possibilitando a criação de *dashboards* interativos e com suporte a vários tipos de banco de dados.

2.2.2 Power BI

Como dito, a ferramenta de BI escolhida para aplicação deste trabalho foi o Power BI, através dele é possível criar experiências de dados, conectando de maneira fácil aos dados, possibilitando sua modelagem e visualização através de relatórios. Sua proteção de dados é de ponta a ponta, sendo protegida mesmo quando os dados são compartilhados para fora da organização ou exportados (MICROSOFT, 2022a).

Tais funcionalidades permitem a tomada de decisão com confiança. Através da sua publicação *online* (versão paga) é possível trabalhar em conjunto com outras pessoas com os

mesmos dados sem divergências de informações, capacitando todos em sua organização a tomar decisões orientadas por dados que conduzem a ações estratégicas (MICROSOFT, 2022b).

A Gartner Incorporation é uma empresa de consultoria fundada em 1979, com foco na área de tecnologia e com o objetivo de criar conhecimento por meio de pesquisas, consultorias, eventos e levantamento de soluções. Assim, a missão é amparar seus clientes de todo o mundo e selecionar produtos e tecnologias de acordo com as necessidades do negócio conforme afirma Anderson Nascimento, mestre em sistemas de informação, professor universitário e consultor em business Intelligence (NASCIMENTO, 2019).

Por 14 anos consecutivos, a Gartner reconheceu a Microsoft como líder do Magic Quadrant em plataformas de análise e inteligência de dados e se pode observar o Magic Quadrant na Figura 2.

O relatório Magic Quadrant é um documento publicado anualmente pelo Gartner Incorporation. Ele possui variadas categorias onde a que trata de ferramentas de BI é intitulada de “Business Intelligence and Analytics Platforms”. A avaliação das empresas que atuam no ramo de BI é feita por meio de atributos previamente selecionados como custo, benefício, funcionalidades, integrações, robustez e entre outros, para avaliar a qualidade de seus serviços e *softwares*. O objetivo do relatório é prover informações sobre a colocação competitiva das ferramentas de BI, dispondo-as em quatro quadrantes designados como Challengers (Desafiantes, empresas que possuem habilidade para executar as suas estratégias, porém, não compreendem muito bem para onde o mercado está indo), Leaders (Líderes, empresas líderes são as que direcionam/ditam as regras dentro do segmento de *Business Intelligence*), Niche Players (Empresas que focam em um pequeno nicho com determinadas características) e Visionaries (Empresas que conseguem entender para onde o mercado está indo, ou seja, já possuem uma visão das regras do mercado. Porém ainda não possuem habilidade para executá-las. (SANTOS, 2019). O *software* Microsoft Power BI se encaixa no quadrante *Leaders*, suas ferramentas ditam as regras dentro do segmento de *Business Intelligence*, sendo a líder no mercado em questão.

Conforme afirma em seu site (MICROSOFT, 2022c), “O serviço de nuvem Power BI é extremamente rico em seus recursos, incluindo um conjunto maior de análises aumentadas e recursos de ML automatizados”.



Figura 2: Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms.

Fonte: MICROSOFT, 2022c.

2.2.3 Estrutura

O Power BI consiste em vários elementos que trabalham juntos, começando com estes três elementos básicos (MICROSOFT, 2022d):

- Um aplicativo de *desktop* do Windows chamado Power BI Desktop;
- Um serviço SaaS (*software como serviço*) online chamado de serviço do Power BI;
- Aplicativos móveis do Power BI para dispositivos Windows, iOS e Android.

Na Figura 3 é possível visualizar a sua estrutura *Power BI Desktop – Serviços de Power BI e Power BI Mobile*.



Figura 3: Estrutura Power BI.

Fonte: Microsoft, 2022.

2.2.4 Linguagens de programação

Dentro da plataforma do Power BI Desktop é comum ouvir falar de duas linguagens de programação que podem ser utilizados para tratar dados, criar consultas mais refinadas e facilitar a análise dos dados: DAX e M (ENG, 2022).

2.2.4.1 Power Query Formula Language

Power Query ou simplesmente Linguagem M é um mecanismo de preparação de dados e transformação de dados. Dentro do Power BI, o Power Query vem com uma interface gráfica para obter dados de fontes e um Editor do Power Query para aplicar transformações (MICROSOFT, 2022e). O mecanismo de transformação Power Query inclui muitas funções de transformação pré-construídas que podem ser usadas por meio da interface gráfica do Editor do Power Query. Essas transformações podem ser tão simples quanto remover uma coluna da base de dados ou tão comuns quanto usar a primeira linha da base de dados como um título das colunas da tabela. Algumas de suas transformações podem ser visualizadas na figura 4.



Figura 4: Menu de transformações Power Query.

Fonte: MICROSOFT, 2022e.

2.2.4.2 Linguagem DAX

A DAX (*Data Analysis Expressions*) é uma linguagem de expressão de fórmula, utilizada no Power BI. Suas fórmulas incluem funções, operadores e valores para realizar cálculos avançados e consultas em dados nas tabelas e colunas relacionadas nos modelos de dados tabulares (MICROSOFT, 2022f).

As fórmulas DAX são usadas em medidas, colunas calculadas, tabelas calculadas e segurança no nível de linha. As medidas são fórmulas de cálculo dinâmico em que os resultados mudam dependendo do contexto. Também são usadas em relatórios que dão suporte à combinação e a filtragem dos dados do modelo utilizando de vários atributos. Na Figura 5, é possível visualizar um exemplo de linguagem DAX. A expressão em questão utiliza de duas funções: CALCULATE e COUNT. No exemplo, “Aux Normal” retorna o número de linhas contadas pela função COUNT da coluna “Status” da base de dados, porém é filtrada pela CALCULATE, retornando apenas valores em que a coluna “Status” possui o valor “NORMAL”.

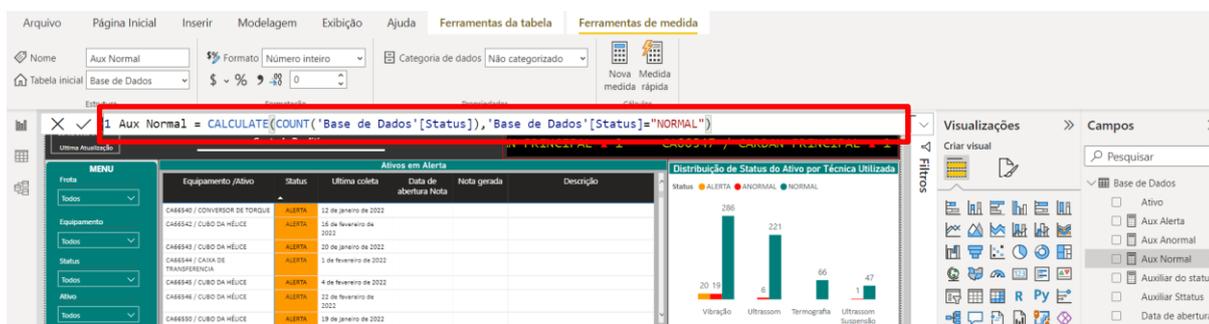


Figura 5: Exemplo de aplicação linguagem DAX

Fonte: Autor.

2.2.5 Servidores Power BI

O Servidor de Relatórios do Power BI é um servidor de relatório local com um portal da Web, no qual se pode exibir e gerenciar relatórios e KPIs. Com ele, vêm as ferramentas para criar relatórios do Power BI, relatórios paginados, relatórios móveis e KPIs. Os usuários podem acessar esses relatórios de maneiras diferentes: exibindo-os em um navegador da Web ou dispositivo móvel, ou como um e-mail em sua caixa de entrada. Na Figura 6, é possível visualizar um exemplo de servidor de relatórios Power BI (MICROSOFT, 2022g).

A versão gratuita do Power BI permite apenas a visualização de dados de maneira local, sem acesso aos seus servidores, portanto, para se ter acesso aos recursos de servidores e publicar relatórios é necessária uma licença do Power BI Premium.

No presente momento deste trabalho, a licença Premium do Power BI por capacidade/mês possui planos para organizações a partir de R\$ 31.960,20 reais (MICROSOFT, 2022b).

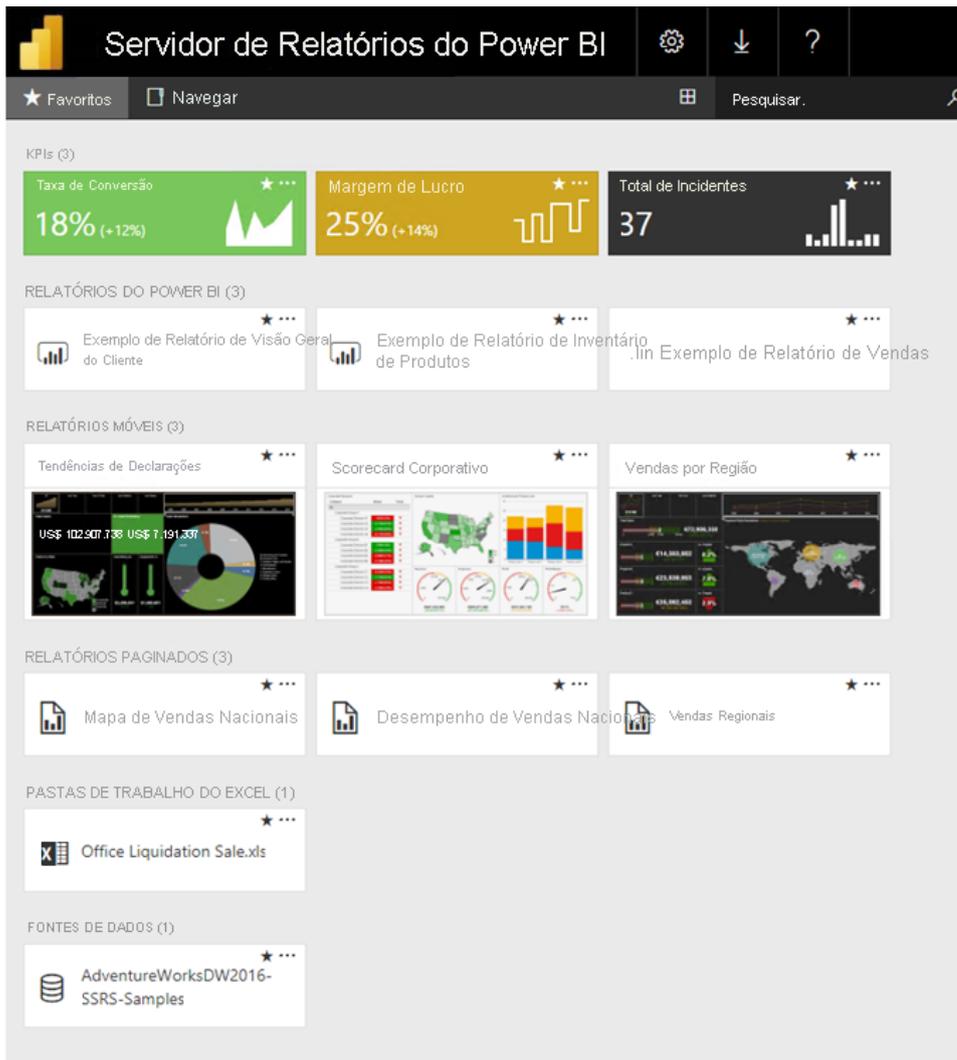


Figura 6: Exemplo de servidor de Relatórios Power BI

Fonte: MICROSOFT, 2022g.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido através de dados reais, todos os tempos de manutenção dos equipamentos para cálculo dos indicadores e os números de intervenções corretivas são disponibilizados pelo despacho da empresa em estudo, em tempo real com um *delay* de aproximadamente 30 minutos, em um servidor SQL Server.

Foi desenvolvido um painel para visualização diária da evolução dos indicadores da manutenção para os processos de Carregamento (carregamento é o processo de carregar os caminhões fora de estrada com minério na praça de mineração, para este fim são utilizadas retroescavadeiras e carregadeiras) e para o processo de Transporte (transporte de minério da praça de mineração para o beneficiamento, portanto envolvendo os caminhões fora de estrada).

3.1 Extract Transform Load - ETL

Extract Transform Load ou extrair, transformar e carregar é o primeiro passo para a criação das medidas para os indicadores. Neste processo é possível identificar a base de dados a ser utilizada, carregar o servidor para visualização no Power BI e transformar a estrutura de dados para facilitar a criação do painel e descartar colunas que não serão necessárias para o projeto, fazendo com que o projeto se torne menos pesado e facilitando a sua atualização diária.

3.1.1 Extração de Dados

O Método de extração de dados foi o de conexão com banco de dados SQL Server. Para isto, foi utilizado o recurso de obtenção de dados fornecido pelo próprio Power BI. Portanto, foi selecionado o botão “Obter Dados”, através do menu de opções, e logo em seguida, foi selecionada a opção SQL Server, conforme na Figura 7.

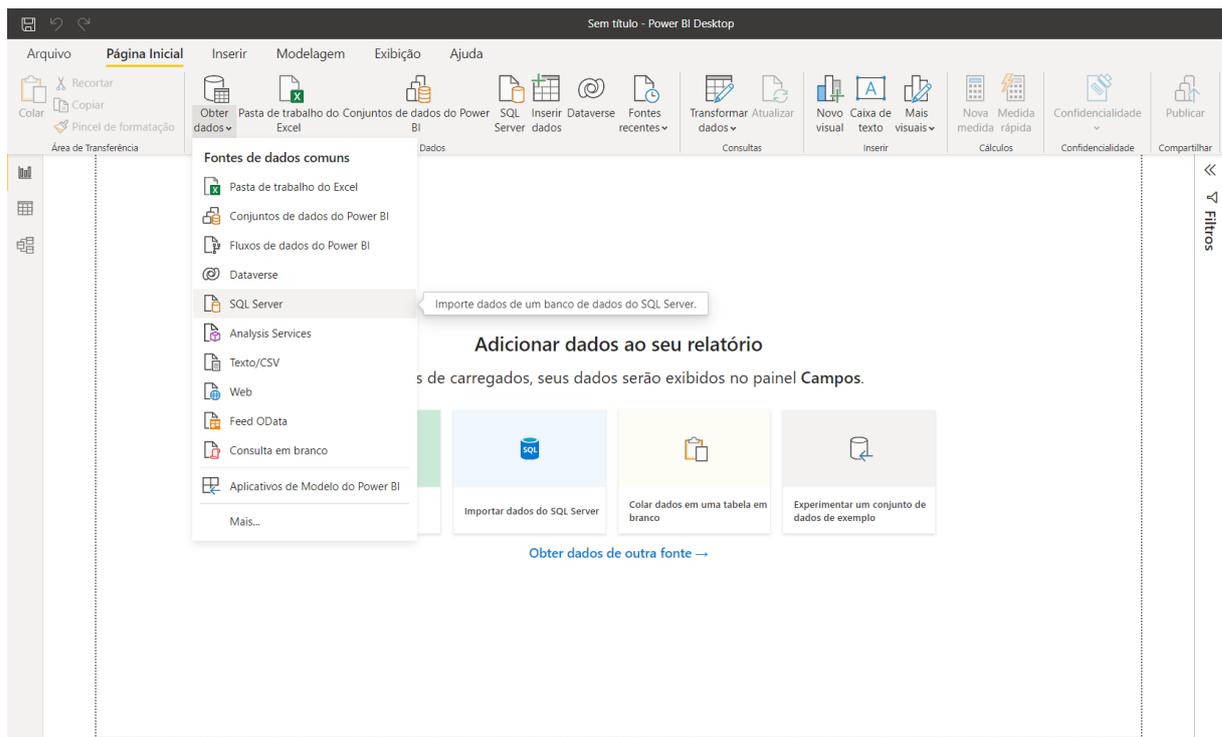


Figura 7: Extração de dados do SQL Server.

Fonte: MICROSOFT Power BI.

Após ser selecionada a opção, foi realizada a configuração do servidor e da base de dados a ser utilizada no projeto. A fim de se ter uma maior manipulação dos dados obtidos, foi utilizado o método de conexão *import*. A janela de conexão de dados pode ser visualizada na Figura 8.

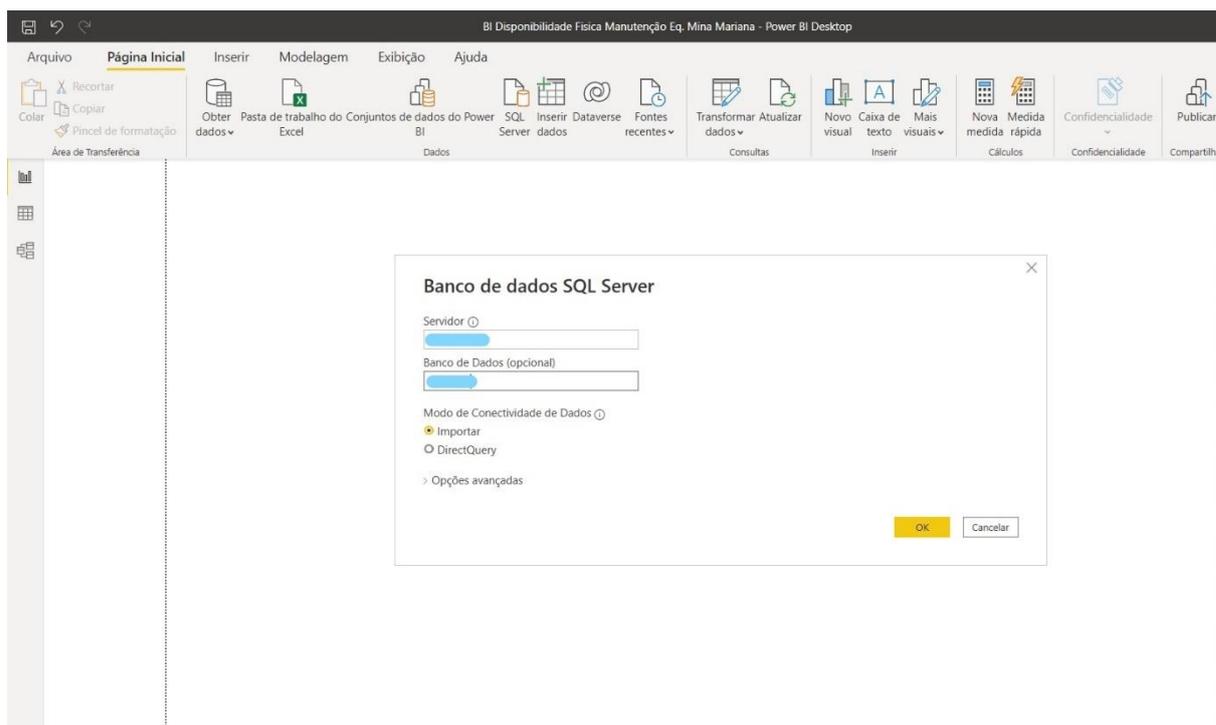


Figura 8: Janela de Conexão ao servidor SQL Server.

Fonte: Microsoft Power BI.

O servidor e a base de dados foram omitidos por ser uma informação confidencial.

Os dados obtidos nesta primeira consulta fazem referência aos tempos de manutenção, cruciais para a criação das medidas utilizando a linguagem DAX para acompanhamento no painel.

Para os demais dados utilizados, como por exemplo as metas dos indicadores, foi utilizada a conexão com pasta de trabalho do Excel. Como pode-se visualizar na Figura 9, todas as informações confidenciais da empresa foram suprimidas.

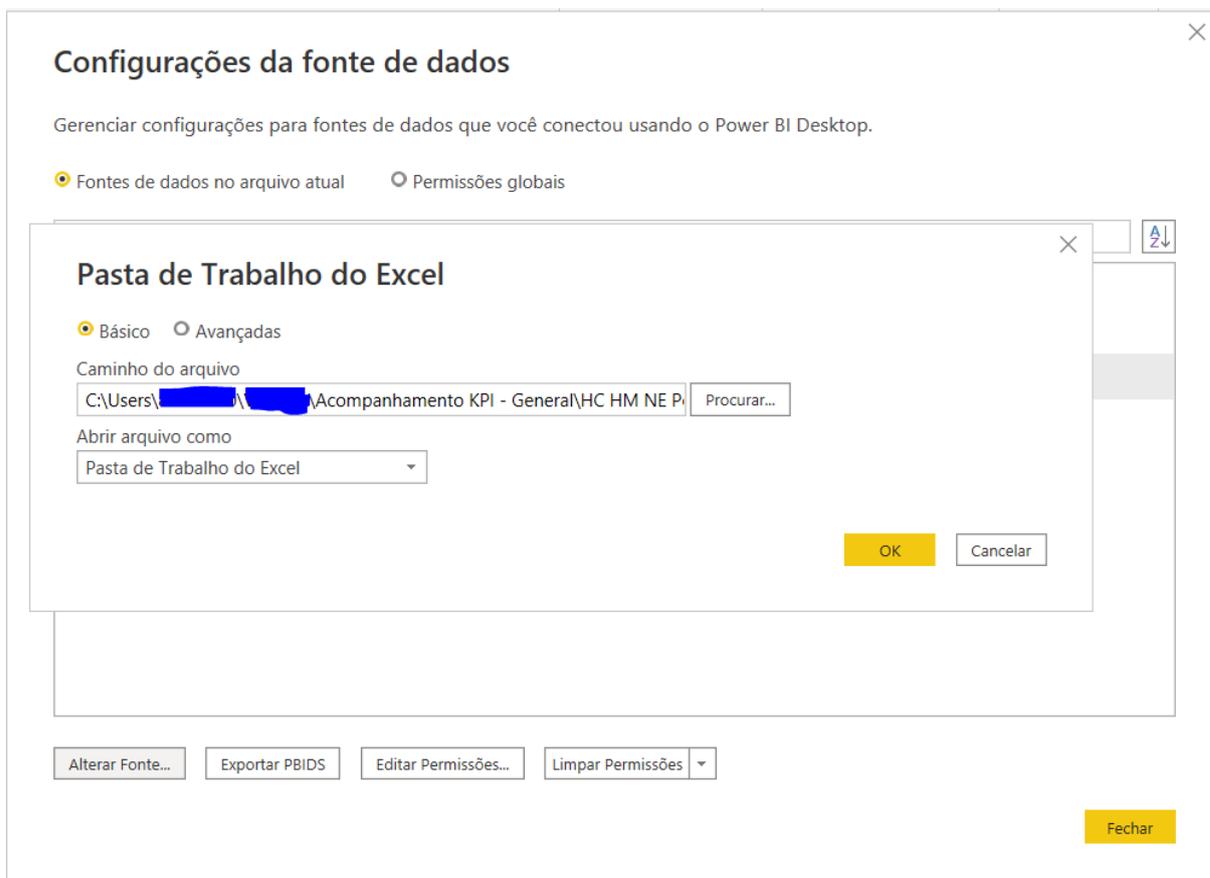


Figura 9: Conexão pasta de trabalho Excel.

Fonte: Microsoft Power BI.

3.1.2 Transformando Dados

Este processo Inicial de extração de dados retorna para o Power BI as tabelas DF Transporte Complexo, DF Carga (ambas com dados oriundos do servidor da empresa) e as tabelas Metas Carga, Metas Transporte e HC HM NE Por Minas. Estas tabelas em Excel, possuem os valores das metas dos indicadores da fase operacional de Carregamento, as metas para os indicadores da fase operacional de Transporte e as metas com os tempos de manutenção HC HM e NE por minas.

Para a transformação de dados das tabelas citadas anteriormente, foi utilizado o recurso de outra aplicação do Power BI, o Power Query, para realizar operações sobre os dados e adequá-los ao objetivo final.

Para “DF Transporte Complexo”, foram filtradas as colunas de “ano” e “mês”. A fim de se reduzir a base de dados e otimizar o processo de atualização futuramente, foram filtradas também as *TAG's* de equipamentos relacionados ao processo produtivo de Transporte, em que

cada TAG representa um caminhão fora de estrada do processo. É possível observar o código utilizado na Figura 10.



```
let
Fonte = Sql.Database("██████████", "██████████"),
dbo_vale_indices = Fonte[Schema="██████████",Item="██████████"][Data],
#"Linhas Filtradas" = Table.SelectRows(dbo_vale_indices, each ([Ano] = 22) and ([#"Mês#"] = "MAR")),
#"Tipo Alterado" = Table.TransformColumnTypes("#Linhas Filtradas",{"DataAbrev", type date}),
#"Linhas Filtradas1" = Table.SelectRows("#Tipo Alterado", each ([TAG] = "CA66533" or [TAG] = "CA66534" or [TAG] = "CA66535" or [TAG] = "CA66536" or [TAG] = "CA66537"
or [TAG] = "CA66538" or [TAG] = "CA66539" or [TAG] = "CA66540" or [TAG] = "CA66541" or [TAG] = "CA66542" or [TAG] = "CA66543" or [TAG] = "CA66544" or [TAG] =
"CA66545" or [TAG] = "CA66546" or [TAG] = "CA66547" or [TAG] = "CA66548" or [TAG] = "CA66549" or [TAG] = "CA66550" or [TAG] = "CA66551" or [TAG] = "CA66552" or
[TAG] = "CA66553" or [TAG] = "CA66554" or [TAG] = "CA66555" or [TAG] = "CA66556" or [TAG] = "CA66557" or [TAG] = "CA66558" or [TAG] = "CA67185" or [TAG] =
"CA67186" or [TAG] = "CA67187" or [TAG] = "CA67188" or [TAG] = "CA67189" or [TAG] = "CA67110" or [TAG] = "CA67111" or [TAG] = "CA67113" or [TAG] = "CA67114" or
[TAG] = "CA67115" or [TAG] = "CA67116" or [TAG] = "CA67119" or [TAG] = "CA67121" or [TAG] = "CA67123" or [TAG] = "CA67124" or [TAG] = "CA67125" or [TAG] =
"CE73001" or [TAG] = "CE73002" or [TAG] = "CE73003"))
in
#"Linhas Filtradas1"
```

✓ Nenhum erro de sintaxe detectado.

Concluído Cancelar

Figura 10: Código para transformação de dados da base de dados “DF Transporte Complexo”.

Fonte: Autor.

O mesmo processo foi utilizado para a base de dados DF Carga.

Para as bases de dados oriundas do Excel, não foi necessária a manipulação dos dados, visto que já foram previamente tratadas no Excel. Caso fosse necessário, o processo seria semelhante aos anteriores.

3.1.3 Modelagem de dados

O ambiente dentro do Power BI fornece a possibilidade de criar relações entre as tabelas importadas, o que permite realizar análises mais criteriosas correlacionando duas ou mais fontes de dados. Desta forma, é possível relacionar os valores atuais dos indicadores com a sua meta que vem da gerência e saber se encontra-se “Aderente”, ou seja, com o processo em estado normal ou “Não aderente” em determinado indicador. Pode-se observar a relação criada para a base de dados da DF Transporte Complexo na Figura 11.

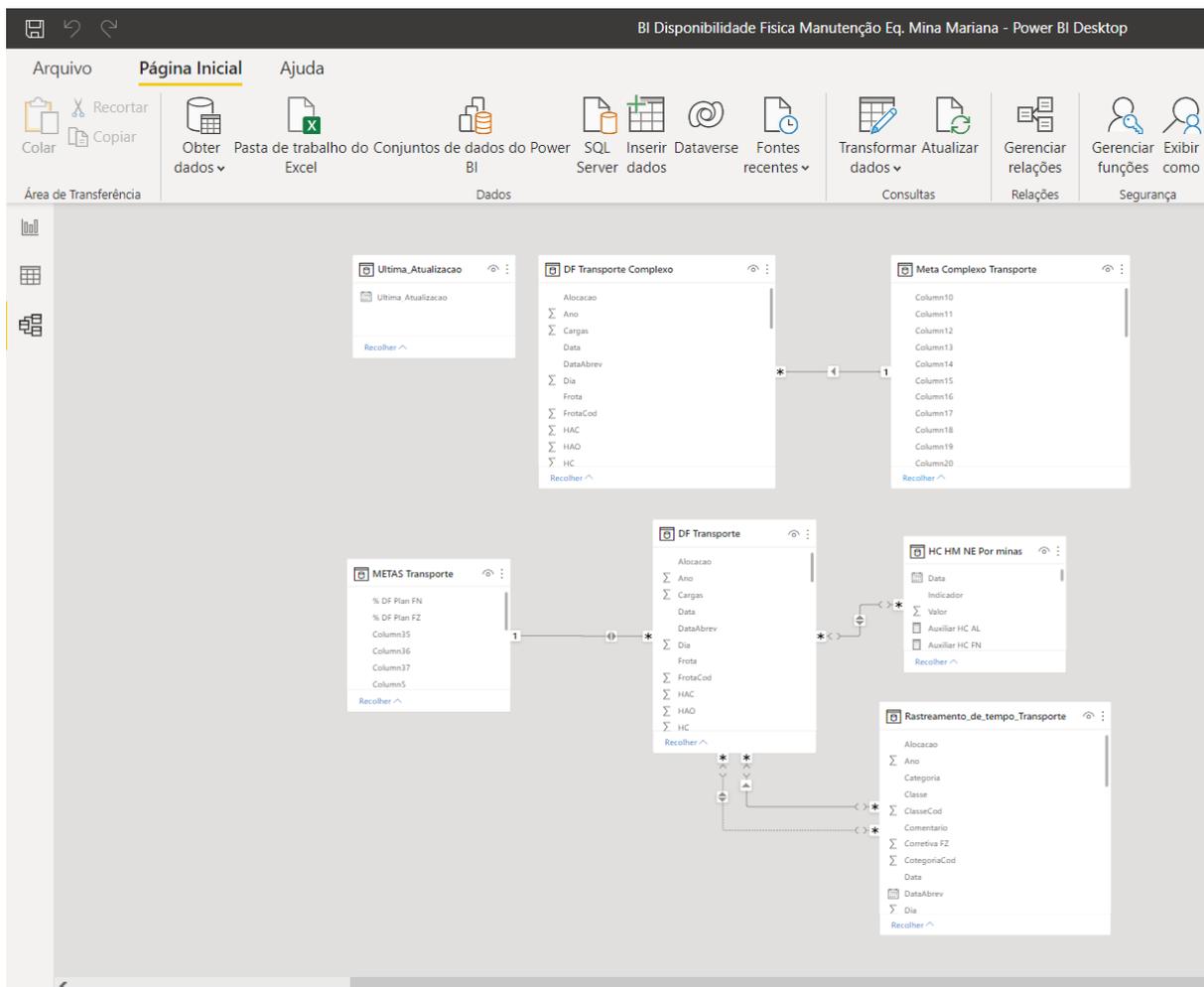


Figura 11: Relacionamento de dados.

Fonte: Autor.

Deste modo, a tabela com os tempos de manutenção “HC HM NE por Minas” e a tabela com as metas dos indicadores de transporte “METAS Transporte” estão diretamente ligadas com a base de dados que foi utilizada para calcular o indicador de Disponibilidade Física (DF) para a frota de transporte, presente na base de dados “DF Transporte”.

É válido ressaltar que para esta aplicação, as metas são definidas para o local de atuação do equipamento, ou seja, a sua Mina, portanto serão necessárias mais manipulações para realizar uma direta comparação entre valor executado e meta, que serão explanados no momento da criação da visualização do painel, através da criação de medidas auxiliares utilizando da linguagem DAX.

Este processo de relacionamento também foi realizado para a frota de Carregamento, de maneira análoga ao de transporte.

3.2 Construindo o KPI de Disponibilidade Física

Inicialmente foi criado o painel para a visualização do indicador de Disponibilidade Física, visto que é um dos principais indicadores para uma produção aderente ao orçamento pela Diretoria, pois ele mostra diretamente a relação da necessidade de equipamentos pela produção pela disponibilidade de equipamentos realizada pela Manutenção.

3.2.1 Disponibilidade Física - DF

A Disponibilidade Física é a razão entre o somatório das horas em que o equipamento esteve em operação, ou seja, realizando o serviço para o qual foi designado, pelo somatório de das Horas Calendário (HC), que é o somatório das horas disponíveis no período considerado.

Para este fim, foi criada uma medida para o somatório das horas de Manutenção, chamado de HM T. É possível visualizar os tempos de manutenção necessários para o cálculo do indicador na Tabela 1. A medida criada pode ser visualizada na Figura 12.

Tabela 2: Tempos de Manutenção

Tempo de Manutenção	Especificação
HMC	(Horas em Manutenção Corretiva) Tempo em que um equipamento ficou em uma Manutenção Corretiva.
MPS	(Manutenção Programada Sistemática) Tempo em que um equipamento ficou em uma manutenção programada sistemática, são manutenções sistemáticas, por exemplo: Revisões.
MPNS	(Manutenção Programada Não Sistemática) Tempo em que um equipamento ficou em uma manutenção programada, porém não sistemática, são manutenções em que a sua necessidade é observada de forma antecipada pela inspeção, por exemplo: Correção de uma pequena trinca no eixo do equipamento, uma calibração de sensor etc.
HAC	(Hora Acidente) Tempo em que o equipamento ficou parado de operação decorrente a um acidente, por exemplo: Um incêndio no equipamento.
HM	(Horas de Manutenção) Somatório dos tempos de Manutenção. $HM = HMC + MPS + MPNS + HAC$



Figura 12: Medida para Tempos de Manutenção em linguagem DAX.

Fonte: Autor.

Com as medidas para os tempos de manutenção (HM) e Horas Calendário (HC) criadas, é possível criar a medida para a DF. Pode-se visualizar a sua estrutura na Figura 13.

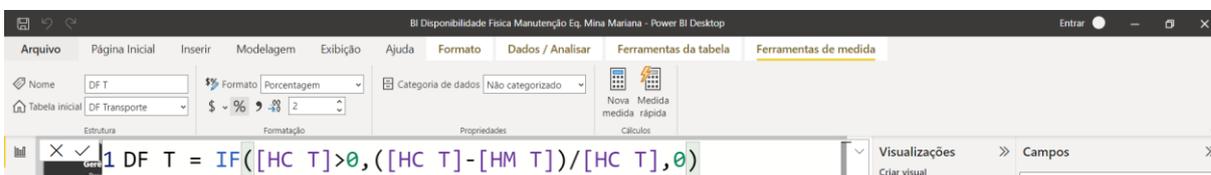


Figura 13: Cálculo da medida de DF em linguagem DAX.

Fonte: Autor.

Vale ressaltar, que foi criada uma estrutura condicional “IF” para não deixar que equipamentos desativados e que possuem o seu HC = 0 interfiram no cálculo do indicador. Portanto, segundo a fórmula criada, pode-se ler da seguinte maneira: “Caso o Equipamento possua HC maior que 0, realize o cálculo do indicador”

3.2.2 Função *CALCULATE*

A fim de atingir um dos objetivos do projeto, uma das preocupações é a tomada de decisão com informações rápidas e diretas. Para isto, é necessário um painel que contenha os valores dos indicadores tanto a nível de Equipamento como também de alocação e, no caso do estudo, a alocação é dada pela Mina de Operação do equipamento, que em nosso caso são três mina: “AL, FN e FZ”. Portanto, é preciso saber o valor da DF para AL, FN e FZ e comparar com a meta daquela alocação. Somente assim é possível saber se o local está aderente ou não aderente.

Por este motivo é necessário segmentar os valores de DF para cálculo nas três minas, e para isto foi utilizado a função *CALCULATE*, que avalia uma expressão em um contexto de filtro modificado, e sua sintaxe é dada pela Equação 4:

$$CALCULATE \left(\langle expression \rangle \left[, \langle filter1 \rangle \left[, \langle filter2 \rangle \left[, \dots \right] \right] \right] \right) \quad (4)$$

A medida criada pode ser visualizada na Figura 14.



Figura 14: Cálculo da DF com segmentação de dados.

Fonte: Autor.

É possível visualizar, na fórmula utilizada, que a medida criada “DF Transp. AL” irá retornar o valor da DF em que os equipamentos estejam sinalizados como operação na mina de “AL”. O mesmo processo foi realizado para as demais minas, alterando-se apenas o referencial para cada mina na função CALCULATE.

3.2.3 Variáveis Auxiliares

Uma forma de analisar um dado e visualizar de maneira rápida o seu impacto no processo, é através do “farol de cores”, isto é, sinalizar no fundo de tela do valor, com Vermelho para indicadores Não aderentes e Verde para indicadores Aderentes. Tal sinalização otimiza o processo de análise. E para isto, foram criadas variáveis auxiliares que sinalizam com o número 0 e 1 caso o processo esteja acima ou abaixo da meta.

Portanto, foram criadas três variáveis auxiliares, uma para cada valor de indicador referente a sua alocação de análise, e para isto, foi utilizada uma função condicional, comparando os valores de DF realizada com os valores de DF Meta. É possível visualizar a sua endentação na Figura 15.

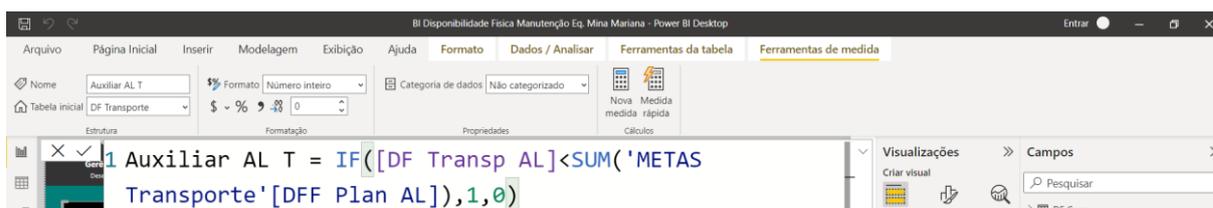


Figura 15: Variável auxiliar para Disponibilidade Física.

Fonte: Autor.

Entendendo a expressão criada, caso o valor referente a DF da alocação seja menor que a sua meta, a função auxiliar retorna valor 1, e caso contrário, retorna o valor 0. Esta definição auxilia posteriormente no momento da criação das visualizações do painel.

3.3 Painel DF Transporte

Pensando na otimização da tomada de decisão da liderança na eliminação de tarefas de baixo valor agregado, foram criadas três estruturas de visualização de dados para a página do indicador de Disponibilidade Física: Tabela de tempos de manutenção, DF acumulada por alocação e Tempos de manutenção acumulado Real x Programado.

3.3.1 Tabela de Tempos de Manutenção

Tabela que permite visualizar de maneira detalhada os tempos de manutenção separados por equipamento e por alocação. Nesta visualização é possível visualizar os impactos individuais do período em análise.

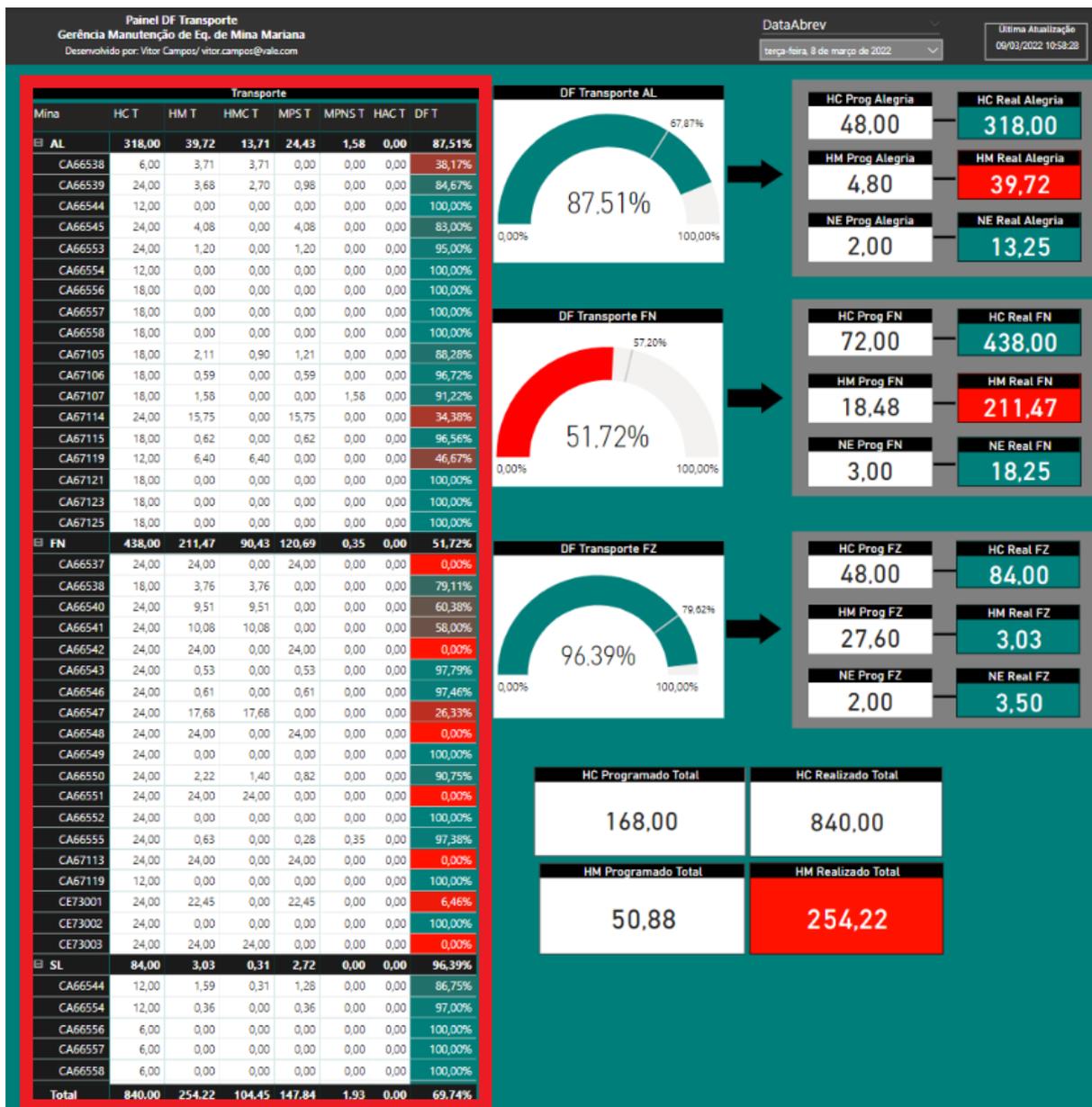


Figura 16: Tabela Tempos de manutenção.

Fonte: Autor.

Nesta tabela é possível analisar de maneira rápida os valores de HC, HM, HMC, MPS, MPNS, HAC e DF de cada equipamento. Tal visualização permite a análise de priorização de equipamentos pela manutenção, e identificação de GAPS no processo.

3.3.2 DF acumulada por alocação

Esta estrutura é constituída por três gráficos de velocímetro, comparando o valor realizado e acumulado de DF para os equipamentos de certa alocação com o valor da sua meta. A sua escala

de cores permite uma rápida análise de aderência ou não aderência no processo e pode ser visualizada na Figura 17:

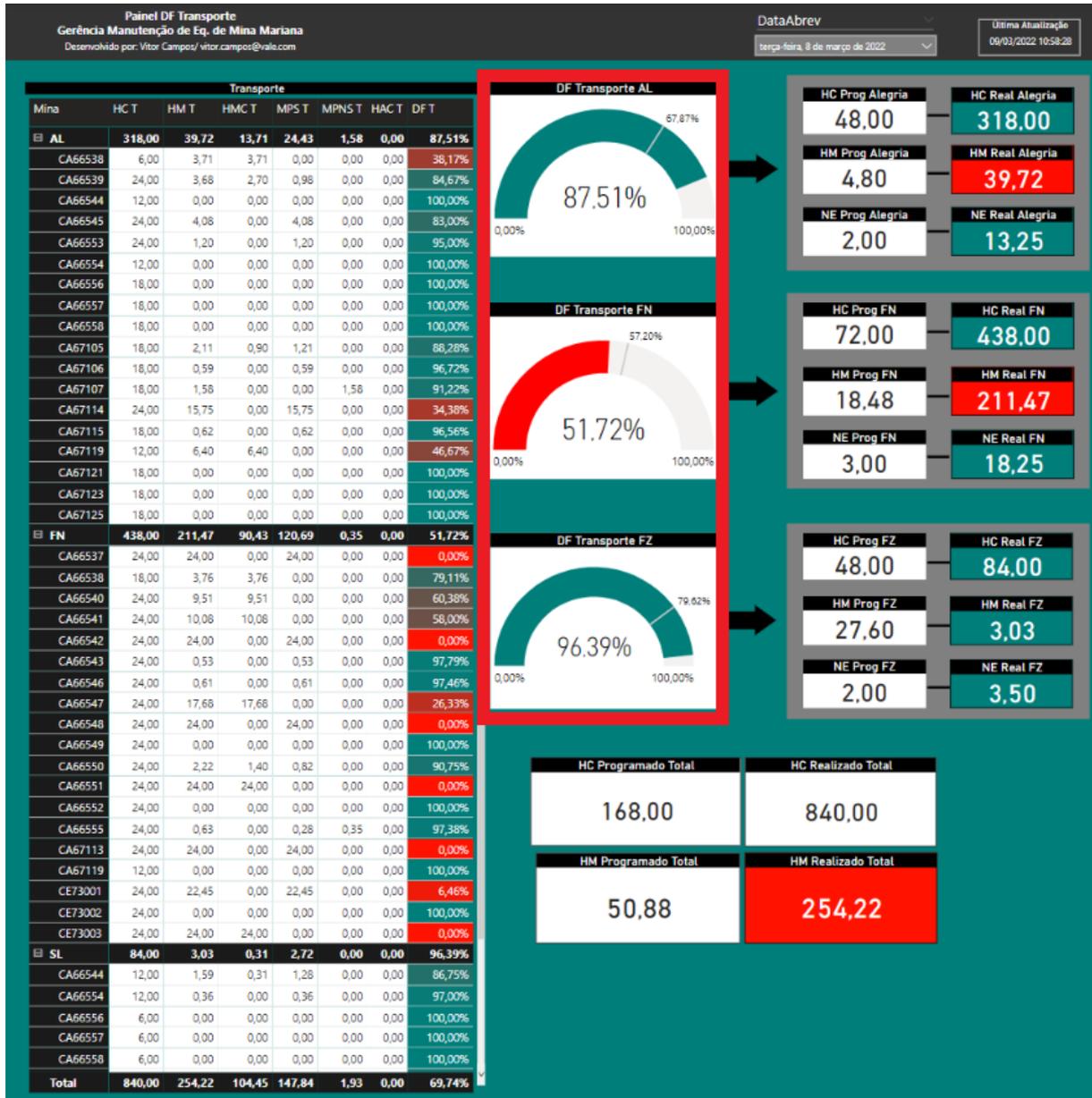


Figura 17: DF acumulada por alocação.

Fonte: Autor.

Para incluir a escala de cores nos gráficos foi necessário o auxílio das variáveis auxiliares criadas anteriormente. Caso o valor da variável seja igual a “0” é sinalizado como Verde, e caso seja igual a “1”, é sinalizado como Vermelho, aumentando o estado de alerta para aquele processo. A configuração da escala de cores para o velocímetro pode ser visualizada na Figura 18:

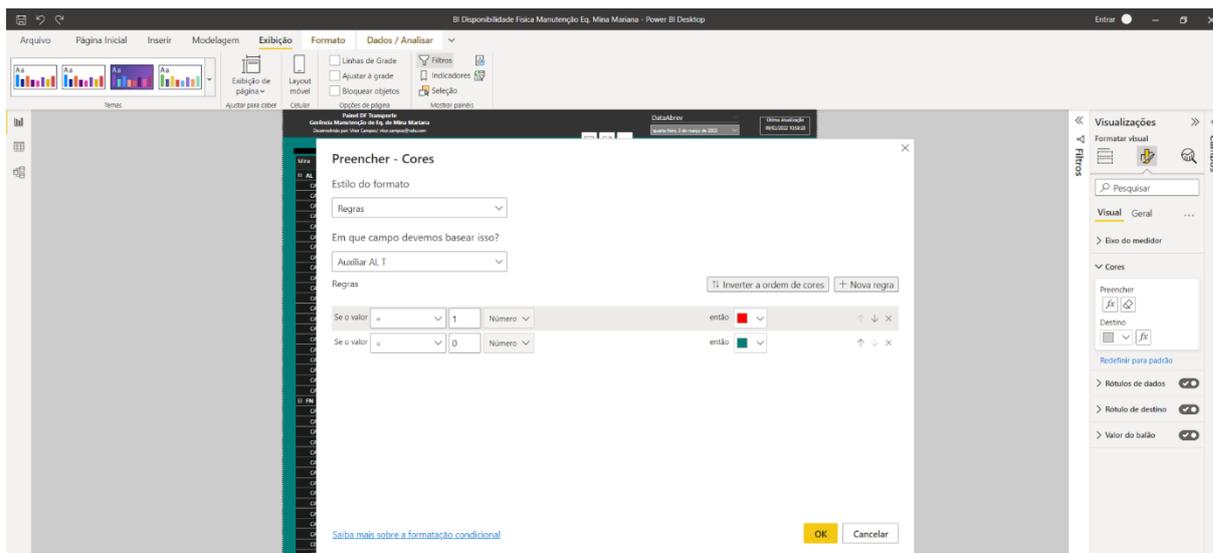


Figura 18:Regra de cores para gráfico de velocímetro.

Fonte: Autor.

Para o estilo do formato foi selecionado “Regras”, que permite criar regras com base em medidas criadas. No caso da Figura 18, foi com base na medida “Auxiliar AL T”, que retorna para o fundo da área preenchida do velocímetro a cor Vermelha em caso do indicador não aderente e Verde para em caso do indicador aderente.

3.3.3 Tempos de manutenção acumulado Real x Programado

Estrutura criada para comparar os valores acumulados dos tempos de manutenção realizados, com os tempos de manutenção programados. Tal visualização permite saber se a realização da manutenção está condizente com o processo de programação das manutenções, sinalizando com o *card* na cor vermelha caso o tempo de manutenção no período em referência seja maior que o tempo de manutenção programado para aquela alocação.

Para o painel criado, a análise é com base diária, ou seja, é analisado o valor do indicador para o dia escolhido na segmentação de dados “DataAbrev”. Portanto, o HC individual para cada equipamento será de 24 horas. Como cada equipamento pode variar de alocação ao longo do dia, é necessário saber a quantidade de equipamentos normalizada para aquela locação. Este número de equipamentos é dado por:

$$NE = \sum \frac{HC}{24}$$

O somatório dos HC dos equipamentos da Alocação, dividido por 24 horas, resulta no NE normalizado para a alocação.

Tal análise se faz importante para observar se a alocação operou com um número de equipamentos suficiente para se atingir a meta do indicador, ou devido um movimento de mina operou com um NE a menor que o programado.

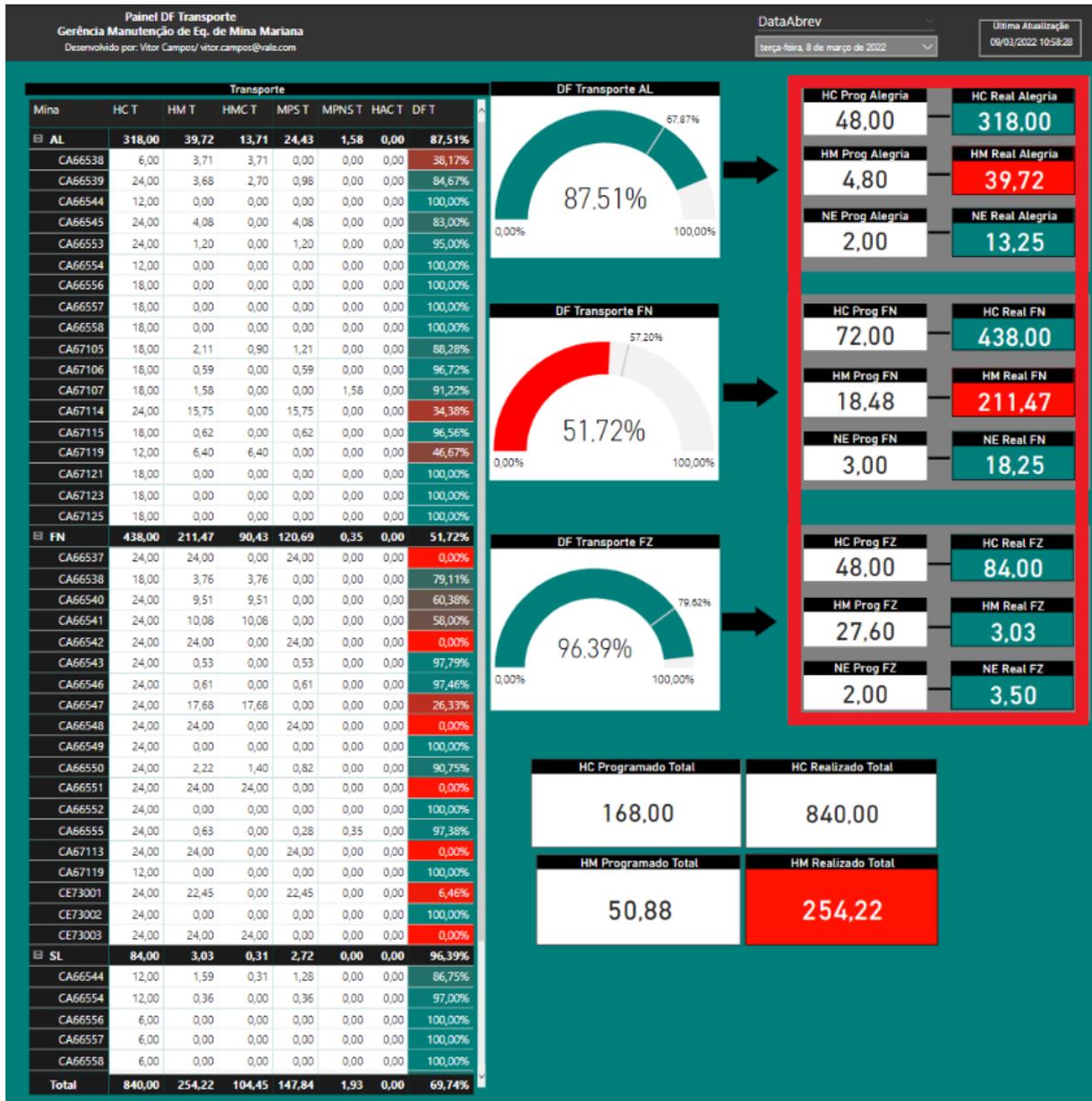


Figura 19: Estrutura de tempos de manutenção acumulado Real x Programado.

Fonte: Autor.

3.4 Painel DF Carregamento

Como a frota de Equipamentos para a fase operacional de Carregamento possui menos equipamentos que para a fase operacional de transporte, foi criado um painel contendo estruturas com as informações mais pertinentes para a fase operacional: **Visão Geral** da fase operacional, que é semelhante a tabela de tempos de manutenção do painel criado para a fase operacional de transporte: **DF acumulada por alocação**, que também se assemelha a estrutura de transporte, e uma estrutura adicional de Rastreamento de tempo carga.

A estrutura de Visão Geral e DF Acumulada por alocação podem ser visualizadas na figura 20:

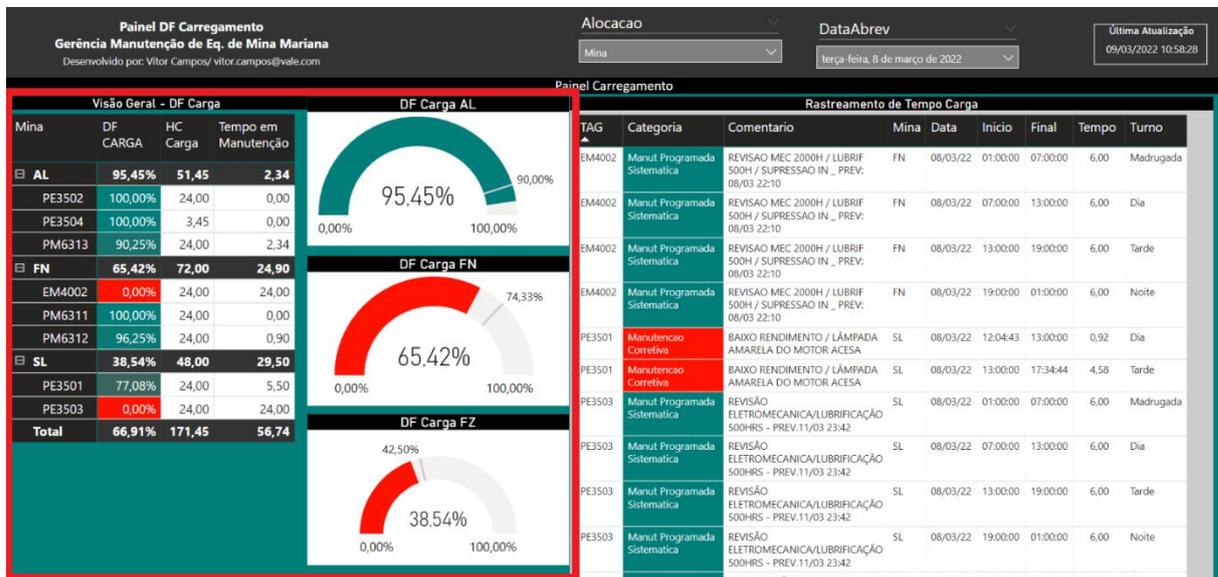


Figura 20: Estrutura Visão Geral e DF Acumulada por alocação para a frota de Carregamento.

Fonte: Autor.

3.4.1 Rastreamento de Tempo Carga

Para a fase operacional de carregamento, uma informação importante para os pontos focais da manutenção e analistas é sobre as paradas em manutenção dos equipamentos, e para compilar em apenas um painel as informações necessárias para a otimização do indicador de DF, foi criada uma Estrutura com as informações das paradas da manutenção. A coluna “TAG” nos informa o Equipamento, “Categoria” nos informa o tipo de manutenção ocorrida, “Comentário” trás um breve comentário a respeito da atividade realizada e também a previsão de liberação do equipamento quando tiver, “Mina” mostra a alocação do equipamento, “Data” mostra a data da manutenção, “Início” e “Final” mostram os horários de início e fim da atividade

com referência à coluna “Turno”, portanto, é possível saber em qual turno o equipamento foi liberado.

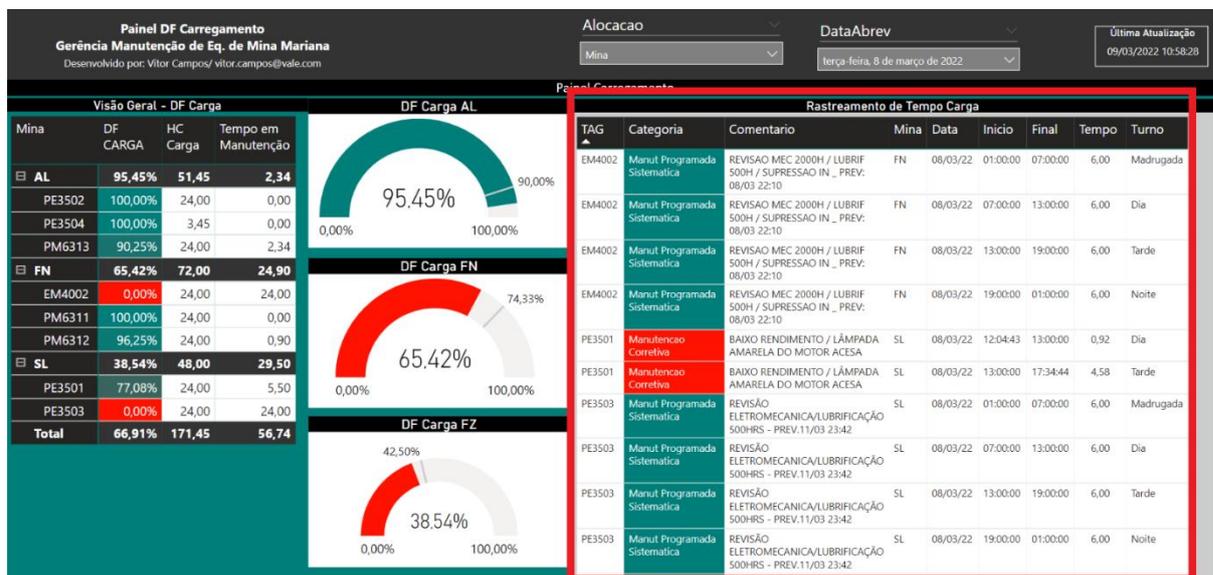


Figura 21: Rastreamento de tempo para Carregamento.

Fonte: Autor.

3.5 Painel MTBF e MTTR

Com o painel com os valores de DF e seus tempos de manutenção criados para as fases operacionais de transporte e carregamento, o próximo passo foi a criação do painel de MTBF e MTTR para as respectivas fases operacionais. Para tais indicadores, o painel foi elaborado através de uma base de dados extraída diariamente do sistema interno de gestão da produção da empresa, portanto todas as variáveis necessárias para criação das medidas dos indicadores já serão importadas diretamente desta base de dados.

3.5.1 Base de dados MTBF e MTTR

Para a importação da base de dados com as variáveis necessárias para criação dos indicadores, foi utilizado o modelo de conexão de dados do Power BI com Pasta de trabalho do excel. A manipulação de dados realizada pode ser visualizada na Figura 22.

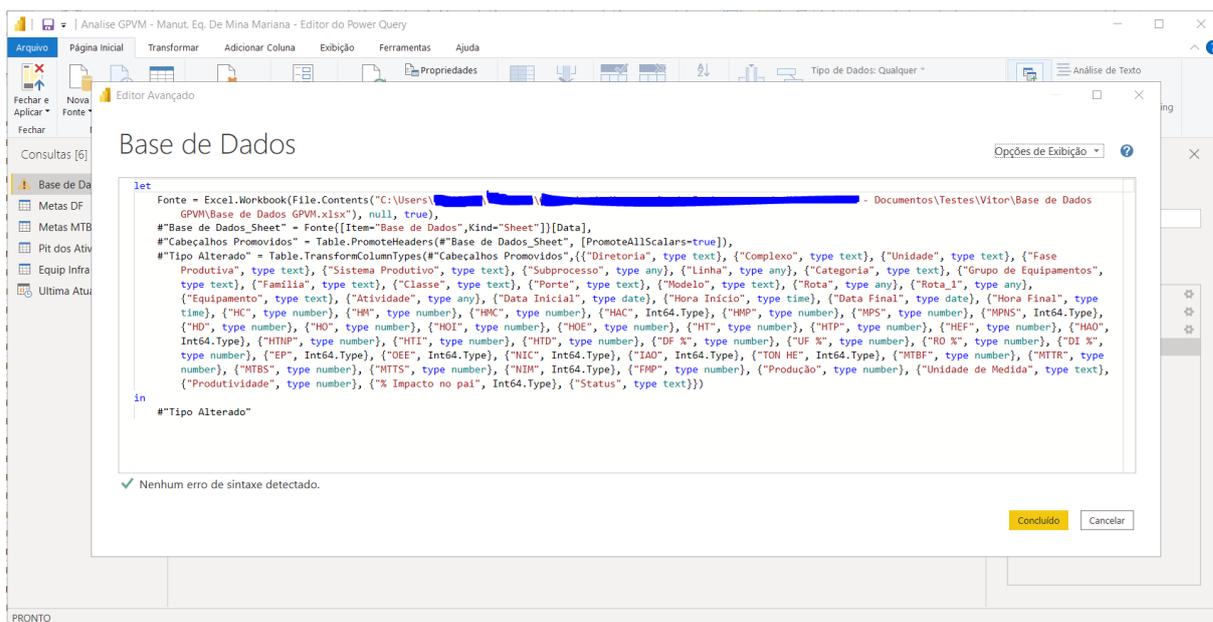


Figura 22: Janela editor avançado da base de dados para MTBF e MTTR.

Fonte: Autor.

O método de importação de dados foi através de “Sheet” ou planilha, visto que a base de dados está organizada em arquivo .xlsx. Com a base de dados importada, a transformação de dados realizada foi de promover cabeçalhos. Desta maneira, as colunas da base de dados têm como título a sua primeira linha, melhorando a semântica da base de dados e facilitando a criação das medidas para o painel.

3.5.2 Estrutura dos Indicadores

A tabela a seguir, contém as variáveis necessárias para criação dos indicadores de MTBF e MTTR.

Tabela 3: Variáveis necessárias para cálculo dos indicadores de MTBF e MTTR

Variável	Descrição
HT	(Horas Trabalhadas) Tempo em que o equipamento esteve disponível para operação no período analisado
HM	(Horas de Manutenção) Tempo em que o equipamento esteve em manutenção no período analisado
NIC	(Número de Intervenções Corretivas) Número de vezes em que o equipamento teve uma manutenção corretiva no período analisado

HMC	(Horas em Manutenção Corretiva) Tempo em que o equipamento esteve em manutenção corretiva no período em análise.
-----	--

3.5.3 Construindo o indicador de MTBF

Para o indicador de MTBF, foi realizado em linguagem DAX a sua medida: primeiramente o valor total de MTBF, chamado de MTBF Real (Figura 23) e posteriormente segmentados os dados referentes ao valor do indicador para a fase operacional de transporte através da função CALCULATE (Figura 24) Posteriormente, foi realizado o mesmo processo de segmentação de dados para a fase operacional de carregamento.



Figura 23: MTBF Real.

Fonte: Autor.



Figura 24: MTBF Segmentado.

Fonte: Autor.

3.5.4 Construindo o indicador de MTTR

Para o indicador de MTTR, se assemelhando ao de MTBF também foi realizada a sua medida em linguagem DAX, utilizando a mesma técnica, primeiro foi criada a medida para o indicador de MTTR Real, e posteriormente com a segmentação de dados para as fases operacionais de transporte e carregamento, utilizando da função CALCULATE.

3.6 Painel Carga e Transporte

Com todas as medidas criadas, foi criado o Painel Carga e Transporte. Neste painel foram adicionadas as visualizações para os indicadores de uma forma acumulada, portanto, um passo importante para a análise dos indicadores é definir o período da análise, e para isso foi criado no canto superior direito do painel uma segmentação de dados para entrar com o período para a análise, é possível visualizar o filtro criado na Figura 25.



Figura 25: Segmentação de dados de DATA para o painel carga e transporte.

Fonte: Autor.

Com a segmentação de datas criada, foi possível criar a visualização para os indicadores, a forma de visualização escolhida foi a de gráfico de velocímetro, que permite comparar de forma direta do valor realizado com o valor meta. A visualização no painel pode ser vista na Figura 26, que contempla o valor acumulado de MTBF e MTTR para Carregamento (1) e MTBF e MTTR para Transporte (2).



Figura 26: Painel Carga e Transp. MTBF e MTTR Carga (1) e transporte (2).

Fonte: Autor.

3.6.1 Painel Geral MTBF e MTRR

Para uma análise mais profunda dos indicadores e procurando a construção de um perfil de perdas, foi criado o Painel Geral, nele é possível acompanhar os valores de MTBF e MTRR por equipamento e identificar os gargalos da manutenção, este painel pode ser dividido em três grupos, são eles: **Segmentação de dados** ou **menu**, **Tabela de extração de dados** e **Ranking** de NIC e HMC.

3.6.2 Grupo de segmentação de dados ou menu.

Local onde é possível realizar filtros no painel para uma análise direta de dados da fase operacional a escolha, a Figura 27 ilustra os possíveis filtros a serem realizados para análise.

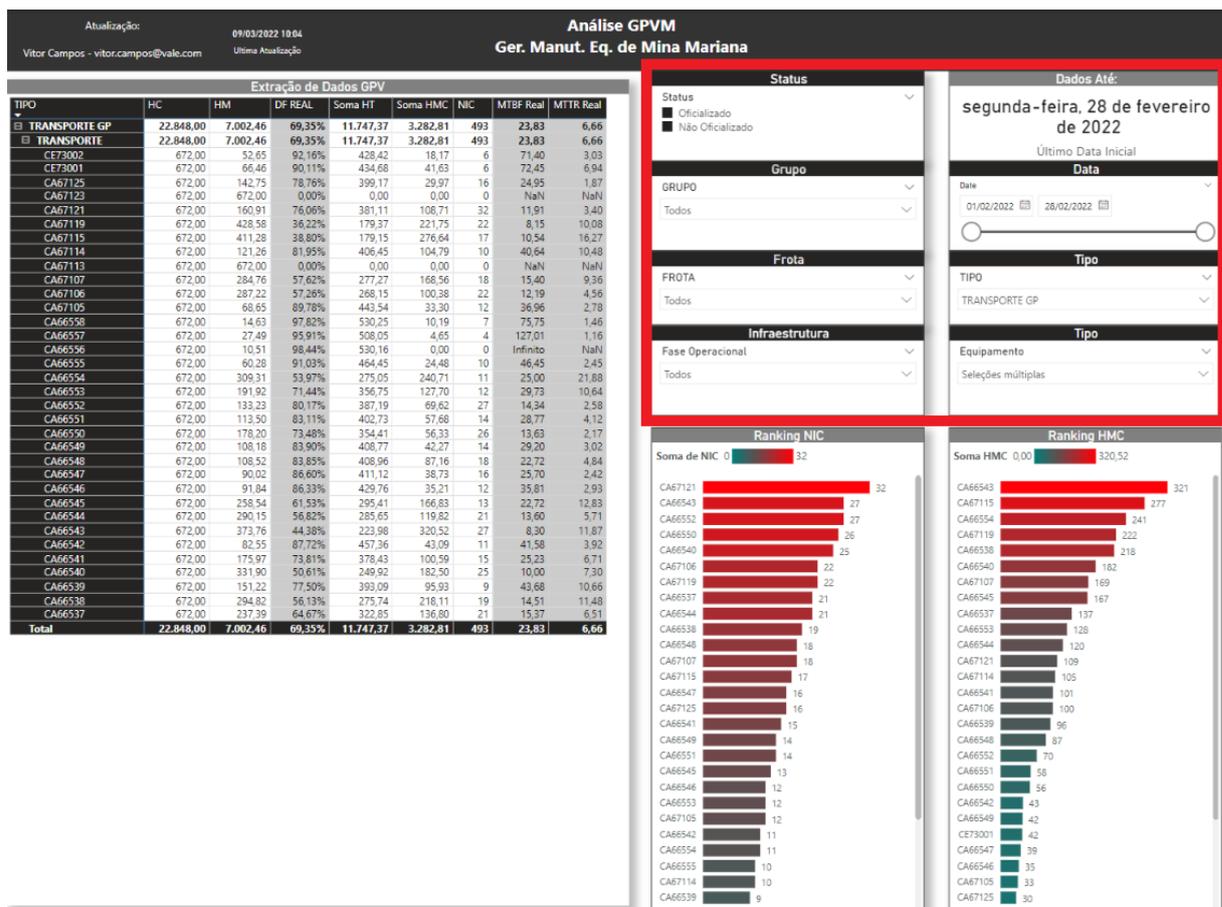


Figura 27: Painel geral grupo de segmentação de dados.

Fonte: Autor.

3.6.3 Tabela de extração de dados

Tabela que contém os valores individuais dos indicadores por equipamento, em que é possível identificar quais equipamentos estão contribuindo negativamente e positivamente para o indicador. Essa tabela é importante para identificar os equipamentos problemáticos do processo que estão tendo muitas intervenções corretivas NIC, que possuem elevado tempo de manutenção corretiva (HMC). A Figura 28 mostra um exemplo da tabela de extração de dados para os equipamentos que possuem o seu tipo como sendo de Transporte GP, portanto, representando a fase operacional de transporte.

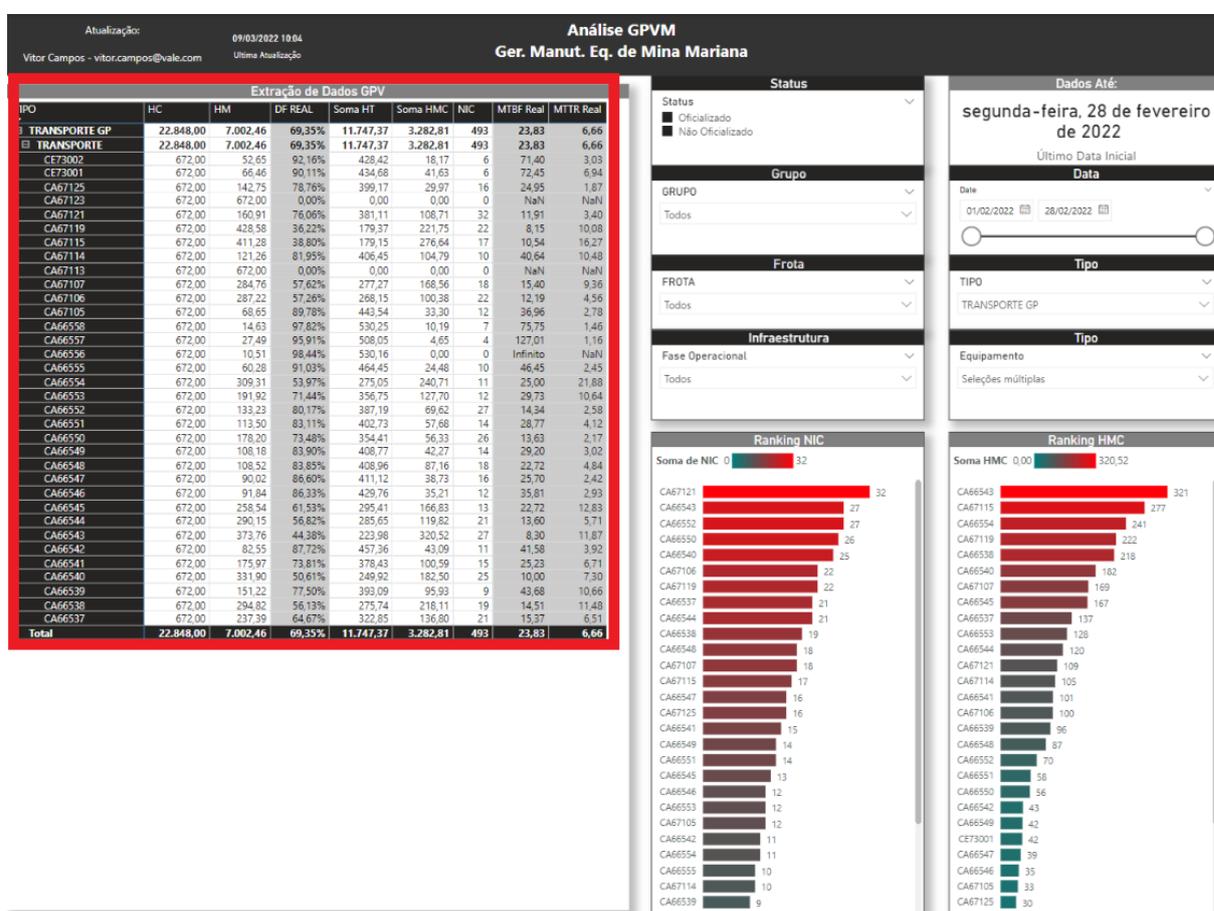


Figura 28: Painel geral tabela de extração de dados.

Fonte: Autor.

3.6.4 Ranking NIC e HMC

Ranking de equipamentos ordenados do maior para o menor do número de intervenções corretivas (NIC) e Horas em manutenção corretiva (HMC), no período de análise.

É importante comentar sobre a escolha destas duas variáveis, pois são os grandes “vilões” de MTBF e MTTR. Quanto maior foi o HMC de um equipamento, menor será o valor do MTBF, uma vez que eles possuem uma relação inversamente proporcional. E quanto para o NIC, equipamentos que possuem um elevado número de NIC, significam que não possuem confiabilidade, portanto são pontos de atenção para a manutenção. A aplicação do ranking pode ser visualizada na Figura 29.

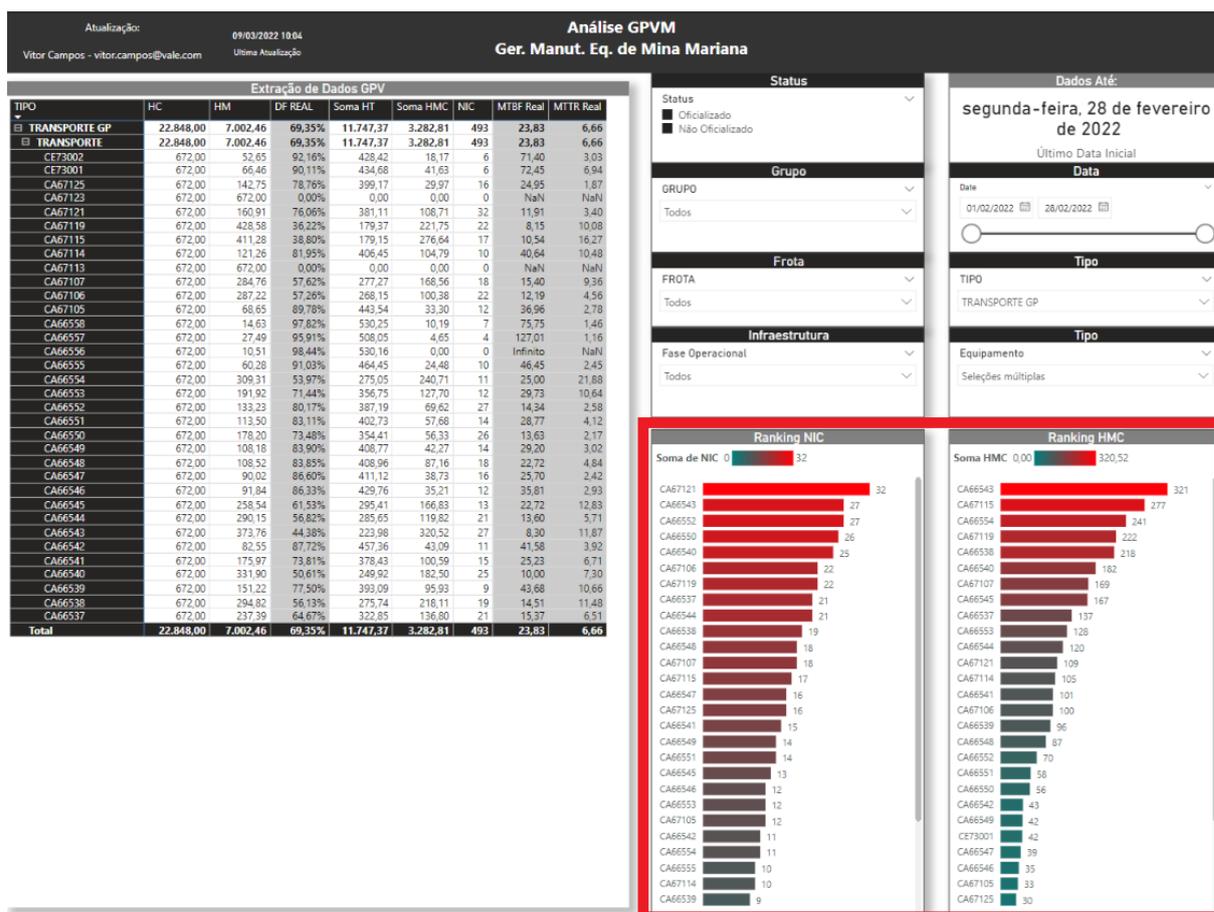


Figura 29: Ranking NIC e HMC.

Fonte: Autor.

4 RESULTADOS

A ferramenta do Power BI, empregada no desenvolvimento dos painéis dos indicadores, contribuiu para uma análise mais profunda, confiável e direta dos valores dos indicadores para a tomada de decisão da liderança e eliminação de tarefas de baixo valor agregado, portanto, para os resultados obtidos pode-se separar em duas categorias: Análise dos indicadores e Redução de atividades de baixo valor agregado, conforme a Tabela 2:

Tabela 2: Resultados encontrados.

Categoria	Item avaliado	Antes do BI	Depois do BI
Análise dos Indicadores	Complexidade da análise dos indicadores	Alta, alto número de planilhas e bases de dados diferentes para comparação diária dos indicadores	Baixa, todas as informações necessárias para a análise em apenas 3 painéis de indicadores
Análise dos indicadores	Quantidade de relatórios	10	1
Redução de atividades de baixo valor agregado	Tempo gasto para gerar e divulgar as informações	40 horas/mês	1 hora/mês
Redução de atividades de baixo valor agregado	Quantidade de e-mails encaminhados	60 e-mails / mês	0
Redução de atividades de baixo valor agregado	Média de erratas encaminhadas	5 erratas / mês	0
Redução de atividades de baixo valor agregado	Complexidade quanto a manutenção do relatório e susceptibilidade a erros	Alta, fórmulas complexas, manipulação diária de dados	Baixa, fórmulas pré-definidas

Os resultados auferidos foram de grande valia para os analistas operacionais, executantes da manutenção, colaboradores do planejamento e controle da manutenção, supervisores e auxiliares da manutenção, gerentes de área e gerente executivo. Como forma de mostrar os resultados obtidos com a elaboração dos painéis de indicadores com o BI, é possível separar dois cenários, o “a” mostra como era a atuação de tais pontos focais antes da aplicação do painel e “b” mostra como está sendo a aplicação com o BI.

- a) No cenário anterior à implantação do Power BI era necessário que os analistas operacionais fizessem diariamente as análises dos indicadores para suas respectivas fases operacionais com o auxílio de mais de seis bases de dados ou planilhas onde continham as informações necessárias para realizar os cálculos dos indicadores de “DF”, “MTBF” e “MTTR” e associar com a meta diária daquele indicador. Logo após realizarem a análise era necessário enviar a informação por e-mail para os executantes da manutenção, os colaboradores do planejamento e controle da manutenção, supervisores, auxiliares e gerentes tomarem conhecimento dos valores e providenciarem os planos de ação para tratativa dos indicadores não aderentes. Os relatórios enviados eram estáticos, possuíam apenas tabelas pouco personalizadas, não possuíam gráficos, não era possível realizar comparações personalizadas e não era possível acompanhar os resultados no dia corrente, apenas os resultados acumulados do mês e de um dia anterior. Na figura 30 é possível visualizar tal e-mail enviado para análise de um indicador. Erros de análises de dados eram bastante frequentes devido à alta complexidade, o que gerava um estresse desnecessário e diminuía a qualidade da manutenção.



Vitor Campos

Para

Responder Responder a Todos Encaminhar

sex 08/10/2021 08:11

Você respondeu esta mensagem em 13/10/2021 08:28.

+14 outros

Bom dia,

INDICADOR	UN	↑↓	TIPO	Acumulado Mês	7
DF Perf. GP FN	%	↑	Plan	58,97	65,00
			Real	81,48	93,13
DF Carga Mina FN	%	↑	Plan	75,49	61,86
			Real	81,35	65,35
DF Transporte FN	%	↑	Plan	69,49	52,83
			Real	73,74	79,04
DF Perf. GP AL	%	↑	Plan		
			Real		
DF Carga Mina AL	%	↑	Plan	74,08	66,25
			Real	75,20	64,61
DF Transporte AL	%	↑	Plan	78,24	74,61
			Real	63,06	58,05
DF Perf. GP FZ	%	↑	Plan	43,55	65,00
			Real	99,35	95,42
DF Carga Mina FZ	%	↑	Plan	78,87	85,00
			Real	57,92	37,73
DF Transporte FZ	%	↑	Plan	66,18	50,33
			Real	59,80	58,52

Figura 30: Exemplo de e-mail que era enviado antes da criação do painel.

Fonte: Autor.

- b) No cenário após a implantação do Power BI é necessário que o analista clique em um botão para atualizar o painel e em outro botão para fazer a publicação do painel na *workspace* de maneira diária para atualização do painel. Com isso, o tempo gasto para gerar e divulgar as informações reduziu de aproximadamente “40 horas por mês” para apenas “1 hora por mês”, visto que não leva mais do que 2 minutos para realizar a atualização. Como as informações agora ficam online, não é preciso realizar envio do e-mail para os pontos focais. As informações se tornaram mais consistentes e sua disponibilização e acesso ganharam velocidade e flexibilidade, podendo ser acessadas por meio de um simples *smartphone* ou computador. Além disso, as informações deixaram de ser estáticas, e com a adição dos gráficos e filtros permitem que as análises sejam mais detalhadas e personalizadas.

5 CONCLUSÃO

A informação é um dos recursos mais importantes dentro de uma organização, o que torna a maneira como é gerada e compartilhada um dos fatores críticos para o sucesso. Frente a mudanças constantes, avanços tecnológicos e alta competitividade do mercado de trabalho, obter informação íntegra e de qualidade e em tempo real para se ter uma correta e ágil tomada de decisão é vital para a perenidade, efetividade, competitividade e produtividade da organização.

Uma das principais maneiras de se obter informações com tais qualidades é através das ferramentas de Business Intelligence, elas vêm cada vez mais ganhando destaque visto os resultados entregues na otimização de processos e compartilhamento de informação, conectando informações de diferentes áreas das organizações e sendo flexíveis as demandas do usuário.

Neste cenário, este trabalho teve como objetivo automatizar e otimizar o processo de análise e divulgação de relatórios de indicadores de produtividade do setor de manutenção de equipamentos de uma grande mineradora. E devido a empregabilidade da ferramenta de Business Intelligence, o software Power BI, tal propósito foi atingido com sucesso.

Através do painel de indicadores, o relatório criado, notou-se uma melhora na qualidade e rapidez com que as informações sobre os indicadores eram compartilhadas, conseqüentemente foi otimizado o tempo de tomada de decisão pelas lideranças. As análises profundas, personalizadas, individuais por equipamento ou fase operacional que são promovidas pelos filtros disponibilizados no painel, os usuários puderam personalizar e criar as suas análises para atender suas demandas e gerar planos de ação para lacunas dos processos.

O painel criado foi cadastrado como uma melhoria *Kaizen* da empresa em questão, ganhando o reconhecimento de melhoria destaque do mês de dezembro de 2021 na dimensão de qualidade da manutenção, atingindo o objetivo interno de eliminação de defeitos, retrabalho e processamento excessivo de informação. Tal painel serviu de inspiração para elaboração de outros trabalhos onde são necessárias informações com rapidez e de qualidade.

Por fim, é válido ressaltar que a informação é um recurso vital e é preciso de confiabilidade para o seu uso e divulgação, tal confiabilidade foi entregue pela ferramenta utilizada, não foi possível tangenciar o ganho monetário com o emprego do Power BI, porém foi claro a otimização do processo.

6 REFERÊNCIAS

CASTRO, L. M. D; SILVA, M. A.L. D. **Business Intelligence(BI): Análise comparativa entre as ferramentas líderes no mercado. E-RAC**, Uberlandia, v. 8, n. 1, p. 1-2, dez./2018. Disponível em: <http://www.adsunix.unitri.edu.br/erac/index.php/e-rac/article/view/1293>. Acesso em: 23 mar. 2022.

DARWICH, N. E. **Sistema de Gestão da Manutenção de Ativos: desenvolvimento de Método de Implantação em uma Universidade Pública**. 2019. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

ENG DTP & MULTIMÍDIA LTDA. **Power BI: Linguagens M e DAX**. Disponível em: <https://www.eng.com.br/artigo.cfm?id=7506&post=power-bi-linguagens-m-e-dax>. Acesso em: 22 mar. 2022.

GOESSLER, L. G. M. **Uso de sistemas de medição de desempenho para melhoria contínua: um estudo da influência do estilo de gestão**. 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

LAGO, K. **Webinar: 20 Fatos do Power BI Que Você Precisa Saber**, 2019. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=nQxbwRkqSaA>. Acesso em 22 de maio 2022.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. J. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008

MICROSOFT. **Rótulos de confidencialidade no Power BI**. Disponível em <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/enterprise/service-security-sensitivity-label-overview>. Acesso em: 06 jun 2022a

MICROSOFT. **Preços do Power BI**. Disponível em: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/pricing/>. Acesso em: 23 mar 2022b.

MICROSOFT. **Quadrante Mágico do Gartner para Soluções Analíticas e de Business Intelligence de 2021**. Disponível em: https://info.microsoft.com/ww-Landing-2021-Gartner-MQ-for-Analytics-and-Business-Intelligence-Power-BI.html?LCID=PT-BR&ocid=eml_pg236796_gdc_comm_ba, acesso em 06 jun 2022c.

MICROSOFT. **O que é Power BI?**. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>. Acesso em: 23 mar 2022d.

MICROSOFT. **O que é Power Query?**. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-query/power-query-what-is-power-query#:~:text=Power%20Query%20vem%20com%20uma,onde%20Power%20Query%20foi%20usado>. Acesso em: 23 mar 2022e.

MICROSOFT. **Visão Geral do DAX**. Disponível em: [https://docs.microsoft.com/pt-br/dax/dax-overview#:~:text=A%20DAX%20\(Data%20Analysis%20Expressions,nos%20modelos%20de%20dados%20tabulares](https://docs.microsoft.com/pt-br/dax/dax-overview#:~:text=A%20DAX%20(Data%20Analysis%20Expressions,nos%20modelos%20de%20dados%20tabulares). Acesso em: 23 mar 2022f.

MICROSOFT. **O que é o Servidor de Relatórios do Power BI?**. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/report-server/get-started#:~:text=O%20Servidor%20de%20Relat%C3%B3rios%20do%20Power%20BI%20%C3%A9%20um%20servidor,paginados%20relat%C3%B3rios%20m%C3%B3veis%20e%20KPIs>. Acesso em: 23 mar 2022g.

NASCIMENTO, A. **Gartner publica versão 2019 de seu Quadrante Mágico**. Insight Data Services. Fevereiro 2019. Disponível em: <https://www.insightdataservices.com.br/gartner-publica-versao-2019-de-seu-quadrante-magico-confira-a-nossa-analise/>, acesso em 06 jun 2022.

SANTOS, B. P., ALBERTO, A., LIMA, T. D. F. M., & charrua-santos, F. M. B. (2018). **INDUSTRY 4.0: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES**. Revista Produção e Desenvolvimento, 4(1), 111-124.

SANTOS, H. V. **Business Intelligence aplicado no desenvolvimento de indicadores da manutenção**. 2019. 62 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto,2019.

SANTOS, M. Y.; RAMOS, I. - **“Business Intelligence : tecnologias da informação na gestão de conhecimento”**. Lisboa: FCA Editora de Informática, 2006. ISBN 972-722-405-9. p. 2-10.

MORAIS, E. R. E. D.; DA SILVA, S. S.; CARITÁ, E. C. **Business intelligence utilizando tecnologias web para análise de fatores de risco na ocorrência de doença arterial coronariana**. *Journal of Health Informatics*, v. 2, n. 1, 2010.

ZION MARKET RESEARCH. **Business Intelligence Market – Global Industry Analysis**. Disponível em: <https://www.zionmarketresearch.com/report/business-intelligence-market>. Acesso em: 23 mar. 2022.