



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



CHRISTHIAN DA SILVA GONÇALVES

**AUTOMAÇÃO DA ANÁLISE DE DADOS NO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA MANUTENÇÃO COM APLICAÇÃO DE *BUSINESS
INTELLIGENCE***

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

Ouro Preto, 2022

CHRISTHIAN DA SILVA GONÇALVES

**AUTOMAÇÃO DA ANÁLISE DE DADOS NO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA MANUTENÇÃO COM APLICAÇÃO DE *BUSINESS*
*INTELLIGENCE***

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.

Orientador: Prof. Adrielle de Carvalho Santana, Dra

**Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
2022**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

G635a Gonçalves, Christian da Silva.

Automação da análise de dados no planejamento e controle da manutenção com aplicação de Business Intelligence. [manuscrito] / Christian da Silva Gonçalves. - 2022.

66 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Adrielle de Carvalho Santana.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Automação - Análise. 2. Automação - Indicadores. 3. Processos. 4. Automatização. 5. Business Intelligence. I. Santana, Adrielle de Carvalho. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CONTROLE E
AUTOMACAO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Christian da Silva Gonçalves

Automação da Análise de Dados no Planejamento e Controle da Manutenção com Aplicação de *Business Intelligence*

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

Aprovada em 17 de Junho de 2022

Membros da banca

Profa. Dra. Adrielle de Carvalho Santana – Orientadora (Departamento de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto)

Profa. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães - Convidada (Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Ouro Preto)

Profa. Dra. Luciana Gomes Castanheira - Convidada (Departamento de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto)

Adrielle de Carvalho Santana, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 17/06/2022



Documento assinado eletronicamente por **Adrielle de Carvalho Santana, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/06/2022, às 20:13, 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 **0346376** e o código CRC **2EB79E14**.

“O progresso não é sempre o resultado de grandes saltos tecnológicos, sendo também produto de incontáveis pequenas modificações e melhorias.”
Documento brasileiro à Conferência das Nações Unidas sobre Ciências e Tecnologia para o desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

A Deus por esta conquista! As maiores recompensas da vida é alcançar nossos objetivos por meio de nosso esforço.

A Universidade Federal de Ouro Preto pelo ensino gratuito e de qualidade e a todo o corpo docente por todo conhecimento e experiências compartilhadas durante a graduação, dentro e fora da sala de aula, em especial a Profa. Dra. Adrielle de Carvalho Santana pela atenção, compreensão e disposição em multiplicar seus conhecimentos, que foram fundamentais para aprimorar este trabalho.

A minha mãe Terezinha (in memoriam), pelo incentivo e amor incondicional, ao meu pai Moacir, por ser meu exemplo e o maior incentivador em todas as etapas da minha vida. Sou eternamente grato por tudo que proporcionaram.

A minha irmã Cristiana e meu sobrinho Carlos pela amizade, incentivo e motivação.

A todos os meus amigos, em especial a Túlio, Wester, Rodrigo, Gustavo, Tiago, César, Wagner e minha namorada Amanda pelo companheirismo e os bons momentos compartilhados. Cada um de vocês contribuíram de alguma forma para essa conquista.

E a todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, direta ou indiretamente, com o meu processo de aprendizado.

“Matéria é a parte accidental.” (Oliver Lodge)

RESUMO

O mercado competitivo fez com que a análise de dados para a melhoria de processos se tornasse fundamental para a sobrevivência das organizações. Com o aumento do volume de informações, essa atividade de forma manual se mostra pouco eficiente e dispendiosa. O presente trabalho tem como objetivo apresentar um modelo para automatizar o processo de análise de dados no processo de PCM de uma empresa do setor de mineração utilizando uma ferramenta de *Business Intelligence*. Para isso, foi realizado o processo de modelagem dos dados utilizando ferramentas da Microsoft Office 365 juntamente com o *software* Power BI, para gerar relatórios de indicadores automatizados. Como resultado, os relatórios promoveram a melhoria da capacidade organizacional favorecendo a descentralização da informação e potencializando o desenvolvimento sustentável dos processos.

Palavras-chaves: Análise, Indicadores, Processos, Automatizar, *Business Intelligence*.

ABSTRACT

The competitive market has made data analysis for process improvement essential for the survival of organizations. With the increase in the volume of information, this manual activity proves to be inefficient and expensive. The present work aims to present a model to automate the data analysis process in the PCM process of a company in the mining sector using a Business Intelligence tool. In Order to accomplish that, the data modeling process was carried out using Microsoft Office 365 tools together with Power BI, to generate automated indicator reports. As a result, the reports promoted the improvement of organizational capacity, favoring the decentralization of information and enhancing the sustainable development of processes.

Key-words: Analysis, Indicators, Processes, automate, Business Intelligence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Principais Funções da Gestão da Manutenção e suas Relações | 21 |
| Figura 2 – Power BI - Tela principal Power BI Desktop | 36 |
| Figura 3 – <i>SAP Business Objects - Editor de consultas</i> | 42 |
| Figura 4 – SAP Business Objects - Envio de consulta para e-mail | 43 |
| Figura 5 – Microsoft Power Automate - Fluxo automatizado de recebimento de e-mail e salvamento do anexo em uma pasta do Microsoft Sharepoint | 43 |
| Figura 6 – Microsoft Power BI - Importando consultas do Microsoft Sharepoint com Power Query 01 | 44 |
| Figura 7 – Microsoft Power BI - Importando consultas do Microsoft Sharepoint com Power Query 02 | 45 |
| Figura 8 – Microsoft Power BI - Importando consultas do Microsoft Sharepoint com Power Query 03 | 46 |
| Figura 9 – Microsoft Power Query - Ferramentas de edição de consultas e suas etapas de transformação dos dados | 46 |
| Figura 10 – Microsoft Power Query - Linhas de código linguagem de programação M | 47 |
| Figura 11 – Microsoft Power Query - Carregamento de dados para o Power BI | 48 |
| Figura 12 – Microsoft Power BI - Relacionamento entre tabelas | 49 |
| Figura 13 – Microsoft Power BI - Cardinalidade entre tabelas | 49 |
| Figura 14 – Microsoft Power BI - Calculando colunas | 51 |
| Figura 15 – Microsoft Power BI - Medidas calculadas | 51 |
| Figura 16 – Microsoft Power BI - Visão geral dos indicadores dos processos de manutenção | 53 |
| Figura 17 – Microsoft Power BI - Visão detalhada do indicador de Aderência a manutenção condicional | 54 |
| Figura 18 – Microsoft Power BI - Publicando no Power BI Service | 55 |
| Figura 19 – Microsoft Power BI - Relatório publicado no Power BI Service | 55 |
| Figura 20 – Microsoft Power BI - Configuração de atualização automática | 56 |
| Figura 21 – Microsoft Power BI - Indicadores Consolidados | 59 |
| Figura 22 – Microsoft Power BI - Indicador APR Detalhado | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Técnicas de Manutenção Preditiva. | 25 |
| Tabela 2 – Descritivo indicadores da Figura 21. | 58 |
| Tabela 3 – Descritivo indicadores da Figura 22. | 60 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---------------------------------------|
| AMS | Aderência a Manutenção Sistemática |
| AMC | Aderência a Manutenção Condicional |
| APR | Aderência a Programação |
| BI | <i>Business Intelligence</i> |
| CT | Centro de Trabalho |
| DAX | <i>Data Analysis Expressions</i> |
| DW | <i>Data Warehouse</i> |
| ERP | <i>Enterprise Resource Planning</i> |
| ETL | <i>Extract Transform Load</i> |
| Hh | homem-hora |
| IAMO | Índice de Apropriação de mão-de-obra |
| IMNC | Idade Média das Notas |
| KPI | <i>Key Performance Indicators</i> |
| MAP | Meio Auxiliar de Produção |
| OLAP | <i>Online Analytical Process</i> |
| OM | Ordem de Manutenção |
| PBI | Microsoft Power BI® |
| PCM | Planejamento e Controle da Manutenção |
| PDCA | Plan-Do-Check-Act |
| RMS | Relação Manutenção Sistemática |
| SIG | Sistema de Informação Gerencial |
| SSBI | Self-Service Business Intelligence |
| SQL | Serve Analysis Services |
| T.I | Tecnologia da Informação |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------|----------------------------|
| Γ | Letra grega Gama |
| Λ | Lambda |
| ζ | Letra grega minúscula zeta |
| \in | Pertence |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 | Formulação do problema | 15 |
| 1.2 | Justificativa do trabalho | 18 |
| 1.3 | Objetivos geral e específicos | 19 |
| 1.4 | Estrutura do texto | 20 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 21 |
| 2.1 | Gestão da manutenção | 21 |
| 2.2 | Manutenção | 22 |
| 2.2.1 | <i>Tipos de Manutenção</i> | 23 |
| 2.2.1.1 | Manutenção Corretiva | 23 |
| 2.2.1.2 | Manutenção Preventiva | 24 |
| 2.2.1.3 | Manutenção Preditiva | 24 |
| 2.3 | Planejamento e Controlo da Manutenção | 25 |
| 2.4 | Metodologia <i>Lean</i> Aplicada na Manutenção | 26 |
| 2.4.1 | <i>Manutenção Lean</i> | 27 |
| 2.5 | Indicadores de Manutenção | 28 |
| 2.6 | Classificação dos Sistemas de Informação | 29 |
| 2.7 | Sistema de Informação Gerencial - SIG | 30 |
| 2.8 | Tecnologia da informação e comunicação como suporte a gestão do conhecimento | 31 |
| 2.8.1 | <i>Sistemas Enterprise Resource Planning</i> | 32 |
| 2.8.2 | SAP Business Objects | 32 |
| 2.8.3 | <i>Data Warehouse</i> | 33 |
| 2.8.4 | Business Intelligence | 33 |
| 2.8.4.1 | Vantagens do BI | 35 |
| 2.8.4.2 | <i>Self Service BI</i> | 35 |
| 2.9 | Microsoft Power BI | 35 |
| 3 | DESENVOLVIMENTO | 37 |
| 3.1 | Caracterização da área de estudo | 37 |
| 3.2 | Metodologia | 37 |
| 3.3 | Indicadores | 38 |
| 3.3.1 | <i>Aderência a Manutenção Sistemática (AMS)</i> | 39 |
| 3.3.2 | <i>Aderência a Manutenção Condicional (AMC)</i> | 39 |
| 3.3.3 | <i>Aderência ao Plano de Manutenção (APM)</i> | 39 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.4 | <i>Relação Manutenção Sistemática e Total de Manutenção (RMS)</i> | 40 |
| 3.3.5 | <i>Índice de Apropriação de mão-de-obra (IAMO)</i> | 40 |
| 3.3.6 | <i>Backlog</i> | 40 |
| 3.3.7 | <i>Percentual de Demanda sem Planejamento</i> | 40 |
| 3.3.8 | <i>Aderência a Programação (APR)</i> | 41 |
| 3.3.9 | <i>Idade Média das Notas (IMNC)</i> | 41 |
| 3.3.10 | <i>Idade Média de Notas e OMs em Aberto (Aging)</i> | 41 |
| 3.4 | Métodos | 41 |
| 3.4.1 | <i>Fonte de Dados e Armazenamento</i> | 42 |
| 3.4.2 | <i>Processo de Extrair, transformar e carregar dados</i> | 44 |
| 3.4.3 | <i>Relacionamento entre tabelas</i> | 48 |
| 3.4.4 | <i>Colunas Calculadas e Medidas</i> | 50 |
| 3.4.5 | <i>Construção visual dos indicadores</i> | 52 |
| 3.4.6 | <i>Publicando o Relatório de Indicadores no Power BI Service</i> | 54 |
| 4 | RESULTADOS | 57 |
| 4.1 | <i>Interpretação dos Gráficos de Indicadores</i> | 57 |
| 5 | CONCLUSÃO | 62 |
| 5.1 | <i>Sugestão para trabalhos futuro</i> | 63 |
| | REFERÊNCIAS | 64 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do problema

As revoluções industriais descrevem um conjunto de profundas transformações que ocorreram na economia e na cultura de uma sociedade, demandadas pelas significativas transformações da ciência e da tecnologia. Desde 2011, quando o termo indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez durante a Feira Industrial de Hanôver na Alemanha, é aceito por estudiosos e empresários que estamos iniciando a quarta revolução industrial. Sendo ela descrita como um conjunto de tecnologias ligadas à internet com sistemas de produção mais flexíveis e colaborativos, em que ocorre a fusão entre o mundo real e o mundo virtual, por meio da implementação de elementos digitais integrados que monitoram e controlam os dispositivos físicos, sensores, tecnologias de informação e comunicação e Internet das Coisas (IoT). Esse conceito engloba uma forma complexa de inovação, que utiliza a combinação de múltiplas tecnologias que promovem a melhoria contínua do modelo de negócio. O objetivo é alcançar um alto nível de flexibilidade para atender as exigências dos mercados atuais, que tem expectativas crescentes de produtividade e lucro, tendo como premissa a sustentabilidade, eficiência do uso de recursos naturais, preservação do meio ambiente, e a preservação da saúde e integridade dos colaboradores (SANTOS et al., 2018).

Mesmo que o conceito de indústria 4.0 apresente inúmeras vantagens, muitas indústrias ainda possuem dificuldades para implementá-la, muitas vezes, devido a aspectos da economia em que está inserida e aos possíveis custos de *retrofit* (termo usado para definir a revitalização, aperfeiçoamento e/ou modernização), da planta de produção. Porém uma metodologia que divide os mesmos princípios e que proporciona bases para a implementação da indústria 4.0 é a *Lean Manufacturing* - manufatura enxuta, muito utilizada pelas empresas de manufatura para se medir e obter resultados por meio de uma nova mentalidade e hábitos organizacionais que favorecem as melhorias sistêmicas dos processos desenvolvendo soluções a partir da conectividade e do sensoriamento remoto, visando minimizar os desperdícios e produzindo ações benéficas ao comando das organizações. A utilização da metodologia *Lean Manufacturing* fora do setor de manufatura, tem se tornado mais comum a cada dia. Sendo implantada em seguimentos como o da mineração que a utilizam para provocar melhorias na produtividade, promover a alavancagem de suas operações e melhorar a sustentabilidade dos processos.

A gestão da manutenção está em cooperação permanente com o setor de produção, onde a qualidade do produto final é determinada, entre outros fatores, pelo desempenho de equipamentos ou máquinas que o confeccionam. A missão da Manutenção segundo Xavier e Pinto (2002), é de garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados. Mostrando a importância e a necessidade de haver uma

gestão da manutenção bem estruturada visando não só a saúde do ativo mas também a qualidade da manutenção que é realizada.

Uma estrutura organizacional da manutenção bem definida é fundamental para que se atinja os resultados esperados dos indicadores de manutenção. Os gestores precisam efetuar tomadas de decisões visando a implementação de melhores práticas de acordo com as informações disponíveis. Segundo [Ferreira \(2004\)](#), alcançar a eficiência do processo de manutenção só é possível se a empresa dispuser da metodologia de PCM (Planejamento e Controle da Manutenção), que se constitui em planejar, prover materiais e sobressalentes, programar, coordenar e controlar serviços que, em sua maioria, incluem a inspeção, manutenção preditiva e preventiva. Para [Viana \(2002\)](#), produção engloba operação associada à manutenção, então, é necessário planejar esse conjunto, para tal, utiliza-se da ferramenta responsável pelas ações preventivas, preditivas, análise e tomadas de decisão, denominada de PCM.

O PCM exerce um papel fundamental em qualquer indústria de diferentes seguimentos, pois é responsável pelo bom funcionamento da planta e conseqüentemente pela saúde da organização. O PCM é constituído por subprocessos que exigem sincronismo, conexão e fluxos bem definidos e detalhados. Segundo [Filho \(2008\)](#) o PCM é o conjunto de ações para preparar, programar, verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção de acordo com valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para a conquista dos objetivos e da missão da empresa, usando os meios disponíveis. Os gestores e demais envolvidos com o PCM da empresa coletam, armazenam e trabalham embasados em dados levantados nas Ordens de Serviço e desenvolvem eventuais diagnósticos que visam melhorar a produtividade.

Dentro das estruturas organizacionais, muitas vezes é necessário realizar uma gestão de atividades de manutenção entre as equipes de engenharia de manutenção e produção. Essa gestão envolve a classificação dos equipamentos, a programação das atividades e a definição de padrões de trabalho. Esse trabalho deve ser realizado em conjunto entre as áreas de engenharia de manutenção e produção que devem estar sempre em ressonância. Dessa forma, operadores de produção, técnicos de manutenção, supervisores de produção e de manutenção serão responsáveis pelos indicadores de manutenção e, conseqüentemente, da saúde da manutenção da empresa.

Para suportar a complexidade dos processos de um negócio, a digitalização dentro das empresas é fundamental, pois possibilita a utilização de sistemas informatizados que proporcionam inúmeros benefícios para a melhoria e desenvolvimento dos setores operacional e estratégico, sendo também uma ferramenta importante que dá suporte para a tomada de decisão. Segundo [BEUREN \(2000\)](#) o sistema de informações consubstancia-se no conjunto de elementos (humanos, tecnológicos, materiais e financeiro) que viabilizam a captação de dados, seu processamento e divulgação de informações. Ele é encarregado de prover informações, em todas as etapas do processo de gestão (planejamento, execução e controle), para os diferentes níveis hierárquicos e áreas funcionais da empresa. [O'BRIEN \(2004\)](#) menciona estudos de casos realizados em empresas que investiram na informatização para aumento da competitividade e obtiveram redução dos

custos provenientes da desburocratização dos processos, aumento da eficiência e da eficácia.

Os dados são um recurso organizacional que precisa ser administrado como qualquer outro ativo importante nas empresas, onde estes são organizados de forma lógica em caracteres, campos, registros e banco de dados que quando extraídos de forma eficiente geram valiosas informações para seus usuários (O'BRIEN, 2004). Essas informações ao serem processadas podem ser dispostas em forma de KPI's - *Key Performance Indicators* - Indicadores Chave de Desempenho, que servem para medir, validar e gerenciar parâmetros que possam ser quantificados para o monitoramento de diversos setores e processos, com foco em aspectos do desempenho organizacional críticos para o sucesso atual e futuro da organização. Mobley (2008) comenta que painéis (*dashboards*) de KPI's permitem que um indivíduo específico ou um grupo de indivíduos gerenciem as métricas necessárias para o processo pelo qual são responsáveis.

Em qualquer processo produtivo que disponha de algum sistema informatizado como o ERP - *Enterprise Resource Planning* - Planejamento de Recursos Empresariais, ou sistema de gestão integrado, produz uma grande quantidade de dados relacionada a manutenção, qualidade, produtividade, materiais, produtos, máquinas, funcionários, controle financeiro entre outros. Esses dados são armazenadas em grandes bancos de dados e possuem pouca utilidade em seu estado bruto, por isso é necessário o seu tratamento e interpretação para que seja possível extrair informações e conhecimento. No entanto, muitas empresas ainda não sabem o que fazer com essa grande massa de dados, devido a não haver investimentos ou ferramentas adequadas para captação e disposição dos dados, falta de mão de obra qualificada, ou pelo desconhecimento da sua importância e utilidade como matéria-prima para a produção de informações úteis para a gestão do negócio. Muitos gestores que hoje sofrem por falta de informação, podem ter um grande aliado se dispuserem de ferramentas para processar esses dados. Para tal, existem diversas ferramentas específicas disponíveis comercialmente. Empresas do mundo da Tecnologia da Informação, como Oracle, IBM e Microsoft, oferecem softwares que podem ser ajustados às necessidades de cada usuário ou corporação. Esta área vem sendo tratada como sistemas de apoio à decisão, conhecido também como BI - *Business Intelligence* - Inteligência de Negócios, termo que vem sendo mais explorado nos últimos anos.

As ferramentas de BI têm a capacidade de realizar o processo de ETL - *Extract Transform Load* - extrair transformar e carregar os dados, sendo eles estruturados ou não. Permitem que os dados sejam de diferentes fontes e tipos, podendo também tratar os dados para criar interações entre diversas informações e correlaciona-los. Uma das ferramentas mais conceituadas no Mercado é o *software* Power Bi da Microsoft, que permite modelar os dados de forma dinâmica possibilitando que exista um alinhamento entre a tecnologia e a estratégia das organizações. Ele proporciona também a inovação, promove a melhoria da gestão pelos agentes responsáveis, abre caminho para a adesão de novas práticas de gestão com bases fundamentadas em dados e contribui para a melhoria do desempenho e dos resultados da organização.

É dentro deste contexto que o presente trabalho está inserido, visando a melhoria

contínua dos processos de manutenção em uma mineradora de grande porte, por meio do uso de ferramentas que auxiliam na automação da coleta e da análise dos dados que são importantes para a tomada de decisão. Visto que o crescente número de variáveis que geram desvios nos processos de planejamento e programação das atividades de manutenção e a necessidade de manter a saúde dos ativos e redução de paradas não programadas, notou-se que o processo de coleta e análise de dados de forma manual não estavam trazendo os resultados esperados para uma rápida atuação nos problemas, sendo necessárias novas abordagens que suportassem as necessidades dos processos. Com isso o uso de ferramentas que proporcionam modelagem, conexão e a exploração de dados de maneira visual, simples e automática torna-se atraente.

O setor analisado é o PCM, responsável pela manutenção Corretiva, preventiva e condicional de equipamentos da planta de beneficiamento de minério de ferro. Como seu papel é fundamental na estratégia de manutenção dos ativos da planta, todas as manutenções planejadas passam pelos seus processos e pelo seu controle. Todos os dados referentes à manutenção dos ativos são geridos pelo PCM, como custos, tempo entre falhas, o tipo de manutenção a ser feita, tempo de manutenção, aderência dos processos de planejamento e execução, análise de falhas, dentre outros.

Para que seja possível realizar a melhoria dos processos de manutenção por meio da análise dos dados fornecidos pelos sistemas informatizados, é necessário investigar a seguinte problemática:

Como gerar informação de valor de forma rápida e automática para os processos de manutenção para torna-los otimizados, flexíveis e integrados?

1.2 Justificativa do trabalho

Em um mercado globalizado e altamente competitivo, e a mudança na forma como as empresas se relacionam com o meio ambiente e a sociedade, exige-se que as empresas mantenham-se atualizadas e busquem a melhoria contínua de seus processos, visando otimizar a produção e os custos. Isso tem causado um grande aumento no volume das informações que as empresas precisam gerenciar, sendo elas internas para controle dos seus processos - planejamento da manutenção e da produção, contabilidade, logística, projeto, custos - e externas para se relacionar com clientes, fornecedores e a sociedade. Sendo o SI (Sistema de Informações) o responsável por suportar todo esse volume de informações e por auxiliar as atividades de tomada de decisão da empresa, pode-se dizer que o sucesso de uma organização está estreitamente ligado ao sucesso do seu Sistema de Informações.

Quando os dados são obtidos, apenas se tornam proveitosos quando tratados e transformados em gráficos, relatórios e conclusões aplicáveis na prática cotidiana. Para as inúmeras tomadas de decisão na estratégia de manutenção, o PCM precisa lidar com inúmeras informações que precisam ser tratadas e correlacionadas, tornando-se fundamental a sua autonomia na

análise dos dados obtidos. Porém muitas empresas ainda utilizam ferramentas como o Microsoft Excel, e coletam dados de forma manual que necessitam de um grande esforço do efetivo para interpretá-las corretamente e trazer significado para a tomada de decisões.

A utilização do SI e de ferramentas robustas para a análise de dados já foi de uso exclusivo do setor da T.I (Tecnologia da Informação), o que muitas vezes, exigia um conhecimento avançado em linguagens de programação, provocando assim, a dependência de outros setores para a realização da modelagem dos dados e transforma-los em informações uteis para a gestão do negócio. Com o surgimento dos *softwares* de BI que utilizam para a modelagem de dados ferramentas com interface gráficas e linguagem de programação amigáveis e intuitivas, possibilita que cada setor de uma organização se torne independente para realizar a análise de seus dados e a criação de KPI's com ferramentas robustas sem a necessidade de utilizar linguagens de programação complexas.

A mineração utiliza processos operacionais específicas para a extração e beneficiamento do minério de ferro que exigem rotinas de manutenção bem definidas para garantir a disponibilidade e durabilidade da planta operacional. Por essa razão, exige que, manutenção possua uma estratégia alinhada com o planejamento da produção para que não ocorra a interrupção da produção fora do planejamento preestabelecido. A análise das informações em forma de indicadores, proporciona uma visão crítica da eficácia da manutenção de curto até o longo prazo, o que possibilita mudanças da estratégia de acordo com a mudança do cenário que a empresa vivencia.

Dentre diversos indicadores utilizados pelo PCM, existem os indicadores de desempenho que proporciona inúmeros benefícios ao setor, possibilitando explorar sistematicamente todas as variáveis da manutenção, buscando o melhor desempenho dos processos e da unidade em relação a parâmetros específicos utilizados para identificação de oportunidades de melhoria. Permite também mensurar as variáveis do custo da manutenção para priorizar as várias mais importantes proporcionando a sua otimização. Ajuda no planejamento e acompanhamento da implementação de melhorias de maneira direta e simples. Demonstra através de indicadores a contribuição da manutenção para o alcance das metas da organização, enfatizado a necessidade da cooperação entre os setores para uma melhor performance. Dado o exposto, justifica-se a importância da utilização de ferramentas de BI nos processos de PCM para otimizar o processo de análise de dados e de indicadores de processo.

1.3 Objetivos geral e específicos

O objetivo geral é apresentar diretrizes para automatizar o processo de análise de dados no processo de PCM utilizando ferramentas de *Business Intelligence*.

Sendo os objetivos específicos:

- Verificar quais são os indicadores importantes que serão utilizados com as ferramentas de

BI.

- Automatizar o cálculo dos indicadores.
- Gerar gráficos e tabelas para visualizar os dados de forma automática de modo a auxiliar na tomada de decisões e monitoramento do setor.

1.4 Estrutura do texto

O trabalho é composto por cinco capítulos. No Capítulo 1 é brevemente apresentado as Considerações iniciais, com a introdução do tema, objetivos geral e específicos e justificativa.

No capítulo 2, está a Revisão da literatura onde estão elucidados os conceitos de gestão da manutenção e suas metodologias, planejamento e controle da manutenção, indicadores de processos, classificação dos sistemas da informação, ferramentas de sistemas da informação e conceitos e ferramentas de *Business Intelligence*. No capítulo 3, está a caracterização da área de estudo e os métodos explicando as ferramentas e tecnologias utilizadas na aquisição, extração e transformação dos dados para o desenvolvimento de indicadores de processos. A aplicação de ferramentas de *Business Intelligence*, para a automatização da aquisição e análise de dados, de acordo com a literatura apresentada no Capítulo 2.

Os resultados são apresentados no capítulo 4 e em seguida a conclusão, sugestão de trabalhos futuros e as referências.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo aborda a fundamentação teórica estudada, que guia o trabalho ao longo de seu desenvolvimento para que o devido trabalho se sustente teoricamente em relação ao tema abordado.

2.1 Gestão da manutenção

A gestão é uma atividade dinâmica que envolve funções como o planejamento, coordenação, monitoramento e o controlo de recursos (PINTO, 2013). A gestão da manutenção é considerada como um conjunto de atividades de gestão que estabelece objetivos, estratégia e responsabilidades da manutenção, e realizam a sua implementação através do planejamento, controle, supervisão e melhoria contínua dos processos organizacionais. A gestão da manutenção é responsável por designar as melhores decisões para que seja possível a existência de uma boa manutenção, tendo em conta a otimização dos custos (FRAZÃO, 2014).

Na Figura 1, está representado as principais funções da gestão da manutenção e as suas relações.

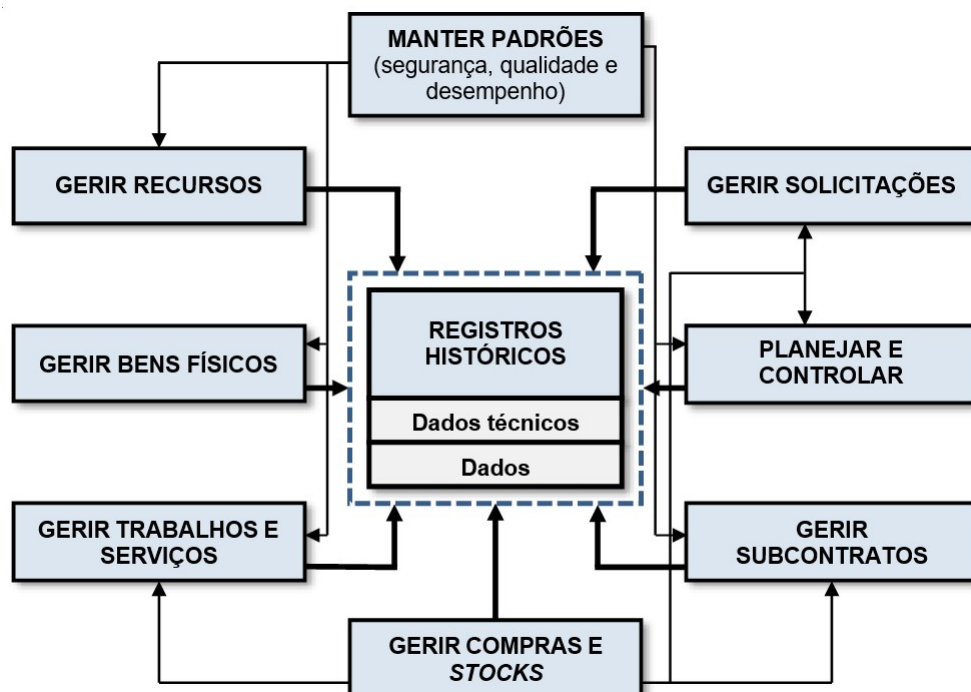


Figura 1 – Principais Funções da Gestão da Manutenção e suas Relações

Fonte: Adaptado de Pinto, 2013

2.2 Manutenção

De acordo com [Pinto e Xavier \(2009\)](#) a evolução da manutenção ao longo do tempo pode ser dividida em 3 gerações. Sendo a Primeira Geração o período antes da Segunda Guerra Mundial, onde a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e, na sua grande maioria, superdimensionados. Os autores ressaltam também que, devido a situação econômica da época, a produtividade não era considerada como prioritária, e não era necessária uma manutenção sistemática. Os serviços de limpeza, lubrificação e reparo eram efetuados somente após a quebra, ou seja, a manutenção era, fundamentalmente, corretiva.

A segunda geração se inicia no período da Segunda Guerra Mundial até os anos 60, onde as pressões do período da guerra aumentaram a demanda por todo tipo de produto, ao mesmo tempo que o contingente de mão de obra industrial diminuiu consideravelmente. Devido a esses fatos, neste período houve um forte aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais, ficando evidente a necessidade de maior disponibilidade física dos equipamentos, bem como, maior confiabilidade, para que fosse possível um aumento da produtividade. Mediante a dependência das máquinas para produzir, surgiu a ideia de que as falhas dos equipamentos deveriam ser evitadas, resultando no conceito de manutenção preventiva. Na década de 60 a manutenção era realizada com intervenções nos equipamentos em intervalos fixos, provocando um aumento do custo da manutenção em comparação com outros custos operacionais, fazendo com que as indústrias começassem a buscar meios para aumentar a vida útil dos equipamentos. Esse fato propiciou o desenvolvimento dos sistemas de planejamento e controle de manutenção que, atualmente, são partes integrantes da manutenção moderna.

A terceira geração, iniciou-se a partir da década de 70, acelerando o processo de mudança nas indústrias. Com o crescimento da automação e da mecanização nas indústrias, a confiabilidade e a disponibilidade tornaram-se pontos-chave em diversos setores ligados diretamente ou indiretamente a produção, como os setores de processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações. Segundo [Pinto e Xavier \(2009\)](#), na terceira geração reforçou-se o conceito de uma manutenção preditiva, que verifica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados e parâmetros indicam o seu desgaste ou processo de degradação, proporcionando previsibilidade do tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. A interação entre as fases de implantação de um sistema (projeto, fabricação, instalação e manutenção) e a disponibilidade e a confiabilidade tornam-se mais evidentes.

A manutenção deixou de ser vista como uma simples atividade de reparo de máquinas e equipamentos, e passou a ser uma oportunidade de se alcançar metas e objetivos dentro de uma empresa, tornando-se assim uma função estratégica dentro do processo produtivo. Segundo [Moubray \(1996\)](#), a manutenção tem procurado novos modos de pensar, técnicos e administrativos, já que as novas exigências de mercado tornaram visíveis as limitações dos atuais sistemas de gestão.

A manutenção dos equipamentos pode incluir também atividades relacionadas com o tratamento de falhas, detecção, reparo, investigação das causas fundamentais e estabelecimento de contramedidas. Em um sentido restrito, as atividades estarão limitadas ao retorno de um equipamento às suas condições originais. Mas, num sentido mais amplo, as atividades de manutenção também devem envolver a modificação das condições originais do equipamento por meio da introdução de melhorias para evitar a ocorrência ou reincidência de falhas, reduzir o custo e aumentar a produtividade. Assim, ainda de acordo com Xenos (1998), as atividades de manutenção de equipamentos podem ser divididas em dois tipos: Atividades de Manutenção e atividades de Melhoria. O autor explica que as atividades de manutenção dos equipamentos visam manter as condições originais de operação e seu desempenho por meio do restabelecimento de eventuais deteriorações destas condições.

As atividades de manutenção resultam de ações tomadas no dia-a-dia para prevenir ou corrigir eventuais anomalias ou falhas detectadas nos equipamentos pelos operadores da produção ou pelas equipes de manutenção. Por sua vez, as atividades de melhoria têm como objetivo a melhora das condições originais de operação, desempenho e confiabilidade intrínseca, por meio da incorporação de modificações ou alterações no seu projeto ou configuração original. As atividades de melhorias buscam: aumento da vida útil do equipamento, redução da ocorrência de falhas, redução do tempo de manutenção, redução da ocorrência de falhas, redução do custo das peças para reposição, dentre outros.

2.2.1 Tipos de Manutenção

A manutenção é classificadas de 3 maneiras distintas, estando principalmente relacionadas à sua finalidade. Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada planta. Neste sentido observa-se que existe um consenso, salvo algumas variações irrelevantes, quanto aos tipos de manutenção. São elas: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

Segue a explicação do conceito e funcionamento de cada uma delas.

2.2.1.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva ocorre em duas situações específicas: quando o equipamento apresenta um desempenho abaixo do esperado, apontado pelo monitoramento, ou quando ocorre a falha do equipamento. Falando-se em custos de manutenção, como salienta Xenos (1998), a manutenção corretiva é sempre mais barata do que prevenir as falhas dos equipamentos. Em compensação, também pode causar grandes perdas por interrupção da manutenção. A manutenção corretiva pode ser dividida em dois tipos: manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada. A primeira é a correção de uma falha de maneira aleatória, não há tempo de preparo do serviço, pois é um serviço inesperado. Normalmente não é bom a

ocorrência desse tipo de manutenção, pois implica em paradas inesperadas o que causa parada na produção Xenos (1998). Um dos grandes desafios dos setores responsáveis é conseguir evitar esse tipo de manutenção, que apesar de todos os transtornos, ainda é muito praticada nos dias de hoje. Segundo Pinto e Xavier (2009), a manutenção corretiva planejada, é a correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por decisão gerencial. Ou seja, a gerência opta por operar até a quebra do equipamento ou realiza uma atuação de acompanhamento preditivo. Este tipo de manutenção depende da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento preditivo que possibilita um planejamento antecipado para a execução das tarefas, de forma que os custos podem ser minimizados, uma vez que é previsível a falha ou a perda de rendimento do equipamento.

2.2.1.2 Manutenção Preventiva

De acordo com Pinto e Xavier (2009), a Manutenção Preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. Este tipo de manutenção é realizado em equipamentos que não estejam em falha, ou seja, estejam operando em perfeitas condições. A manutenção preventiva engloba uma série de atividades relacionadas para garantir uma maior vida útil do equipamento. Atividades simples como lubrificação adequada e programada, garantia de maior limpeza dos equipamentos, maior preocupação com componentes frouxos e desgastados, somados também com até uma maior capacitação dos operadores são tidas como principais características desse tipo de manutenção. Inspeções periódicas nos equipamentos sejam elas determinadas por tempo ou por horas rodadas dos equipamentos se tornam a primeira e talvez a mais importante atividade dessa classe. A inspeção consiste na observação de certas características a fim de notar alguma mudança drástica em certas propriedades, como ruído, temperatura, vibração e desgaste. É a partir da inspeção que se obtém informações concretas e assertivas sobre o estado de utilização do equipamento.

2.2.1.3 Manutenção Preditiva

Este tipo de manutenção, nada mais é do que uma manutenção preventiva baseada na condição do equipamento. Permite o acompanhamento do equipamento através de medições realizadas quando ele estiver em pleno funcionamento, o que possibilita uma maior disponibilidade, já que este vai sofrer intervenção, somente quando estiver próximo de um limite estabelecido previamente pela equipe de manutenção. Para Viana (2002), manutenção preditiva são tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medidas ou controle estatístico e tendem a predizer a proximidade da ocorrência da falha. A manutenção preditiva, como salienta Xenos (1998), permite otimizar o tempo de troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida.

A manutenção preditiva prediz a falha do equipamento e quando se tem a real necessidade de intervenção para efetuar o reparo do mesmo, é realizada uma manutenção corretiva programada. As condições básicas para realizar este tipo de manutenção, são as seguintes:

- O sistema, instalação ou equipamento deve permitir algum tipo de monitoramento.
- A escolha por este tipo de manutenção deve ser justificada devido aos custos envolvidos.
- A origem das falhas devem ser conhecidas e permitam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.

Existem inúmeras técnicas de manutenção preditivas, que são utilizadas nos mais diversos ambientes e ocasiões. A Tabela 1 exibe algumas das técnicas mais utilizadas separadas por famílias de especialização

Tabela 1 – Técnicas de Manutenção Preditiva.

| Técnica | Características |
|--------------------------------|--|
| Análise de óleos Lubrificantes | Obtém-se a Viscosidade, Número de neutralização (acidez ou basicidade), Teor de água, Insolúveis, Contagem de partículas Metais por espectrometria por infravermelho, Cromatografia gasosa, Tensão interfacial, Rigidez dielétrica, Ponto de fulgor. |
| Análise de Vibrações | Obtém-se possíveis desbalanceamentos, choques, folgas e rigidez. |
| Ensaio Dielétricos | Obtém-se os parâmetros de Corrente, Tensão, Isolamento, Perdas dielétricas, Rigidez dielétrica, Espectro de corrente ou tensão. |
| Líquidos penetrantes | Utilizado para detectar pontos de trincas. |
| Inspeção termográfica | Obtém-se as características das conexões elétricas em relação sua ampacidade. |
| Ferrografia | Permite a avaliação das condições de desgaste dos componentes. |
| Ultrassom | Usado para detectar descontinuidades em todo o volume de material a analisar. |
| Análise de Temperatura | Praticada comparando as temperaturas de execução indicadas pelo fornecedor. |

Fonte: Adaptado de Viana (2002).

2.3 Planejamento e Controle da Manutenção

Para redução dos custos com a manutenção, resultantes das avarias imprevistas, situações incontroláveis e longos tempos de improdutividade, pode-se implementar um sistema de

planejamento e controlo da manutenção. Neste contexto é essencial distinguir dois conceitos: planejamento e programação:

- Planejamento: organização das atividades de manutenção, realizada com antecedência, através de planos que definem a sequência das ações para um determinado período. Fazem parte as rotinas, os trabalhos sistemáticos, pedidos de alteração, previsão dos recursos necessários, etc.;
- Programação: onde se define o programa efetivo de execução de várias intervenções de manutenção em função das indicações do planejamento.

O planejamento e controle da manutenção é todo o conjunto de ações tomadas para preparar, programar e verificar a execução das funções de manutenção, com o intuito de o progredir e melhorar para atingir ou até mesmo ultrapassar os objetivos da empresa (PINTO, 2002). Podem ser distinguidas três funções principais na gestão de trabalhos:

- Planeamento das diferentes tarefas a realizar durante um determinado período e dos meios materiais e humanos a reunir para a execução do trabalho;
- Execução das diferentes operações pré-definidas e seu respetivo acompanhamento;
- Controlo por comparação entre o planeado e o realizado com identificação e análise dos desvios, podendo levar a modificações na forma de realização do trabalho.

2.4 Metodologia *Lean* Aplicada na Manutenção

A Metodologia *Lean*, surgiu com a Toyota e ficou conhecido como o Toyota Production System (TPS), e teve a sua origem no Japão, no final dos anos quarenta do século XX, onde a Toyota almejava alcançar os Estados Unidos a nível de produtividade. O Japão encontrava-se em um período de recessão econômica, devido ao fim da segunda guerra mundial, e Taiichi Ohno um dos criadores da metodologia, concluiu que para aumentar a produtividade, era necessário diminuir os desperdícios (OHNO, 1997). Os desperdícios definem-se como toda a atividade que absorve recursos sem a criação de valor ao produto ou serviço (WOMACK; JONES, 1997). Atualmente estão identificados oito desperdícios do *Lean*, sendo que foram sete descritos pela primeira vez por Taiichi Ohno.

Segundo Womack e Jones (1997) esta Metodologia de gestão deve ser aplicada em todas as áreas de uma organização, desde a área das vendas à área das compras, das finanças, recursos humanos e manutenção. Deve-se dar sempre prioridade às áreas onde o desperdício é maior, oferecendo deste modo oportunidades de melhoria com impactos substanciais sobre o negócio.

A manutenção representa custos operacionais significativos numa organização, considerando-se como um pilar principal do desempenho organizacional. O pensamento lean pode ser in-

corporado nas atividades de manutenção através da aplicação dos seus princípios e práticas (MOSTAFA; DUMRAK; SOLTAN, 2015).

2.4.1 Manutenção *Lean*

A manutenção está constantemente exposta a adversidades externas e internas, que impossibilitam o cumprimento dos planos definidos. Neste contexto surge a manutenção *Lean*, que permite a eliminação de desperdícios, a criação de um fluxo contínuo (materiais, informação, financeiro e humano) de forma a ir ao encontro das necessidades e pedidos do cliente, ou seja, visando a criação de valor (PINTO, 2013).

Smith e Hawkins (2004), afirma que a manutenção *Lean* corresponde à otimização das operações de manutenção preventiva que conjugam as atividades de manutenção planejadas e calendarizadas, através de práticas de Manutenção Produtiva Total (TPM), com o recurso a estratégias de manutenção desenvolvidas segundo uma lógica de decisão da manutenção centrada na fiabilidade, com a aplicação dos processos 5S, atividades semanais de melhoria contínua (kaizen) e manutenção efetuada por técnicos de manutenção multidisciplinares, tendo por base um sistema de ordens de trabalho e um sistema de gestão da manutenção computadorizado.

A melhoria contínua do programa de gestão da manutenção exige uma atitude proativa e um envolvimento, desde o início, por parte de todos os colaboradores da organização. A aplicação do lean é realizada com recurso de diversas ferramentas que auxiliam a identificação e eliminação dos desperdícios. De acordo com Heisler (2003) as mais utilizadas são: 5S, kaizen, kanban, ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) e TPM. A aplicação da metodologia lean na manutenção tem como objetivo o aumento da eficiência e eficácia da organização, potenciando benefícios em vários níveis, como (HEISLER, 2003);

- Melhor coordenação de projetos transversais na empresa;
- Melhoria contínua na redução de custos e criação de valor para as partes interessadas;
- Aumento da qualidade e conformidade através de sistemas mais simples, baseados nas pessoas e nos processos mais críticos;
- Melhoria do nível de serviço;
- Aumento do envolvimento e motivação das pessoas;
- Redução de tempos, custos e nível de stock;
- Otimização do espaço, do tempo e dos recursos da organização.

2.5 Indicadores de Manutenção

Só é possível valorizar e mensurar a importância da manutenção por meio do monitoramento dos indicadores de desempenho dos equipamentos e do processo de manutenção. Por meio de indicadores adequados, é possível quantificar os resultados obtidos e analisar as áreas para uma possível implementação de melhorias. A combinação de várias métricas resulta em indicadores chave de desempenho, muitas vezes referidos como KPI's (*Key Performance Indicators*). Estes permitem efetuar uma avaliação da evolução das metodologias aplicadas (COUTO, 2011).

A maioria destes indicadores aplicam-se a todas as instalações industriais e serviços (edifícios, infraestruturas, transporte, distribuição, redes, entre outros). Estes indicadores deverão ser utilizados para:

- Medir o estado;
- Estabelecer comparações (*benchmarking* interno e externo);
- Diagnosticar (análise de pontos fortes e fracos);
- Identificar objetivos e definir metas a alcançar;
- Planejar ações de melhoria;
- Medir continuamente os resultados das modificações ao longo do tempo;

Para a utilização destes indicadores é importante salientar os seguintes pontos (PINTO, 2013):

- Utilidade – os indicadores devem ser necessários e adequados aos processos de gestão e controle;
- Clareza – os indicadores devem ser fáceis de entender;
- Fidelidade – os indicadores devem reproduzir com fidelidade e rigor a situação que se pretende controlar;
- Sensibilidade – os indicadores devem reagir com a necessária rapidez às variações do contexto que estão a aferir;
- Unicidade – para cada situação a avaliar deve haver um único indicador de modo a evitar conflitos ou incertezas;
- Hierarquização – cada responsável, em cada nível da organização, deve ter apenas os indicadores que digam respeito à área que dirige;

- Complementaridade – os indicadores devem complementar-se uns aos outros e, no seu conjunto, devem cobrir o mais possível a totalidade da atividade de manutenção na empresa.

2.6 Classificação dos Sistemas de Informação

Podemos classificar os sistemas de informação de três maneiras distintas de acordo com suas características, são eles: Sistema de apoio a operação, sistema de apoio gerencial, e outros tipos de sistema (Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas). Para O'BRIEN (2004) os sistemas de apoio às operações são os sistemas que produzem vários tipos de dados para uso interno e externo à organização, no entanto esses relatórios gerados, não são específicos, para ajudar os gerentes da organização na tomada de decisões, fazendo com que outros sistemas sejam necessários para o processamento dessas informações. Os sistemas de apoio às operações são compostos por três tipos distintos:

- Sistema de processamento de transações: tem por função processar os dados resultantes das transações empresariais, atualizando o banco de dados e gerando documentos empresariais, exemplos destes tipos de sistema são os sistema de processamento de vendas e reabastecimento.
- Sistema de controle de processos: são aqueles que monitoram os processos, fazendo também o controle dos mesmos, alguns exemplos são: sistema de refinamento de petróleo, sistema de geração de energia e sistema de produção de aço.
- Sistemas colaborativos: são os sistemas que apoiam equipes, grupos de trabalho, de comunicação e ajudam na colaboração entre eles, e também dentro das empresas, exemplos desses sistemas são: e-mail, chat, sistemas de videoconferência.

Os sistemas que efetivamente fornecem informações para os gerentes em sua tomada de decisão é o sistema de apoio gerencial, que torna a tomada de decisões eficiente e eficaz. Os sistemas de apoio gerencial também são divididos em três tipos distintos:

- Sistema de informação gerencial: fornecem relatórios e demonstrativos pré definidos para os gerentes, ou seja, fornece os relatórios necessários para as tomadas de decisão, são exemplos deste sistema: análise de vendas, realização de processos e relatórios das tendências de custos.
- Sistemas de apoio à decisão: segundo Palmisano (2003) “O sistema de apoio a decisão auxilia a direção a tomar decisões semi-estruturadas ou com rápidas mudança (...)”. São exemplos deste sistema: atribuição de preços aos produtos, previsão de lucros e sistemas de análise de riscos.

- Sistemas de informações executiva: são os sistemas que fornecem relatórios mais elaborados, escolhidos especificamente para um determinado gerente, de acordo com suas necessidades, alguns exemplos desses sistemas são: sistemas de fácil acesso para análise de desempenho da empresa, ações dos concorrentes e desenvolvimento econômico para apoiar o planejamento estratégico.

Existem ainda alguns outros sistemas de informação, muito importantes, sendo os principais: sistemas especialistas e inteligência artificial. Os sistemas especialistas são os que oferecem conselho especializado em uma determinada tarefa operacional, sendo que sua principal utilização são nas áreas de saúde, como por exemplo em sistemas de ressonância magnética, para obtenção de laudos e diagnósticos. Já os sistemas de inteligência artificial, de acordo com [Laudon e Laudon \(2007\)](#) “(...) é o estudo e a criação de máquinas que exibam qualidades semelhantes as humanas, incluindo a capacidade de raciocinar”. Devido a natureza do sistema de informação que está em processo de implementação na empresa estagiada, será dada ênfase maior no sistema de informação gerencial – SIG.

2.7 Sistema de Informação Gerencial - SIG

O SIG é um sistema de informação que fornece relatórios das informações contidas no sistema, atendendo às necessidades dos diversos níveis gerenciais. Segundo [Palmisano \(2003\)](#), sistema de informações gerenciais por definição servem como base para as funções de planejamento, controle e tomada de decisão gerencial. Geralmente, são dependentes diretos dos sistemas de informações especialistas que servem como base de dados para seus relatórios. Além de ajudar no gerenciamento de informações gerenciais, o SIG é uma das ferramentas mais importantes quando se almeja modernizar a gestão na empresa, ou seja, ele atinge a empresa em seu nível estratégico, tático e operacional, gerando assim uma otimização de resultados.

Para [Oliveira \(1992\)](#), os sistemas de informação gerenciais (SIG) podem ser conceituados como, “um processo de transformação de dados em informações que são utilizadas na estrutura decisória da empresa, proporcionando, ainda, a sustentação administrativa para otimizar os resultados esperados” As funções do SIG, vão desde a coleta e validação das operações até sua armazenagem e apresentação conforme a necessidade gerencial. As informações são extraídas de um banco de dados, alimentado com as informações inseridas no sistema. Segundo [O’BRIEN \(2004\)](#), os sistemas de informação gerencial foram o tipo original de sistemas de apoio gerencial e ainda constituem uma categoria importante de sistema de informação.

Um SIG gera produtos de informações que apoiam muitas das necessidades de tomadas de decisão de administração. Os relatórios, telas e respostas produzidos por esses sistemas fornecem informações que os gerentes especificaram de antemão para o adequado atendimento de suas necessidades de informações. Segundo [O’BRIEN \(2004\)](#), existem quatro tipos de relatórios gerenciais que podem ser extraídos de um sistema de informação gerencial:

- Relatórios periódicos programados: utiliza um formato especificado, oferecendo informações em caráter regular.
- Relatórios de exceção: produzidos quando algo irregular ou excepcional ocorre, ou podem ser periódicos, porém, contém informações sobre estas informações irregulares.
- Informes e respostas por solicitação: as informações estão sempre a disposição do gerente, podendo ser solicitado a qualquer momento em que o gerente necessite.
- Relatórios em pilha: as informações são transmitidas via rede de informações para os gerentes.

É importante lembrar que, segundo [Palmisano \(2003\)](#), cabe aos sistemas de informações gerenciais sumariar os dados, emitir relatórios consolidados sobre as operações da empresa. Assim, os longos relatórios gerados pelos sistemas de informações especialistas, se transformam, via sistemas de informações gerenciais, em relatórios objetivos, condensados e sintéticos.

2.8 Tecnologia da informação e comunicação como suporte a gestão do conhecimento

Na Gestão do Conhecimento, são utilizados ambientes computacionais para a construção e automatização da mão de obra, tornando-se ambientes capazes de substituir atividades rotineiras, além de tornarem-se ambientes computacionais que servem como recursos estratégicos e administrativos. Com o objetivo de possibilitar a dependência e disseminação do conhecimento fazendo uso das diversas técnicas de comunicação, permite manipular e gerar suporte na tomada de decisões. A utilização destas ou quaisquer outras ferramentas devem estar relacionadas a um planejamento que procure adequar a cultura da organização para este novo mundo onde a importância de compartilhar informação é fundamental. Esse é na verdade o desafio do processo de implantação da gestão da informação.

A nova geração de organização neste século é levada a investir na implantação de novos Sistemas de Informação, como o ERP (*Enterprise Resource Planning*), o que proporciona uma base para construção de um DW (*Data Warehouse*) através de ferramentas de BI *Business Intelligence*. A utilização de *Business Intelligence* através de ferramentas apropriadas, proporcionam para as organizações a implantação de novos conceitos no gestão das informações estratégicas, como por exemplo o (Balanced Scorecard) -Indicadores Balanceados de Desempenho. Juntos são ferramentas direcionadas para extrair informações táticas e estratégicas das organizações, assim como monitorar o desempenho delas através da medição de indicadores.

Na atualidade, existe o consenso de que na sociedade pós-industrial, cuja economia assume tendências globais, a informação passou a ser considerada um capital precioso equiparando-se aos recursos de produção, materiais e financeiros. O que tem sido relevante é a mudança fundamental no significado, que a informação assume na nova realidade mundial de uma sociedade globalizada: agora a informação não é apenas um recurso, mas o recurso. A aceitação dessa

ideia a coloca como o recurso-chave de competitividade efetiva, de diferencial de mercado e de lucratividade nesta nova sociedade.

A importância da informação para as organizações é universalmente aceita, constituindo, senão a mais importante, pelo menos um dos recursos cuja gestão e aproveitamento estão diretamente relacionados com o sucesso desejado. A informação também é considerada e utilizada em muitas organizações como um fator estruturado e um instrumento de gestão. Portanto, a gestão efetiva de uma organização requer a percepção objetiva e precisa dos valores da informação e dos sistemas de informação. Neste sentido, existe um potencial a ser descoberto por muitas empresas: a necessidade de obter informações do ambiente de negócios externo, assim como, incorporá-las ao processo na tomada de decisão (DAVENPORT, 1998).

2.8.1 *Sistemas Enterprise Resource Planning*

Com a implantação dos sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) as organizações perceberam um maior ganho na produtividade e na qualidade da informação. No entanto, com a chegada da globalização as empresas se defrontaram com novos desafios, pois a competição passou de uma esfera local para uma esfera global. O ERP é um software de manufatura que incorpora toda a cadeia de suprimentos, inclusive vendas, ordens, reabastecimento, programação, manufatura e distribuição. Segundo Edwards (1999), o sistema de ERP quebra as barreiras departamentais e atravessa as áreas funcionais da empresa. Este sistema cria uma equipe eficaz e promove a todos os membros uma visão global da empresa e do negócio, assim como relaciona o cliente em termos de pedido, cumprimento dos prazos, tempo fabricação, ordens em processo e controle de estoques. Nos anos 60, os sistemas de manufatura focalizaram-se no controle do inventário. Os pacotes efetuados com esse fim possuíam as mesmas características e vinham todos do mesmo molde, tornando estes sistemas homogêneos e utilizáveis para qualquer empresa, fosse qual fosse o setor em que se inseria.

2.8.2 *SAP Business Objects*

O *SAP Business Objects* é um pacote centralizado de geração de relatórios, visualização e compartilhamento de dados. Oferece uma gama completa de funcionalidades de BI, variando desde relatórios, consultas, análises, painéis e visualização, até recursos de descoberta e análise preditiva avançada, bem como, funcionalidades para extrair, transformar e carregar dados.

Possui infraestrutura de informações que permite o departamento de TI estender o BI a qualquer aplicativo ou processo em qualquer ambiente. Ele fornece o seguinte funções: Auditoria, pesquisa de conteúdo de BI, Console de gerenciamento central, Enciclopédia, kit de integração de portal Java, gerenciamento de ciclo de vida, kit de integração do portal Microsoft Office SharePoint, kits de desenvolvimento de software e designer do universo.

Fornecer aos usuários uma interface para se conectar a praticamente qualquer fonte de dados, possui design e formato interativo de relatórios para compartilhá-los interna e externamente.

Os relatórios finais podem ser entregues via *SAP Business Objects Enterprise* e Documentos do Microsoft Office, permitindo que os usuários realizem consultas e análises de relatórios sem ter que entender linguagens de banco de dados complexas.

2.8.3 Data Warehouse

Os sistemas de informação baseado em DW (*Data Warehouse*) complementam os sistemas de ERP de uma empresa, fornecendo uma capacidade de gestão da informação. O conceito de DW, para desenvolvimento de sistemas de informações baseados em *Data Warehouse*, embora surgido recentemente, baseia-se em ideias que vinham sendo aplicadas em vários sistemas de informações há anos (INMON, 1997). A técnica ganhou mais força com o surgimento na evolução de várias tecnologias e metodologias, que facilitam a implementação de sistemas de informações. DW é uma técnica de desenvolvimento do componente tecnológico de sistemas de informações onde a preparação dos dados e do ambiente é baseada em um *Data Warehouse*. De acordo com Inmon (1997), *Data Warehouse* é “um conjunto de dados baseado em assuntos, integrado, não volátil e variável em relação ao tempo, de apoio às decisões gerenciais”.

Analisando esta definição podem-se abstrair as características relacionadas a seguir: Ao contrário dos sistemas operacionais, o *Data Warehouse* é projetado para que estas respostas sejam fornecidas, em tempo hábil, para a tomada de decisões. Para responder os questionamentos dos usuários em um *Data Warehouse*, parte-se do pressuposto de que o acesso aos dados seja efetuado sobre uma ou várias bases de dados consolidadas. Para tanto, o esquema de funcionamento de um *Data Warehouse* é dividido em processos básicos, sendo estes a extração de dados dos sistemas operacionais, o armazenamento dos dados e a apresentação de informações. Por extração de dados, entende-se a concepção ou aquisição e parametrização das ferramentas que realizarão as tarefas de coleta, limpeza, transformação e migração dos dados operacionais ao *Data Warehouse*. Segundo Inmon (1997) e Kimball e Ross (1998), por armazenamento dos dados, entende-se a concepção do repositório das informações, que é o núcleo do ambiente do *Data Warehouse*.

2.8.4 Business Intelligence

Um dos principais conceitos disponíveis no que diz respeito a gestão empresarial é o BI *Business Intelligence*, sendo inteligência o resultado de um processo que começa com a coleta de dados. Esses dados são organizados e transformados em informação, que depois de analisada e contextualizada se transforma em inteligência. Essa, por sua vez, quando aplicada a processos de decisão geram vantagem competitiva para a organização.

BARBIERI (2001), define que o termo BI reúne todos os assuntos ligados à tomada de decisões, armazenamento de dados, publicação de informações na internet ou em outro ambiente amigável para os usuários, até a produção de “cubos” multidimensionais de dados. O BI foi registrado pela primeira vez na década de 1980 pelo Gartner Group como mais um dos Jargões administrativos que povoam os dicionários dos executivos. Essa expressão tem grande apoio na

área de tecnologia, uma vez que a tal “inteligência de negócios” pode ser melhor explorada com a utilização de recursos de software e hardware adequados.

Há produtos de BI da década de 1970, que tinham como característica o uso intenso de programação, com altos custos de implantação. Com o surgimento dos bancos de dados relacionais, dos PCs e das interfaces gráficas como Windows, aliados ao aumento da velocidade e complexidade dos negócios, começaram a surgir os primeiros produtos realmente direcionados aos analistas de negócios (FILHO, 2004).

No início a informática fez os dados, depois transformou-os em informação. Agora o objetivo é apresentar conhecimentos, a partir daquelas matérias-primas. Mas as diferenças são claras. A primeira, BI, representa a habilidade de se estruturar, acessar e explorar informações, normalmente guardadas num DW, *Data Marts (DM)*, com o objetivo de desenvolver percepções, entendimentos, conhecimentos, os quais podem produzir um melhor processo de tomada de decisão.

O objetivo maior das técnicas de BI neste contexto está exatamente na definição de regras e técnicas para a formatação adequada de grandes volumes de dados, visando transformá-las em depósitos estruturados de informações, independentemente de sua origem. Os dados poderão vir das técnicas emergentes de garimpo de informações via inteligência competitiva, ou de amplas fontes conceituais como gerência de conhecimentos. Em qualquer situação, a definição de estruturas modeladas dimensionalmente, armazenadas em DW ou DM e interpretadas pela ótica analítica das ferramentas de OLAP (*On Line Analytical Processing*) ou pelo prisma inferencial das ferramentas de Data Mining, atinge o objetivo proposto pelas premissas de BI. (??).

Embora os sistemas de BI sejam comumente associados ao nível estratégico, apoiando as definições de metas e objetivos, também surgem como um suporte aos níveis tático, otimizando ações futuras e aspectos organizacionais, e operacional, suprindo os gestores operacionais com análises personalizadas para responder questões relacionadas com as atividades de rotina dentro da organização (COSTA; SANTOS, 2014).

Nesse âmbito, os sistemas de BI vêm para suprir essa necessidade de informações, através de análises que integram dados históricos e correntes, simulando cenários, auxiliando a encontrar oportunidades de desenvolvimento e estratégias exequíveis, para então, motivar e nortear as organizações a buscarem inovação na maneira como gerenciam seus processos (SAITO; HORITA, 2015).

É válido ressaltar que não existe uma solução completa de BI comum que possa ser aplicada a diferentes organizações, visto que cada organização é única e possui objetivos estratégicos diferentes. É necessário desenvolver soluções de BI personalizadas para atender as demandas de informação, e que estejam completamente alinhadas a cultura e necessidades da organização. (REZENDE, 2002) diz que os sistemas de BI quando alinhados as estratégias da organização são capazes de criar ligações em toda a cadeia produtiva, permeado a cadeia de valor, alterando a

forma pela qual as informações e atividades integram-se.

2.8.4.1 Vantagens do BI

A exigência do dinamismo, eficiência e estabilidade nos processos empresariais vem sendo aceleradas simultaneamente com os objetivos e necessidades estratégicas da organização. Antes de investir em sistemas BI, é necessário um planejamento cuidadoso e alinhado com a TI em todos os níveis organizacionais (estratégico, tático e operacional), a fim de encontrar as soluções de BI coerentes para que a organização seja mais produtiva e capaz de agir proativamente com rapidez e qualidade. Segundo a pesquisa realizada entre 510 empresas os principais ganhos apontados por meio do uso de sistemas de BI, com suas respectivas porcentagens, são: economia de tempo 60%; versão única da verdade (59%); melhores estratégias e planos (57%); melhores decisões táticas (56%); processos mais eficientes (55%) e economia de custos (37%) (ECKERSON, 2003). Entretanto Rezende (2002) e Sharda et al. (2014) entendem que uma análise financeira sobre ganhos das aplicações de BI pode ser uma tarefa complexa, visto que muitos benefícios proporcionados por essas aplicações são intangíveis. Corroborando com a afirmativa, Eckerson (2003) demonstra através de outra pesquisa realizada em 2001 durante a conferência Transforming Data with Intelligence, apenas 13% dos executivos entrevistados haviam calculado o retorno sobre o investimento de suas soluções de BI. Desse modo, os benefícios proporcionados por uma solução de BI permeiam por toda a organização, que tem acesso às informações mais detalhadas e aprofundadas sobre o negócio do que no passado.

2.8.4.2 *Self Service BI*

As organizações que buscam a excelência precisam fazer uso da tecnologia na flexibilização de soluções que suportem os seus objetivos estratégicos organizacionais, e, além disso, desburocratização de rotinas trabalhosas e de pouco valor agregado para o negócio. Uma nova tendência em ferramentas de BI tem se destacado: as soluções baseadas no conceito *self-service*. As ferramentas de SSBI *Self-Service Business Intelligence* têm objetivo de fornecer aos tomadores de decisão mais liberdade para criar suas próprias métricas para o desenvolvimento de análises personalizadas. Ainda segundo (Johansson et al. 2015) as ferramentas SSBI precisam ser fluidas, dinâmicas, fáceis de usar e garantir a integração de dados de diferentes fontes. Corroborando, (Gartner, 2019) define o SSBI como “usuários finais projetando e implantando seus próprios relatórios e análises em um portfólio de arquitetura e ferramentas aprovado e suportado.”

2.9 Microsoft Power BI

O Power BI é um software da categoria BI, desenvolvido pela Microsoft, uma das maiores empresas do setor de tecnologia. Esse software é capaz analisar bilhões de dados, seja qual for a fonte, tratá-los e deixá-los prontos para apresentação em *dashboards* ou relatórios online. Construído segundo o conceito de SSBI, permite mais independência da atuação da TI e

rápida implantação se comparado a outros softwares da categoria. Essas e outras características fazem do Power BI, atualmente, uma das melhores ferramentas de BI disponíveis no mercado. A seguir serão expostos os principais conceitos e recursos do software. Segundo o site oficial da [Microsoft \(2022\)](#), o Power BI é “uma coleção de serviços de software, aplicativos e conectores que trabalham juntos para transformar dados em informações coerentes, visualmente envolventes e interativas”. Lançado em junho de 2015, concebido segundo o conceito de SSBI, o Power BI oferece várias alternativas de conectividade com dados como planilhas do Excel, banco de dados do SQL Server Analysis Services, Google Analytics, Banco de dados do SAP, banco de dados do Oracle, redes sociais, PDF, Texto/CSV, JSON, GitHub, entre outras variadas fontes. De acordo com [Sharda et al. \(2014\)](#), o principal benefício do BI para uma organização é a capacidade de fornecimento de informações precisas quando necessário, permitindo ainda uma visão instantânea do desempenho da corporação e de suas divisões. Estas informações suportam a tomada de decisões e o planejamento estratégico das companhias, aumentando sua chance de sucesso em seu mercado de atuação. [Eckerson \(2003\)](#) constatou, através de pesquisas com mais de 500 organizações, que, na visão dos membros das empresas, as principais vantagens do BI são a economia de tempo, a obtenção de uma versão única da verdade, a obtenção de melhores estratégias e planos, a melhoria nas decisões táticas, melhoria na eficiência dos processos e redução de custos. Logo, os principais benefícios do BI são a geração de relatórios mais rápida e precisa, a melhoria na tomada de decisões, a melhoria no serviço prestado ao cliente e uma maior receita. O Power BI permite, além da geração de relatórios, tratar os dados e transformá-los em informações objetivas, personalizadas conforme a demanda do usuário final. Na Figura 2, pode-se visualizar a tela de inicialização do Power BI.

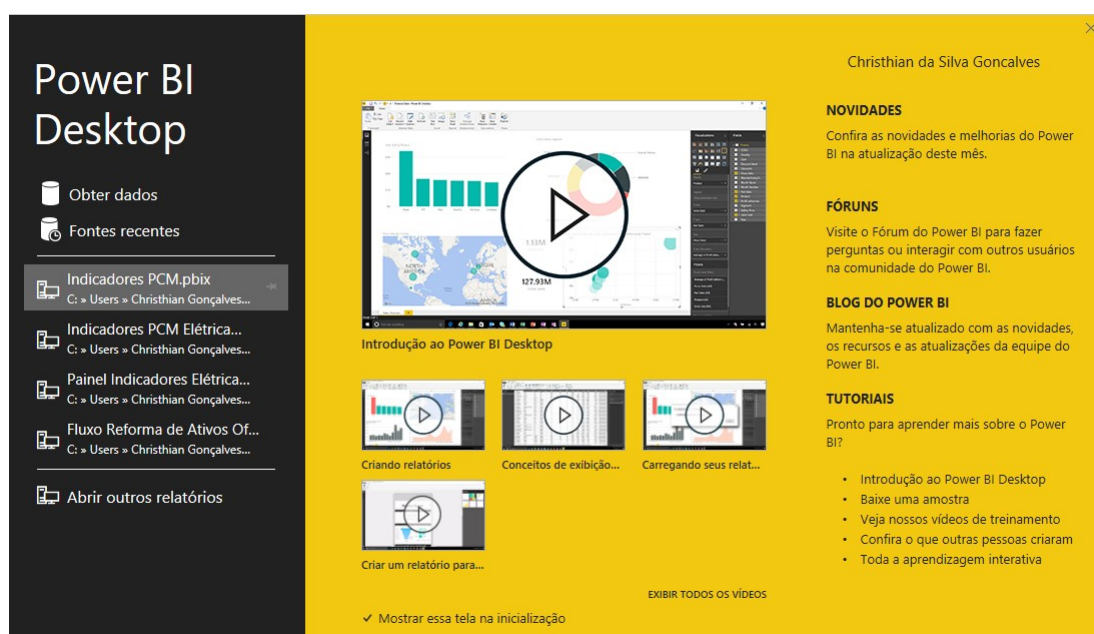


Figura 2 – Power BI - Tela principal Power BI Desktop

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

3 DESENVOLVIMENTO

A elaboração e desenvolvimento deste trabalho se deu a partir do emprego de dados reais coletados do setor de Planejamento e Controle da Manutenção em uma empresa mineradora de grande porte e, portanto, algumas informações serão omitidas para resguardar a empresa. Serão tratados os métodos e ferramentas aplicados para alcançar o objetivo esperado, o qual é a automação da análise de dados no planejamento e controle da manutenção para gerar relatórios de indicadores de processo de forma automática com auxílio do software Power BI.

3.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo pode ser caracterizado como um estudo de caso. A sua abordagem é qualitativa, pois busca entender a complexidade do problema em questão não só através da coleta e análise de dados, mas também do entendimento do ambiente observado, da equipe de trabalho e conhecimento empírico das atividades do setor, onde em uma visão holística dos fenômenos, leva em consideração todos os componentes, interações e influências recíprocas. Segundo Yin (2015), o método do estudo de caso enquadra-se como uma abordagem exploratória e qualitativa, frequentemente utilizada para coleta de dados na área de implantação de tecnologias da informação e da gestão de negócios.

É uma pesquisa exploratória, pois para Marconi e Lakatos (2003), esse tipo de trabalho tem a tripla finalidade de desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com o ambiente, para proporcionar pesquisas futuras mais precisas e classificar conceitos. Aplica geralmente procedimentos sistemáticos ou análises de dados, obtendo assim, descrições tanto quantitativas quanto qualitativas, onde o investigador conceitua as relações entre as propriedades do ambiente observado.

3.2 Metodologia

Com a utilização do estudo de caso, pretende-se reunir informações a respeito dos processos de PCM para que seja possível a implantação da ferramenta de *Business Intelligence* para a automação da análise de dados, trazendo esclarecimentos e contribuindo com um entendimento mais profundo e crítico sobre o tema e sua interação com a realidade em que se apresenta, dirimindo algumas dúvidas e contribuindo para o surgimento de outras indagações.

O universo da pesquisa é composto por todos os processos de gestão da manutenção identificados no setor de PCM da mineradora estudada. Sendo que cada processo de trabalho tem como referência um ou mais sistemas de informação que são utilizados na rotina de trabalho.

A coleta de dados foi realizada a partir de dados secundários relacionados aos processos

de planejamento e controle da manutenção. Foram utilizadas normas, legislações, instruções normativas e procedimentos operacionais padrão. Além desses usou-se, também, protocolos, bancos de dados, painéis e fluxogramas, bem como mapas, pareceres técnicos, relatórios de análises das gerências e demais documentos pertinentes aos processos.

O uso de várias fontes de dados amplia as perspectivas de qualidade e riqueza de detalhes na descrição do caso (YIN, 2015). Todo material obtido durante a pesquisa foi armazenado de forma eletrônica em um banco de dados on-line com acesso restrito ao pesquisador. Segundo Yin (2015), "a falta de um banco de dados formal para a maioria dos estudos de caso é um defeito importante da pesquisa que precisa ser corrigido". Essa pesquisa envolveu coleta de dados secundários não sigilosos, sem nenhuma informação pessoal, ou seja, dados não sujeitos à Lei Geral de Proteção de Dados Pinheiro (2020), relacionados ao uso de ferramentas gerenciais de análise de dados.

Na pré-análise foi realizada a leitura de todo o material coletado. Posteriormente, a partir da exploração do material, foram identificadas os pós e contras do sistema utilizado e as etapas utilizadas para alcançar as análises necessárias para os tomadores de decisão. A partir dessa análise foram identificadas as oportunidades de melhoria com a utilização de ferramentas de BI. No terceiro passo, foi realizada a implementação e desenvolvimento de relatórios dos indicadores de processo e sua aplicação na rotina do setor de planejamento e controle da manutenção. No quarto passo, tratamento dos resultados obtidos e sua interpretação, bem como, foram estabelecidas as associações entre os resultados e o referencial teórico. Por meio da metodologia proposta, foi alcançado o objetivo, em implantar a automação de dados no planejamento e controle da manutenção com aplicação de *Business Intelligence*.

3.3 Indicadores

O PCM é responsável por monitorar e gerenciar os seus processos desde o planejamento até a execução das tarefas, por meio da consolidação e análise de indicadores, propondo soluções para os desvios e falhas de processo, bem como auxilia na identificação de oportunidades de melhoria. O SAP é um sistema informatizado utilizado para o processamento de transações e é plenamente utilizado no exercício das funções do PCM tanto para inserir informações como para extrair informações que auxiliam na criação dos indicadores de processos da manutenção. O PCM também é responsável por garantir a integridade e confiabilidade das informações registradas no sistema.

Os registros no sistema informatizado SAP utilizado pela empresa são realizados em objetos do sistema denominados de Notas e Ordens. A Nota de Manutenção é utilizada para reportar sintomas ou falhas e solicitar manutenção não sistemática. Ordem de Manutenção (OM) é um objeto do sistema utilizado para registrar o planejamento e a execução da manutenção. Contém informações de custos, materiais, serviços, mão de obra, passo a passo da atividade, *status* do serviço e Meio Auxiliar de Produção (MAP) ou Centro de Trabalho (CT) tipo Máquina.

Há dois tipos de indicadores: de resultado e de processos. Os indicadores de resultado, medem a eficácia e avaliam se a saída do processo possui o resultado esperado. Já os indicadores de processo, medem a eficiência e avaliam o desempenho dos componentes do processo que garantem a entrega esperada. Esses indicadores podem trazer uma visão reativa, focada no que já aconteceu, ou seja, no passado, ou preventiva, permitindo prever o comportamento futuro e atuar de forma proativa.

Os principais indicadores são padronizados conforme as instruções normativas e procedimentos operacionais do Manual de Indicadores da mineradora estudada, a fim de garantir compatibilidade, repetibilidade, segurança e qualidade nas informações, além de permitir a comparação entre o desempenho de diferentes unidades de negócio, buscar *benchmarks* internos e mapear oportunidades de melhoria. O PCM é responsável por todos os indicadores de processo e de desempenho, porque eles comprovam a eficiência dos processos de manutenção, principalmente de organização e eficiência do próprio setor. Os principais KPI's de processos de manutenção controlados pelo PCM são detalhados a seguir.

3.3.1 Aderência a Manutenção Sistemática (AMS)

Tem objetivo de medir a aderência ao cumprimento das ordens geradas pelo sistema oriundas dos planos de manutenções. É a relação entre as manutenções sistemáticas que foram executadas no prazo estabelecido em relação ao total de manutenções sistemáticas previstas para o mesmo período.

$$AMS = \frac{\sum \text{Ordens Executadas Oriundas de Planos Previstos}}{\sum \text{Ordens Oriundas de Planos Previstos}}$$

3.3.2 Aderência a Manutenção Condicional (AMC)

Tem objetivo de medir se as manutenções condicionais estão acontecendo de acordo com a data de necessidade. É a relação entre as manutenções condicionais que foram executadas no prazo estabelecido em relação ao total de manutenções condicionais previstas para o mesmo período. Especificamente para o caso desse trabalho, é a relação entre as manutenções condicionais que foram executadas no prazo de 30 dias até a data de conclusão desejada + 5 dias em relação ao total de manutenções condicionais previstas no período.

$$AMC = \frac{\sum \text{Notas Previstas e Executadas no Prazo}}{\sum \text{Notas Previstas Para o Período}}$$

3.3.3 Aderência ao Plano de Manutenção (APM)

Possui o objetivo de medir a aderência dos itens que compõem o plano de médio prazo da manutenção bem como as intervenções condicionais. É a relação entre as manutenções

sistemáticas e as manutenções condicionais que foram executadas no mês em relação ao total de manutenções sistemáticas e as manutenções condicionais previstas para o mesmo período.

$$APM = \frac{\sum \text{OrdensAderentesAMS} + \sum \text{NotasAderentesAMC}}{\sum \text{OrdensPrevistasAMS} + \sum \text{NotasPrevistasAMC}}$$

3.3.4 Relação Manutenção Sistemática e Total de Manutenção (RMS)

Tem objetivo de avaliar o esforço da manutenção aplicado às intervenções Sistemáticas. É a relação entre o total de horas Hh (homem-hora) executadas e apropriadas em eventos de natureza sistemática em relação ao total de horas Hh apropriadas na Manutenção. Mostra o esforço total (% de horas) utilizado na manutenção.

$$RMS = \frac{\sum \text{HorasApontadasParaManutencaoSistematica}}{\sum \text{HorasApontadasParaTodososTiposdeManutencao}}$$

3.3.5 Índice de Apropriação de mão-de-obra (IAMO)

Tem o objetivo de medir se a mão de obra utilizada na execução da manutenção está sendo apropriada. É a relação entre a quantidade de Hh apropriado nas OMs em relação ao total de Hh disponível no centro trabalho (equipe de manutenção).

$$IAMO = \frac{\sum \text{HhApropriado}}{\sum \text{HhDisponivelnoCentrodeTrabalho}}$$

3.3.6 Backlog

Tem o objetivo de medir o volume das atividades de manutenção pendentes de execução e o Hh necessário para realizar estas atividades. É o montante de serviços de manutenção planejada a ser realizado num determinado momento. Representa o tempo que uma equipe de manutenção deve trabalhar para concluir todos os serviços pendentes, supondo que não cheguem novos pedidos durante a execução destes serviços.

$$\text{Backlog} = \frac{\sum \text{HhdeTodasOrdensEmAberto}}{\sum \text{HhDisponivelnoCentrodeTrabalho}}$$

3.3.7 Percentual de Demanda sem Planejamento

Tem o objetivo de medir o volume de demandas da Manutenção ainda não computadas como “backlog”, ou seja, representa a quantidade de Notas de Manutenção pendentes e que ainda não possuem uma Ordem de Manutenção, bem como as Ordens de Manutenção já criadas, mas que ainda não possuem informação de horas planejadas. Estas demandas, por não possuírem ainda determinação de esforço (homem-hora), não são computadas no backlog da Manutenção.

$$\%DemandaSemPlanejamento = \frac{\sum NotasSemTratamento + \sum OrdensSemPlanejamento}{\sum NotasSemTratamento + \sum OrdensEmAberto}$$

3.3.8 Aderência a Programação (APR)

É o percentual de aderência do que foi programado para cada Ordem de Manutenção na programação semanal em relação ao que foi efetivamente realizado. Com o Objetivo de medir o cumprimento da programação de serviços de manutenção.

$$APR = \frac{\sum OperacoesProgramadaseEncerradonoPrazo}{\sum QuantidadedeOperacoesProgramadasnaSemana}$$

3.3.9 Idade Média das Notas (IMNC)

Verificar se a rotina de tratamento das Notas em carteira está adequada, garantindo que as demandas estão sendo atendidas. É a relação entre o tempo total que as notas de Manutenção estão aguardando tratamento e a quantidade de Notas de Manutenção sem tratamento.

$$IMNC = \frac{\sum TempodasNotasSemTratamento}{\sum QuantidadeNotassemtratamento}$$

3.3.10 Idade Média de Notas e OMs em Aberto (Aging)

Tem o objetivo de medir o volume de demandas da manutenção não tratadas no tempo definido. É o histograma que relaciona a Quantidade de Notas e Ordens de Manutenção sem Planejamento com os indicadores de Idade Média das Ordens de Manutenção em Carteira (IMOS) e Idade Média das Notas de Manutenção sem Tratamento (IMNC) acumulados. Trata-se de um desdobramento do IMOS e IMNC para melhor visualização e verificação da correlação entre eles e os demais indicadores de processo.

3.4 Métodos

Para que seja possível implantar a automação da análise de dados no processos de planejamento e controle da manutenção é necessário realizar a identificação das necessidades do setor, de acordo com os recursos existentes, desafios vivenciados e a rotina de atividades que são desempenhadas, bem como a análise dos documentos normativos e suas metas. Deve-se também definir cuidadosamente a fonte dos dados e sua forma de armazenamento, para que se possa otimizar os próximos passos, onde é realizado o método de ETL (*Extract Transform Load*) ou extração transformação e carregamento dos dados.

3.4.1 Fonte de Dados e Armazenamento

Para a base de dados foi utilizado informações coletadas do banco de dados do sistema de ERP SAP que é utilizado pela empresa para controle de seus processos. Os seus dados são disponibilizados pela ferramenta *SAP Business Objects* que funciona como um catálogo personalizável das tabelas de consulta do banco de dados do SAP, possibilitando editar o formato e o tamanho das tabelas de consultas, sem afetar o banco de dados. A Figura 3 ilustra essa ferramenta. O *SAP Business Objects* possui funcionalidades de automação do envio das tabelas de consulta para diversos locais através de envio de e-mail ou envio direto para diretórios de rede corporativos que fazem parte da organização. Para esse estudo de caso, foi escolhido a integração com o Microsoft SharePoint que funciona como uma aplicação web versátil com um ambiente personalizável onde é possível usá-la como portal corporativo, intranet, ambiente de gestão de informações, fluxos de trabalho e de equipes. Sendo assim, o SharePoint foi utilizado como a base de dados on-line que recebe atualizações dos envios das tabelas de consulta do *SAP Business Objects*.

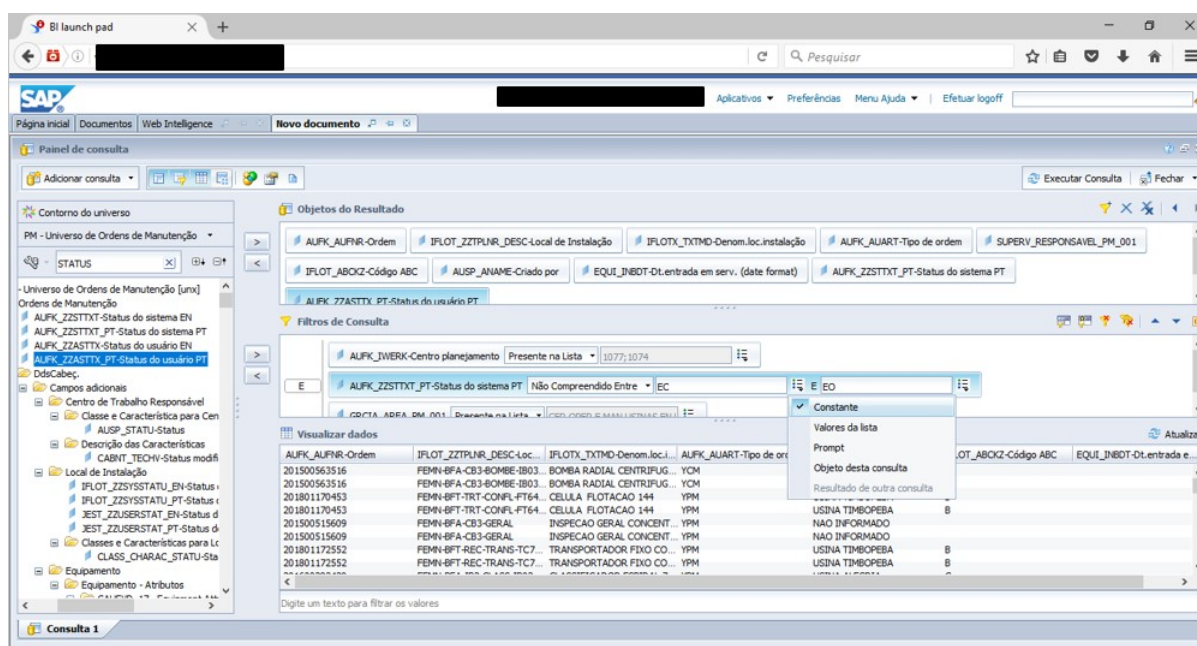


Figura 3 – *SAP Business Objects* - Editor de consultas

Fonte: Imagem adaptada SAP Business Objects, 2022

Para enviar as tabelas de consulta para o Microsoft Sharepoint, foi necessário a utilização de outras ferramentas disponíveis do pacote office 365: o Power Automate e a ferramenta de e-mail Microsoft Outlook. Foi realizado a Configuração do *SAP Business Objects* com o agendamento do envio das consultas por e-mail diariamente, conforme ilustrado na Figura 4. E em seguida foi realizado a criação de um *flow*, ou fluxo de automatização no Microsoft Power Automate, como ilustrado na Figura 5, para receber o e-mail com o anexo da consulta e salva-lo em uma pasta do SharePoint, deixando o arquivo disponível on-line para posterior conexão com

o Power BI.

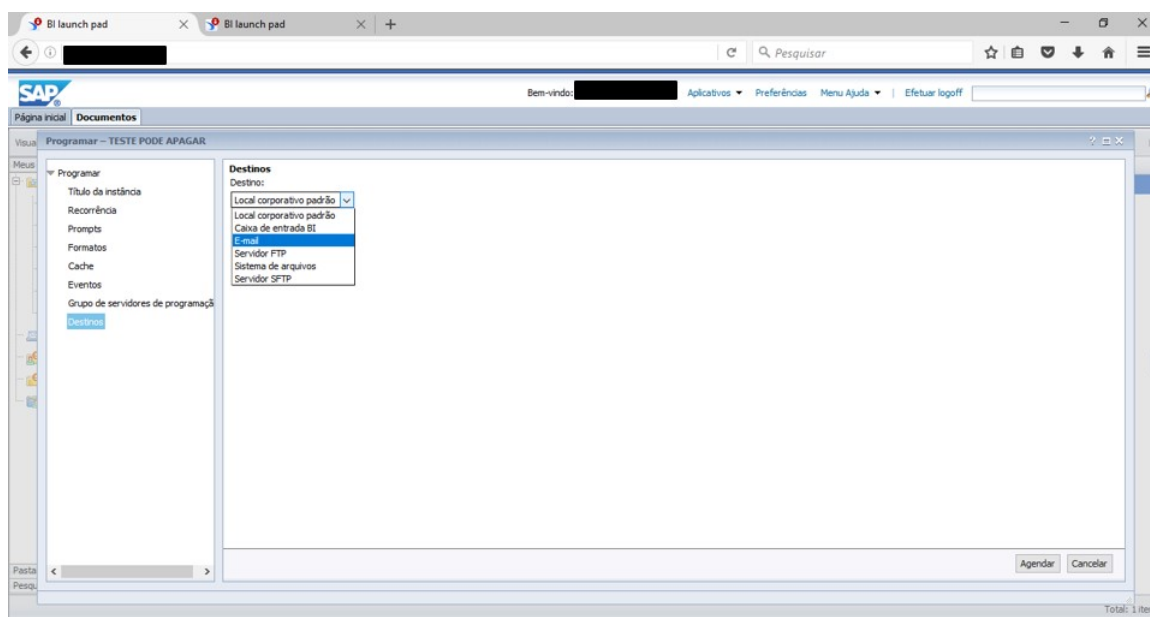


Figura 4 – SAP Business Objects - Envio de consulta para e-mail

Fonte: Imagem adaptada SAP Business Objects, 2022

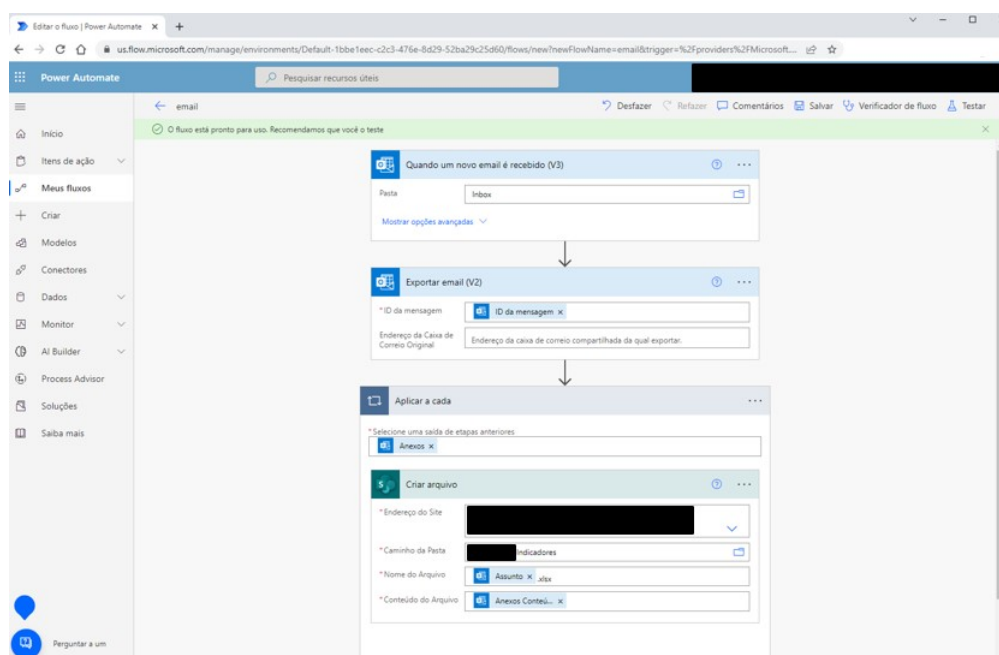


Figura 5 – Microsoft Power Automate - Fluxo automatizado de recebimento de e-mail e salvamento do anexo em uma pasta do Microsoft Sharepoint

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power Automate, 2022

3.4.2 Processo de Extrair, transformar e carregar dados

Para realizar o processo de ETL - (Extract Transform Load) ou Extrair, Transformar e Carregar os dados, é utilizada a ferramenta nativa do Power BI, como ilustrado nas Figuras 6, 7 e 8. O processo se inicia na conexão com a base de dados, importando as consultas salvas em pastas no SharePoint para dentro do Power Query (ferramenta contida no Power BI, responsável por importar consultas e editá-las), onde é realizada a transformação e o carregamento dos dados, possibilitando que o usuário manipule os dados de forma intuitiva e dinâmica, reduzindo o tempo de tratamento dos dados. As ferramentas de manipulação de dados do Power Query, estão destacadas na parte superior da Figura 9, e as etapas que foram aplicadas na consulta estão a direita desta mesma figura.

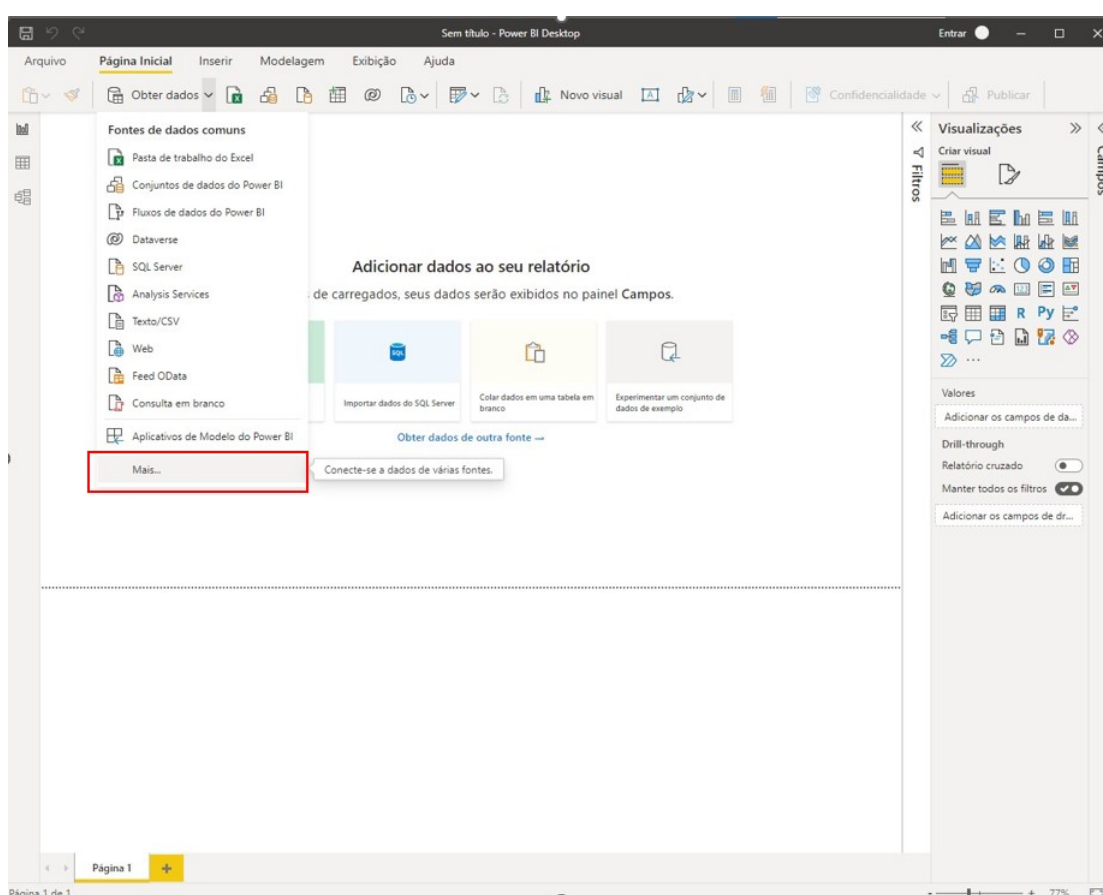


Figura 6 – Microsoft Power BI - Importando consultas do Microsoft Sharepoint com Power Query 01

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

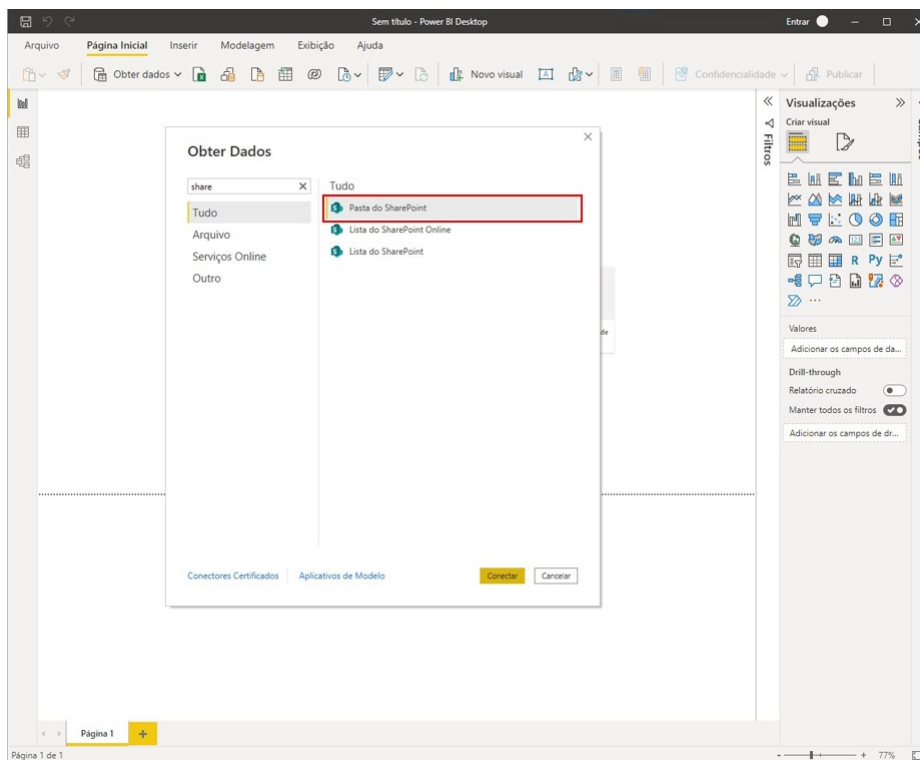


Figura 7 – Microsoft Power BI - Importando consultas do Microsoft Sharepoint com Power Query 02

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

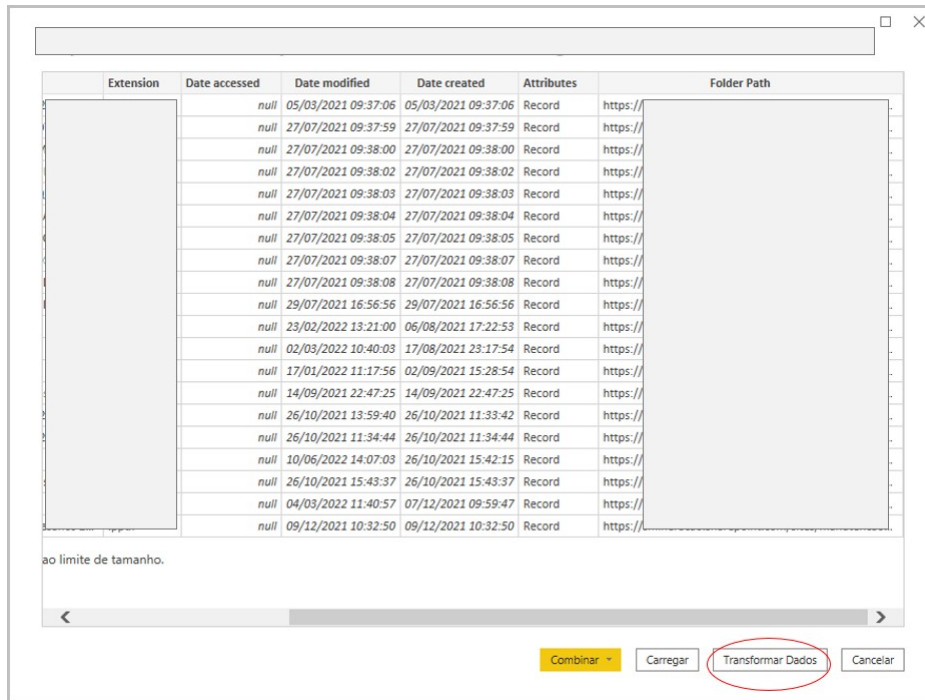


Figura 8 – Microsoft Power BI - Importando consultas do Microsoft Sharepoint com Power Query 03

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

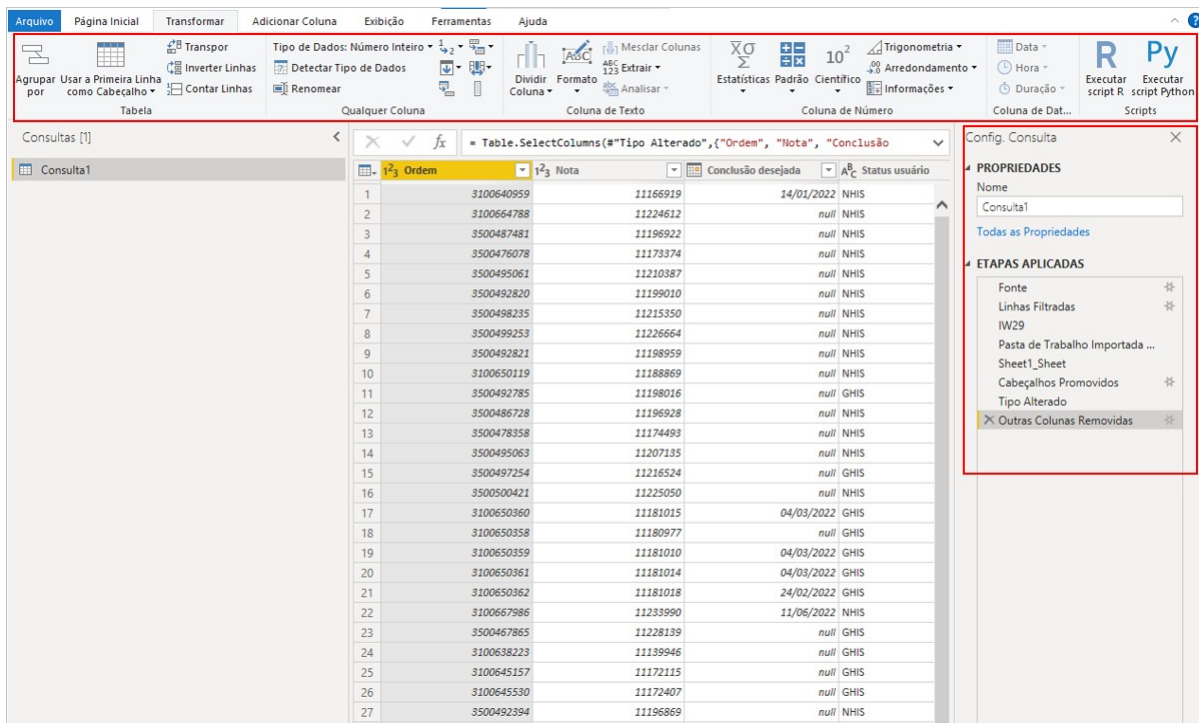


Figura 9 – Microsoft Power Query - Ferramentas de edição de consultas e suas etapas de transformação dos dados

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power Query, 2022

Para os usuários que possuam habilidade com linguagem de programação e precisem manipular dados por meio de funções mais complexas, é possível utilizar a linguagem M, nativa do Power Query, para editar as consultas, como mostra a Figura 10.

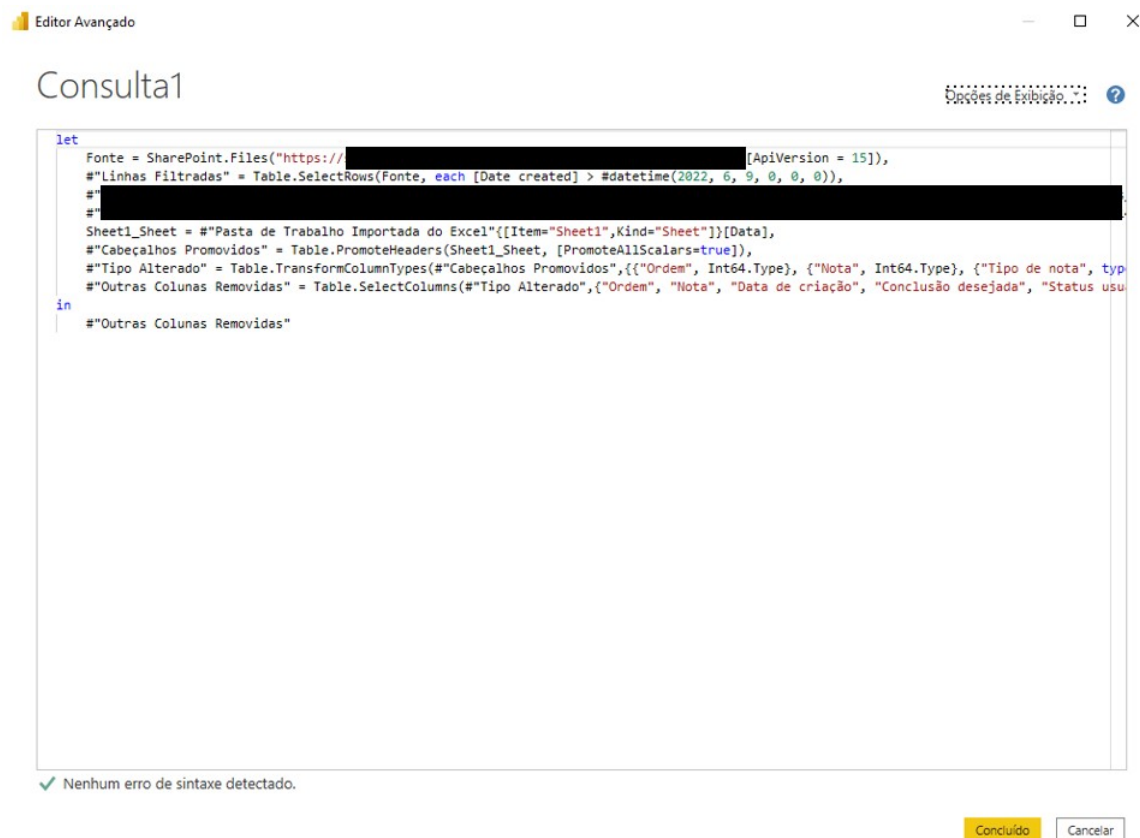


Figura 10 – Microsoft Power Query - Linhas de código linguagem de programação M

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power Query, 2022

O processo de extração e transformação de dados é realizado para todas as consultas necessárias para desenvolver o modelo de análises de dados, e então os mesmos são carregados para o Power BI para realizar as interações entre os dados, como visto na Figura 11.

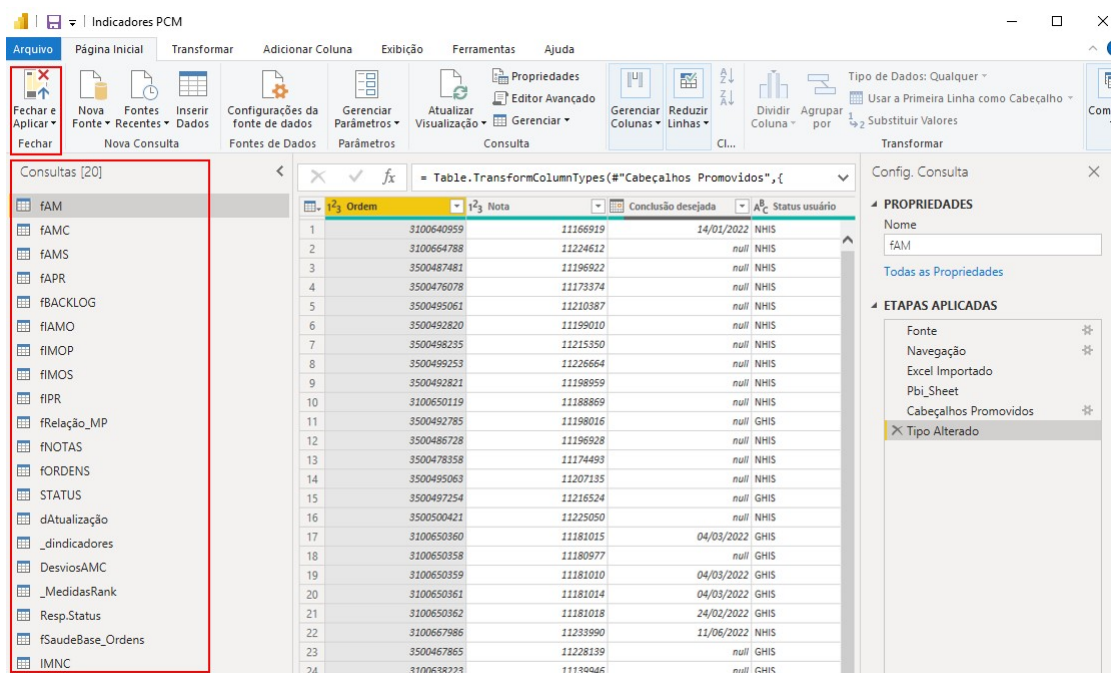


Figura 11 – Microsoft Power Query - Carregamento de dados para o Power BI

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power Query, 2022

3.4.3 Relacionamento entre tabelas

Como a base de dados disponibilizada se comporta como um banco de dados, as informações estão pulverizadas em diferentes tabelas. Com isso após o carregamento dos dados para o Power BI, é necessário realizar o relacionamento entre as tabelas para que seja possível o cruzamento entre diferentes tipos de informações contida nas tabelas. Para que esse relacionamento seja possível, as tabelas deve possuir uma coluna em comum que funcionam como uma chave de relacionamento ou endereço da informação desejada. A relações entre essas tabelas são necessárias para calcular os resultados com precisão e exibir as informações corretas nos relatórios. Ver Figura 12 e Figura 13.

Ao realizar a relação entre as tabelas, é fundamental que seja definido a cardinalidade das relações, ou seja, definidos o grau de relação entre duas entidades ou tabelas como pode ser visto na Figura 13. As cardinalidades podem ser definidas como:

- Muitos para um (*:1): uma relação muitos para um é o tipo de relação padrão mais comum. Isso significa que a coluna em determinada tabela conhecida como tabela fato, pode ter mais de uma instância de um valor, enquanto a outra tabela relacionada, geralmente conhecida como a tabela dimensão, tem apenas uma instância de cada valor.
- Um para um (1:1) : Em uma relação de um para um, a coluna em uma tabela tem apenas uma instância de um determinado valor, e que o mesmo é válido para a outra tabela relacionada.

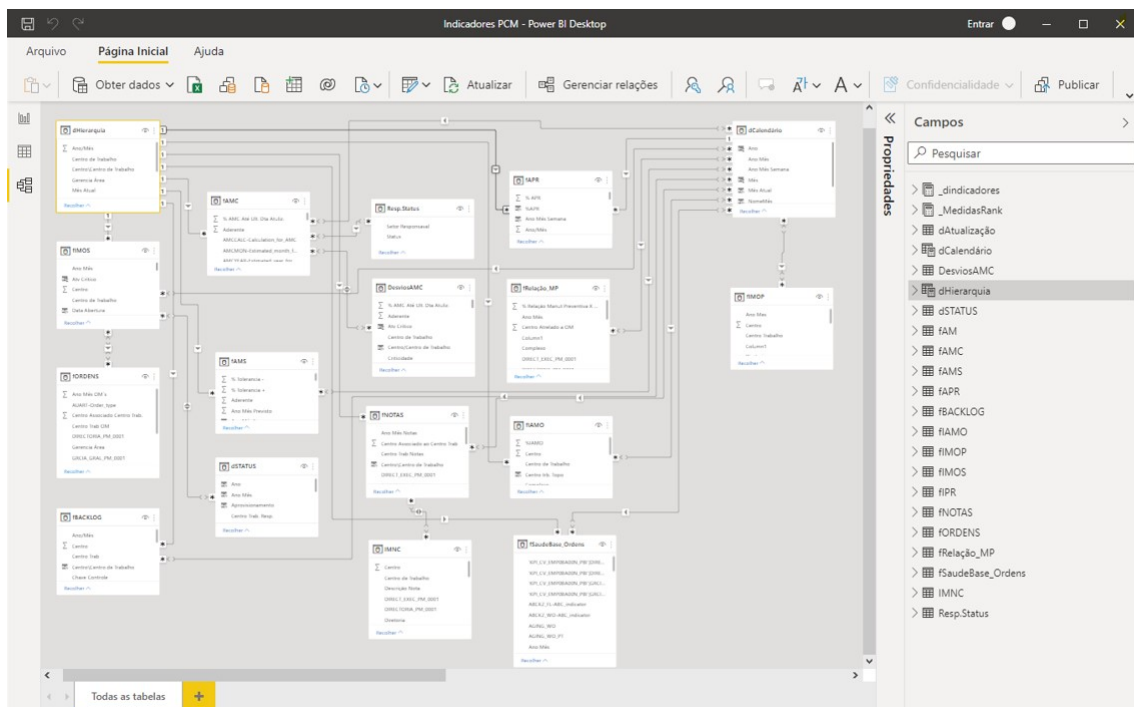


Figura 12 – Microsoft Power BI - Relacionamento entre tabelas

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

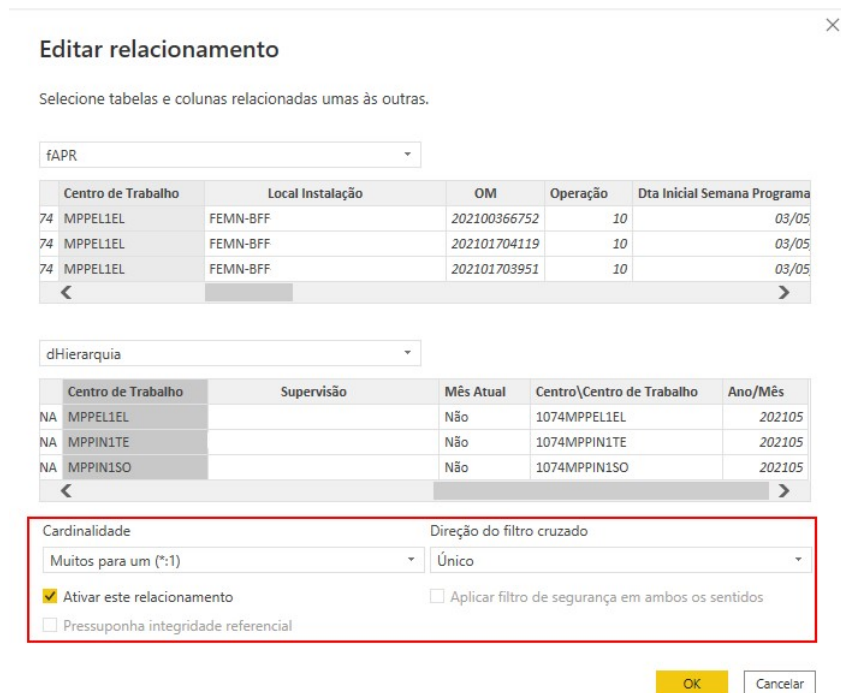


Figura 13 – Microsoft Power BI - Cardinalidade entre tabelas

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

- Um para muitos (1:*) : Em uma relação de um para muitos a coluna em uma tabela tem apenas uma instância de um determinado valor, enquanto a outra tabela relacionada pode ter mais de uma instância de um valor.
- Muitos para muitos (*:*) : com modelos compostos, você pode estabelecer uma relação muitos para muitos entre tabelas, o que remove os requisitos para valores exclusivos em tabelas.

Depois que é realizada a conexão das tabelas unindo-as com uma relação, é possível trabalhar com os dados em ambas as tabelas como se fossem uma, não precisando mais se preocupar com detalhes da relação nem mesclar essas tabelas em uma única tabela antes de importá-las. Em algumas situações, o Power BI pode criar relações automaticamente. No entanto, se o Power BI Desktop não puder determinar, com alto grau de certeza, que deve existir uma relação entre duas tabelas, ele não criará automaticamente a relação.

3.4.4 Colunas Calculadas e Medidas

Muitas vezes, os dados analisados não contêm um campo específico para se obter as informações necessárias. Com isso é necessário obter uma coluna calculada usando as fórmulas DAX (*Data Analysis Expressions*) para definir os valores de uma coluna, como se pode visualizar na Figura 14. As fórmulas podem modelar qualquer tipo de dado, onde é possível reunir valores de texto de duas colunas diferentes até calcular um valor numérico de outros valores.

As colunas calculadas são semelhantes às medidas, no sentido que ambas se baseiam em fórmulas DAX, mas diferem no modo como são usadas. As medidas são utilizadas na área Valores de uma visualização (gráficos, tabelas, cartões e etc.) para calcular resultados baseados em outros campos de informações, como se pode visualizar na Figura 15. Já as colunas calculadas são como novos Campos em linhas de uma tabela mas também podem ser utilizados em visualizações servindo de informações para os eixos, legendas e áreas de grupo de visualizações.

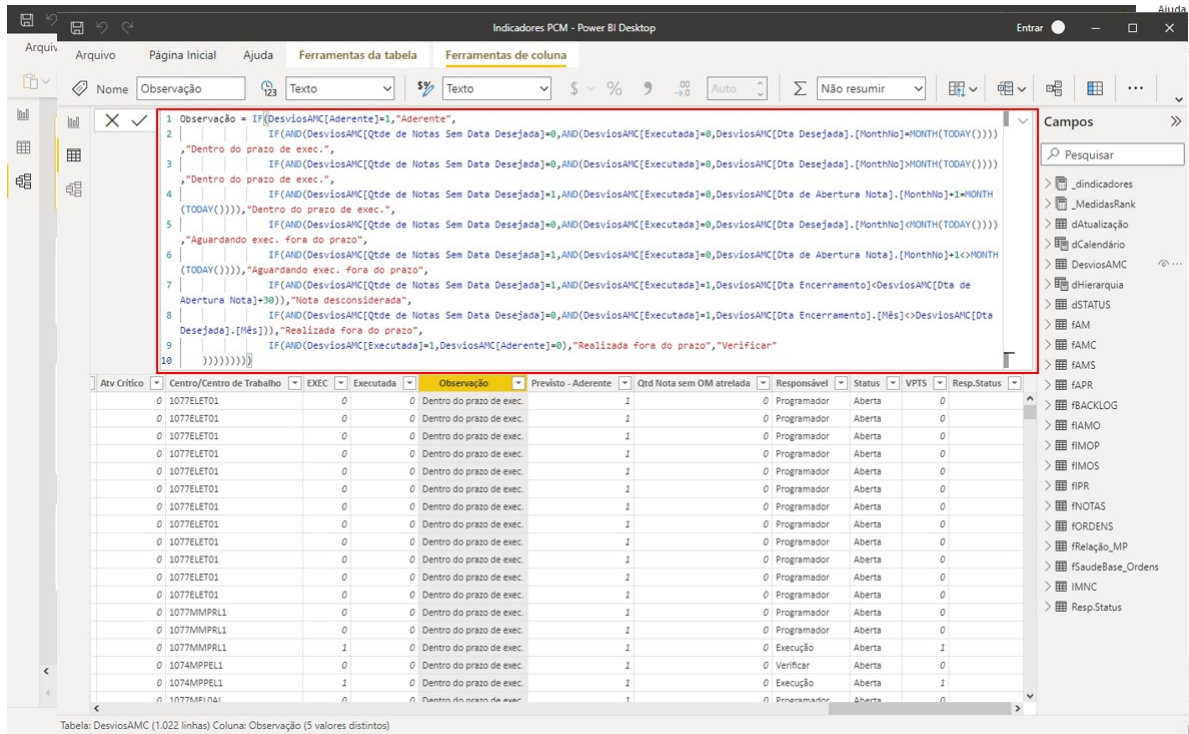


Figura 14 – Microsoft Power BI - Calculando colunas

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

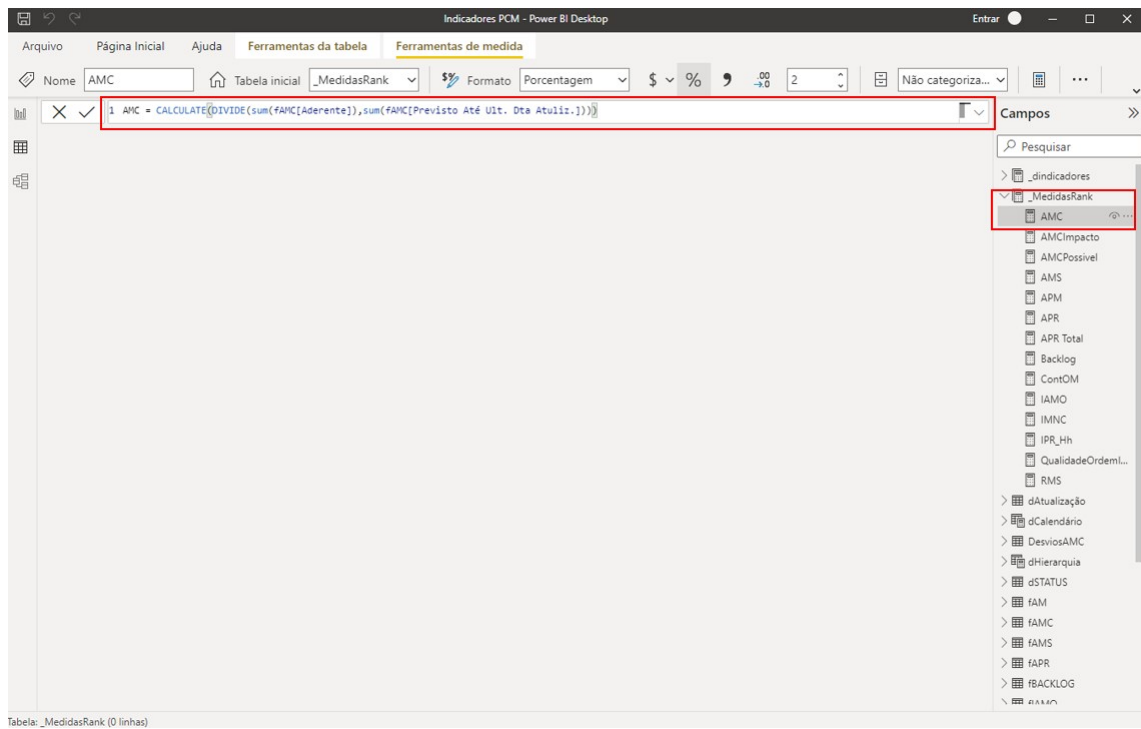


Figura 15 – Microsoft Power BI - Medidas calculadas

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

Utilizando as funções DAX, foi realizada a criação de colunas calculadas para extrair todas as informações necessárias para gerar informações de valor sobre os processos de planejamento e controle da manutenção. Foi realizado também a criação de medidas utilizando funções DAX para calcular os valores dos indicadores seguindo as fórmulas de cálculo contidas em documentos normativos da empresa, para que os cálculos estejam dentro dos parâmetros pré estabelecidos para os indicadores.

3.4.5 Construção visual dos indicadores

Tabelas e gráficos auxiliam a organizar e apresentar as informações de forma mais lógica e prática, facilitam a análise dos dados e a rápida consulta de informações pontuais. Para a construção visual dos indicadores é importante que eles sejam apresentados de forma simples e de fácil compreensão para que possam orientar as decisões dos interessados.

As tabelas possibilitam organizar uma grande quantidade de informações, porém as representações gráficas permitem uma interpretação rápida sobre os aspectos mais relevantes de um conjunto de dados. A representação da informação dependerá do tipo de dado que pretende exibir. Dados contínuos possuem formas de representação gráfica diferentes de dados discretos, onde os contínuos precisam preservar a ordem na sua representação. Já os dados discretos poderão ser distribuídos em classes nominais, que não possuem hierarquia entre as categorias.

Sendo assim, como os dados utilizados são contínuos e seguem uma linha temporal, os mesmos foram exibidos por meio de gráficos e tabelas para facilitar a sua visualização e apoiar nas tomadas de decisão. Os gráficos foram otimizados para fornecer informações tanto para a liderança quanto para os integrantes dos processos do Planejamento e Controle da Manutenção. Fornecendo assim ferramentas para otimizar a tomada de decisão de todo o setor, disponibilizando análises em varias escalas e granularidades das informações.

Na Figura 16, é possível ter uma análise geral dos indicadores e seus comportamentos ao longo do ano, em que descrevem a evolução do setor em cada um de seus indicadores. Na Figura 17, é possível visualizar o indicador de aderência a manutenção condicional de forma estratificada, onde se tem a possibilidade de realizar uma análise com um maior detalhamento de informações.

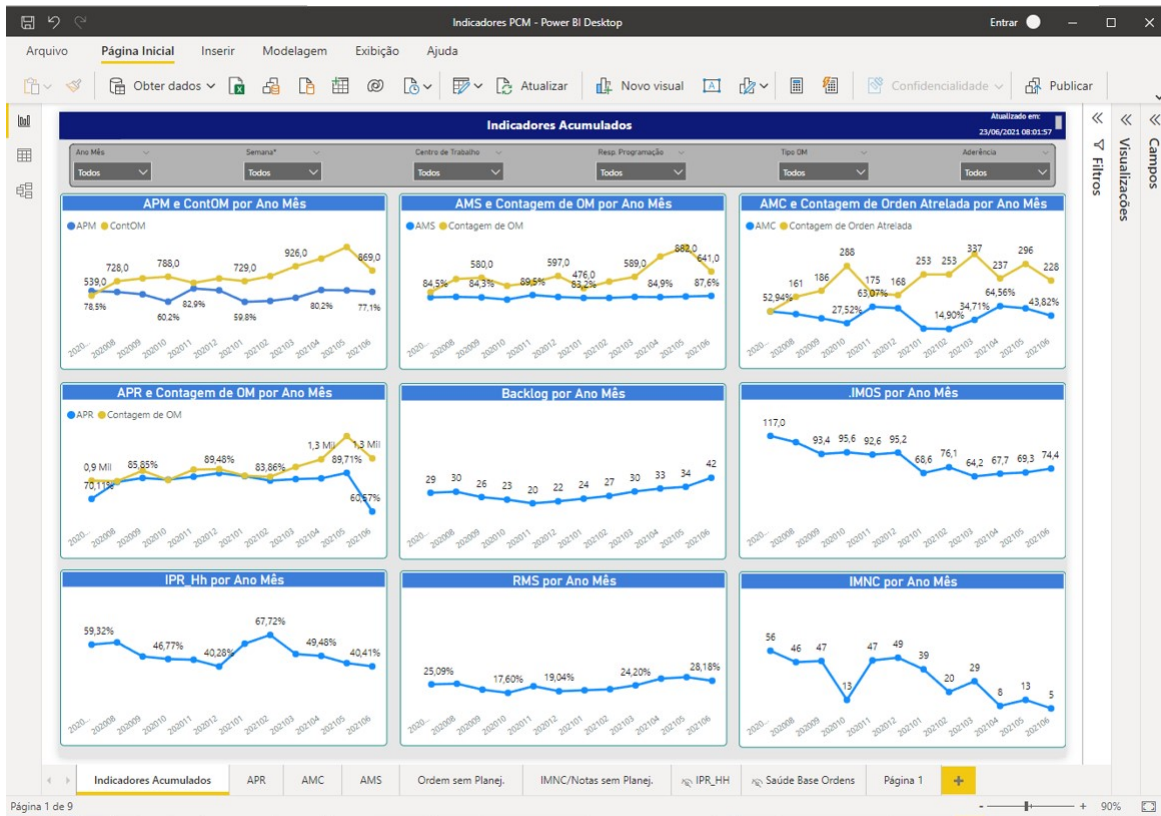


Figura 16 – Microsoft Power BI - Visão geral dos indicadores dos processos de manutenção

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

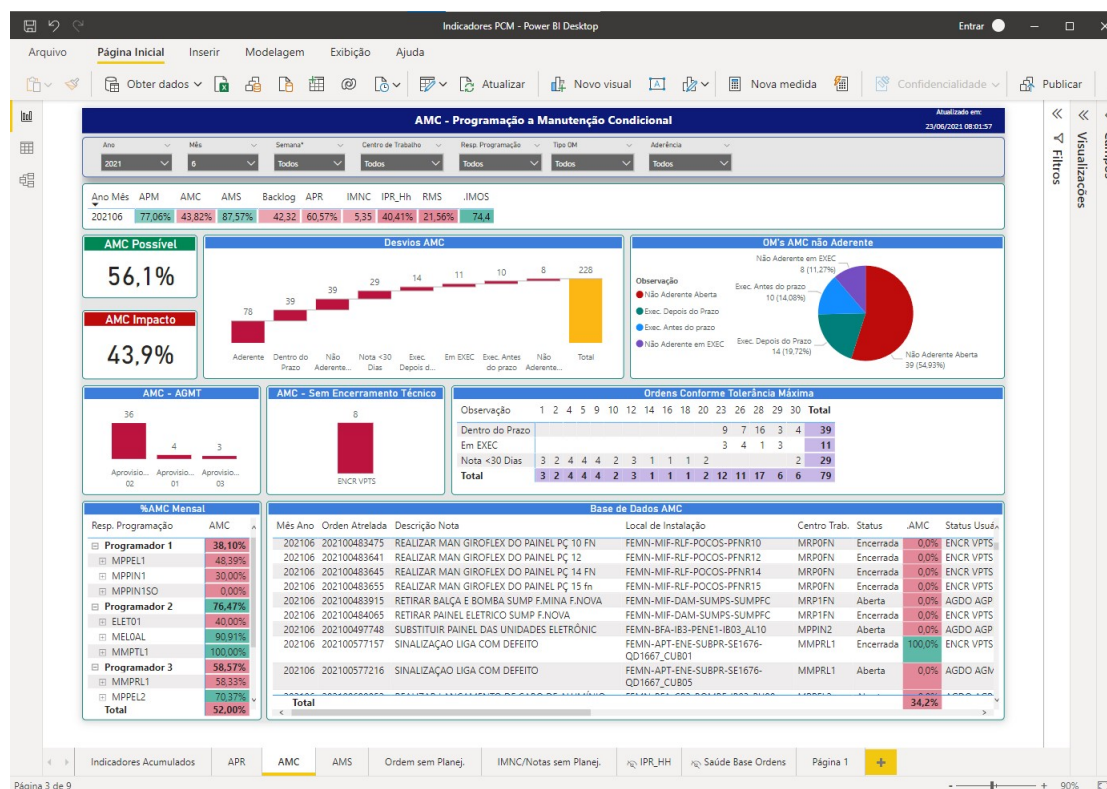


Figura 17 – Microsoft Power BI - Visão detalhada do indicador de Aderência a manutenção condicional

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

3.4.6 Publicando o Relatório de Indicadores no Power BI Service

Após a validação das informações do relatório de indicadores, é necessário realizar a sua publicação no *workspace* do Power BI Service, como ilustrado na Figura 18, que irá fornecer acesso a todas as pessoas envolvidas no processo de planejamento e controle da manutenção que pertençam ao grupo de trabalho do pacote Office 365. Como a empresa possui a licença *premium*, qualquer pessoa com um e-mail corporativo poderá acessar as informações de qualquer lugar por meio da internet.

O Power BI Service permite o agendamento de atualização, como pode ser visto nas Figuras 19 e 20, que possibilita que o relatório atualize de forma automática com um período predeterminado, automatizando a atividade de atualização do relatório.

Por fim o relatório passou a ser utilizado pela liderança e pelos integrantes dos processo de planejamento e controle da manutenção, como uma ferramenta que proporciona a melhoria continua do processo.

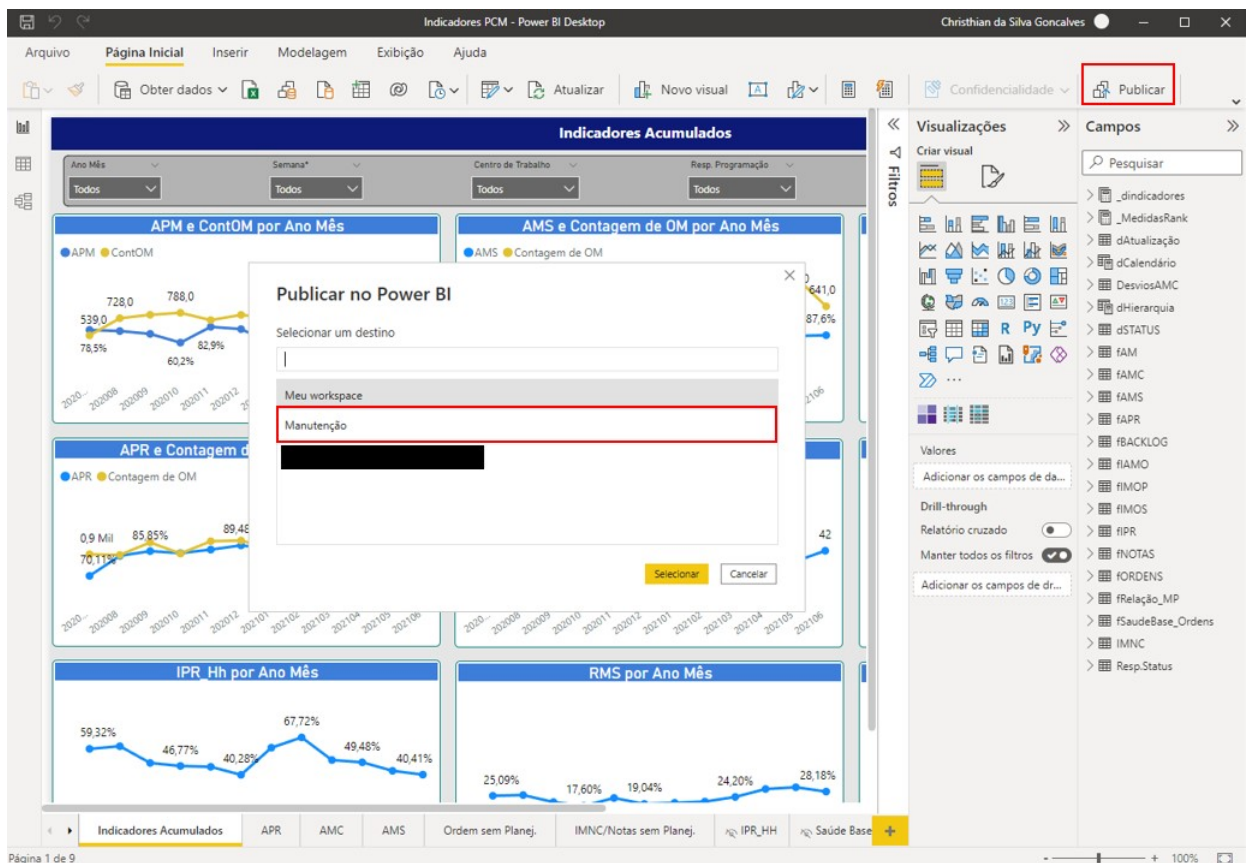


Figura 18 – Microsoft Power BI - Publicando no Power BI Service

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

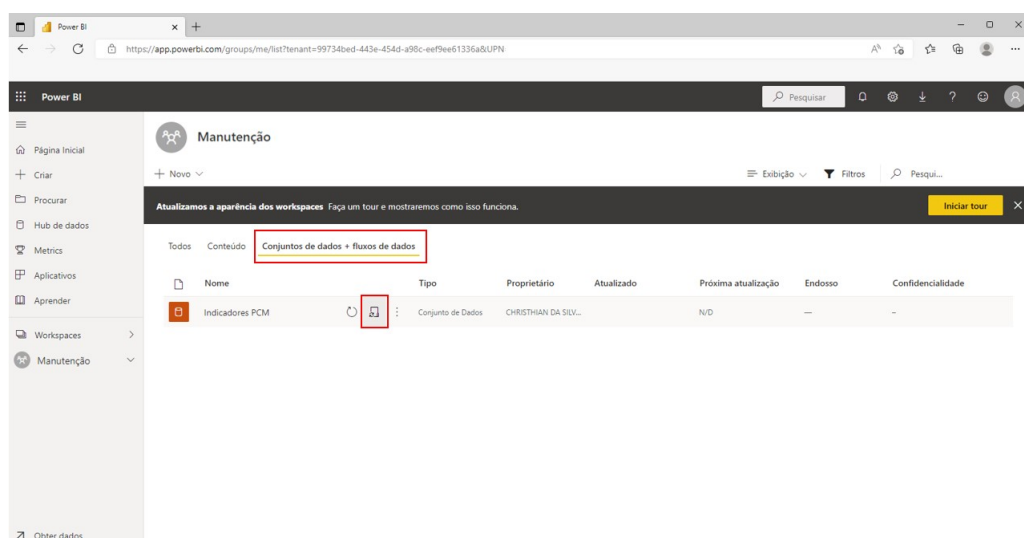


Figura 19 – Microsoft Power BI - Relatório publicado no Power BI Service

Fonte: Imagem adaptada do Power BI Service, 2022

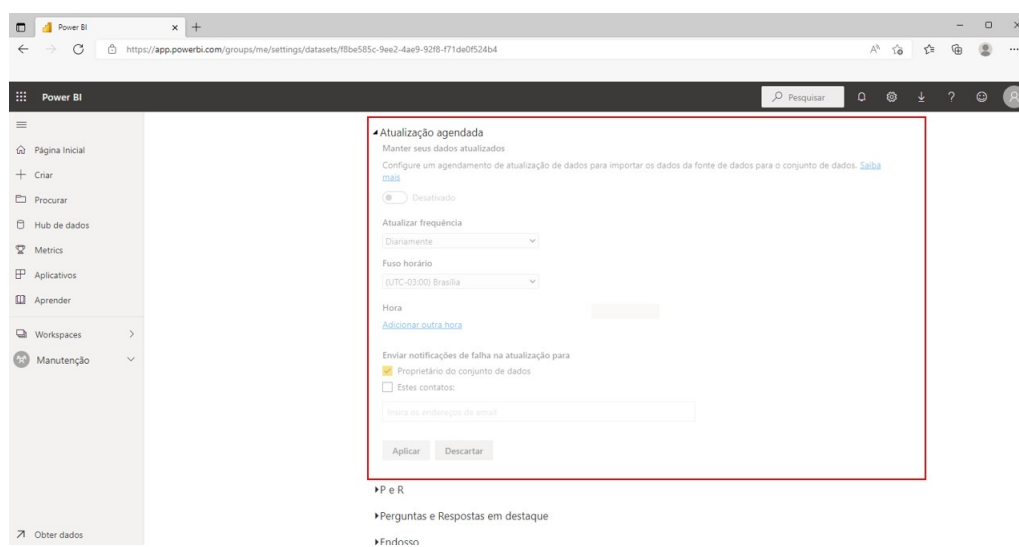


Figura 20 – Microsoft Power BI - Configuração de atualização automática

Fonte: Imagem adaptada do Power BI Service, 2022

4 RESULTADOS

Os principais indicadores de resultado que analisam a eficiência dos processos de planejamento e controle da manutenção são os indicadores de APM - Aderência ao Plano de Manutenção, AMS - Aderência a Manutenção Sistemática e AMC - Aderência a Manutenção Condicional, sendo o primeiro a média aritmética do AMC e AMS. Esses indicadores são fundamentais para expor como está o cumprimento da estratégia de manutenção na realização das manutenções preventivas e condicionais dos ativos da planta. São esses, medidos através do atendimento das ordens de manutenção, dentro do prazo estabelecido. Quando se analisa esses indicadores em relação a um espaço de tempo, pode-se medir a evolução e a eficácia das estratégias utilizadas para mitigar os desvios ocorridos durante esse período. Em uma análise estratificada desses indicadores, pode-se verificar quais são as causas do não cumprimento da meta de cada indicador. Quando as informações são fornecidas em tempo hábil e de forma automática fornece uma visão dos principais desvios, proporcionando agilidade para implementar novas estratégias, tornando o processo de tomadas de decisão mais eficiente e assertivo.

Os indicadores APR - Aderência Programação, RMS - Relação Manutenção Sistemática e Total de Manutenção, IAMO - Índice de Apropriação de mão-de-obra, Backlog, IMNC - Idade Média das Notas, são complementares para uma análise profunda da eficiência de cada processo. Eles medem a eficiência e avaliam o desempenho dos componentes do processo que garantem a entrega esperada. Esses indicadores podem trazer uma visão reativa, focada no que já aconteceu, ou seja, no passado, ou preventiva, permitindo prever o comportamento futuro e atuar de forma proativa.

Indicadores permitem que a liderança e os envolvidos nos processos tenham discussões baseadas em fatos e dados, definam metas claras, assegurem visibilidade à performance e monitorem o progresso. Eles também promoveram maior segurança, agilidade e eficiência para a execução dos processos organizacionais, apresentando em painéis uma visão sistêmica do desempenho das Unidades e da Instituição, contribuindo de forma estratégica para o desenvolvimento organizacional.

A seguir são apresentados e interpretados alguns gráficos e tabelas com indicadores utilizados dentro do estudo de caso abordado neste trabalho.

4.1 Interpretação dos Gráficos de Indicadores

Os gráficos e tabelas estão em função do tempo. O sistema de ERP possui uma nomenclatura própria para identificar o mês e o ano de uma manutenção, denominada como "AnoMes" onde o ano e o mês estão unidos como se fosse um único número, sendo o número do mês precedido pelo número do ano, por exemplo: Junho de 2021 é igual a 202106.

A Tabela 2 resume o que é apresentado a seguir em cada item da Figura 21.

Tabela 2 – Descritivo indicadores da Figura 21.

| Figura | Descrição |
|---------------|---|
| Figura 21A | Indicador de APM - Percentual de cumprimento do plano de manutenção (sistemática e condicional). |
| Figura 21B | Indicador de AMS - Percentual de cumprimento do plano de manutenção sistemática. |
| Figura 21C | Indicador de AMC - Percentual de cumprimento do plano de manutenção condicional. |
| Figura 21D | Indicador de APR - Percentual de aderência a programação. |
| Figura 21E | indicador de <i>Backlog</i> - Progresso do tempo(em dias) que se leva para atender todas as ordens de manutenção que estão em aberto. |
| Figura 21F | Indicador de IMOS, - Progresso da idade média das OM's. |
| Figura 21G | Indicador de RMS - Percentual de Hh que está sendo utilizado para as manutenções sistemáticas em relação ao Hh total das manutenções. |
| Figura 21H | Indicador de IMNC - Tempo médio de tratamento das notas de manutenção. |

Fonte: Próprio autor, 2022.

Na Figura 21A é possível visualizar o indicador de APM, o qual mostra ao longo dos últimos 12 meses, o percentual de cumprimento do plano de manutenção (sistemática e condicional) em relação ao total de ordens de manutenção previstas em cada mês.

Na Figura 21B é possível visualizar o indicador de AMS, o qual mostra ao longo dos últimos 12 meses, o percentual de cumprimento do plano de manutenção sistemática em relação ao total de ordens de manutenção previstas em cada mês.

Na Figura 21C é possível visualizar o indicador de AMC, o qual mostra ao longo dos últimos 12 meses, o percentual de cumprimento do plano de manutenção condicional em relação ao total de ordens de manutenção previstas em cada mês.

Na Figura 21D é possível visualizar o indicador de APR, o qual mostra ao longo dos últimos 12 meses, o percentual de aderência a programação das ordens de manutenção em relação ao total de ordens de manutenção previstas em cada mês, ou seja, é o percentual de OM's que foram programadas e de fato executadas pelas equipes de execução em comparação ao total de ordens previstas para o mês. Esse indicador visa medir a eficiência do processo de planejamento e programação das ordens de manutenção previstas no mês.

Na Figura 21E é possível visualizar o indicador de *Backlog*, que mostra ao longo dos últimos 12 meses, o progresso do tempo(em dias) que se leva para atender todas as ordens de manutenção que estão em aberto, utilizando a capacidade nominal das equipes para realizar o atendimento, ou seja, se não houvesse novas demandas de manutenção e as equipes utilizassem toda sua capacidade em Hh para atender ao *Backlog*, as mesmas iriam gastar o tempo(em dias) mostrado no gráfico para atender a todas as demandas. Esse indicador ajuda a identificar o

crescimento da demanda em relação ao efetivo existente.

Na Figura 21F é possível visualizar o indicador de IMOS, que mostra ao longo dos últimos 12 meses, o progresso da idade média das OM's, ou seja, mostra o envelhecimento das OM's que fazem parte do *Backlog* de manutenção. Esse indicador ajuda a mostrar se existem muitas ordens muito antigas sem atendimento.

Na Figura 21G é possível visualizar o indicador de RMS, que mostra ao longo dos últimos 12 meses, qual o percentual de Hh está sendo utilizado para as manutenções do tipo sistemáticas em relação ao Hh que está sendo utilizado para todos os tipos de manutenção. Esse indicador visa verificar o percentual de manutenção sistemática que está sendo empregada na manutenção. O desejável é que se reduza ao longo do tempo, o número de Hh utilizado em outros tipos de manutenção. Esse indicador ajuda a identificar se as manutenções preventivas estão sendo priorizadas e se está havendo um número maior de outros tipos de manutenção.

Na Figura 21H é possível visualizar o indicador de IMNC, que mostra ao longo dos últimos 12 meses, o tempo médio de tratamento das notas de manutenção. Na rotina de manutenção, para novas demandas solicitadas de manutenção é criada uma nota, e essa nota vai para a carteira dos planejadores, que realizam a tratativa dessa nota, atrelando uma ordem de manutenção a ela. Esse processo que é denominado tratamento da nota, onde o IMNC mede o tempo que os planejadores estão levando para realizar esse processo.

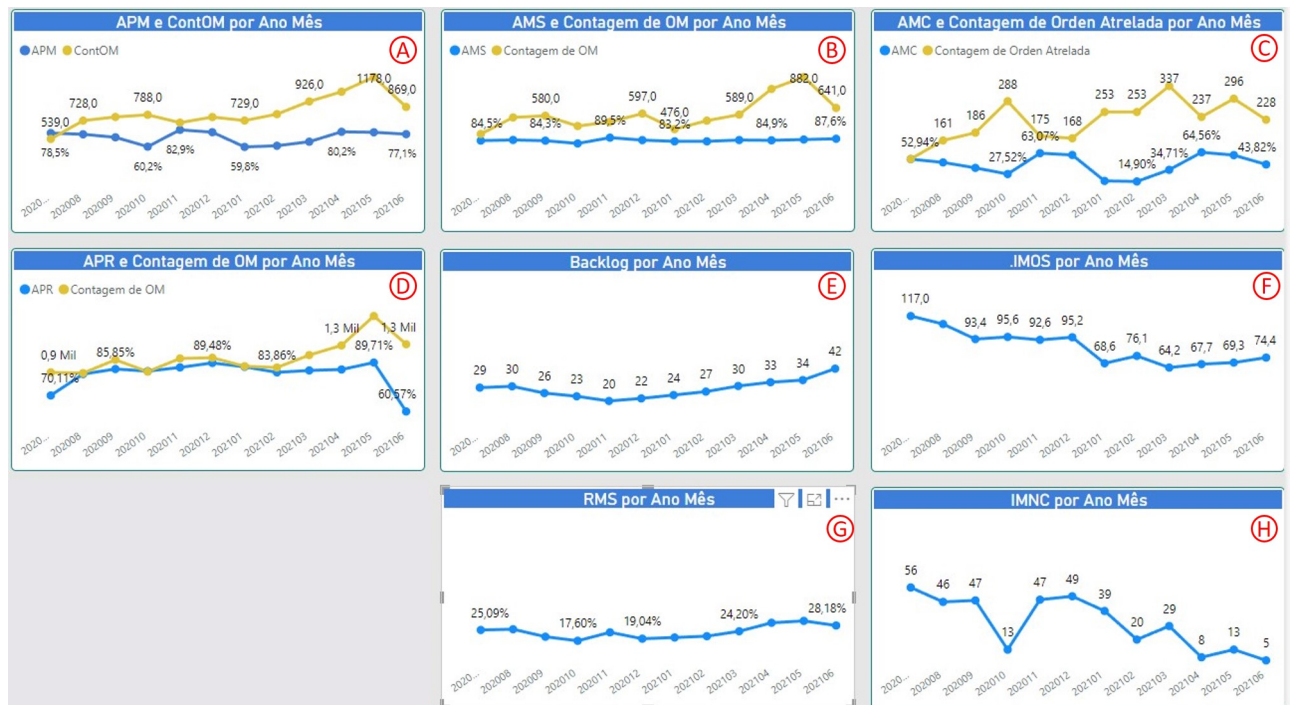


Figura 21 – Microsoft Power BI - Indicadores Consolidados

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

A Tabela 3 resume o que é apresentado a seguir em cada item da Figura 22.

Tabela 3 – Descritivo indicadores da Figura 22.

| Figura | Descrição |
|---------------|---|
| Figura 22A | Filtros do relatório . |
| Figura 22B | Valores consolidados dos indicadores. |
| Figura 22C | principais justificativas dos motivos da não aderência a programação. |
| Figura 22D | quantitativo de OM's abertas com tempo maior que 30 dias. |
| Figura 22E | Percentual de APR alcançado por programador. |
| Figura 22F | Quantitativo de operações que foram executadas em cada dia. |
| Figura 22G | Tabela de detalhamento de cada OM,. |

Fonte: Próprio autor, 2022.

Na Figura 22A é possível visualizar os filtros do relatório que são utilizados para filtrar os dados de acordo com os critérios de cada filtro. Neste caso, é possível filtrar por mês, semana do ano, centro de trabalho(equipes de manutenção) responsável pela programação, tipo de OM(cada tipo de ordem representa um tipo de manutenção) e pela aderência(filtra as ordens que atenderam ao plano de manutenção).

Na Figura 22B é possível visualizar os valores consolidados dos indicadores do mês selecionado pelo filtro.

Na Figura 22C é possível visualizar as principais justificativas dos motivos da não aderência a programação do mês selecionado pelo filtro.

Na Figura 22D é possível visualizar o quantitativo de OM's abertas com tempo maior que 30 dias, segmentado por programador(pessoa responsável pela programação semanal das OM's), ou seja, esse é o quantitativo de ordens com idade superior a 30 dias que estão no *Backlog* de cada programador.

Na Figura 22E é possível visualizar o percentual de APR alcançado por programador em cada semana, referente ao ano e mês selecionados nos filtros.

Na Figura 22F é possível visualizar o quantitativo de operações que foram executadas em cada dia, de acordo com a seleção dos filtros. Cada OM pode conter mais de uma operação a ser realizada na data estabelecida pelo programador, se essa operação é executada na data estabelecida, ela recebe *status* aderente, caso contrário, não aderente.

Na Figura 22G é possível visualizar a tabela de detalhamento de cada OM, onde pode se ver as informações da descrição de cada OM, bem como, algumas informações e justificativas da não aderência a manutenção, caso ocorra.



Figura 22 – Microsoft Power BI - Indicador APR Detalhado

Fonte: Imagem adaptada Microsoft Power BI, 2022

A utilização em conjunto dos gráficos consolidados e detalhados dos indicadores mostram uma visão sistemática e ao mesmo tempo detalhada dos processos de manutenção, onde é possível visualizar de forma clara e concisa, os desvios do planejamento da manutenção. Com isso, se obtêm informações relevantes para a elaboração de estratégias para a tratar os desvios, procurando sempre garantir que não ocorram novamente, o que possibilita uma evolução dos processos de manutenção de forma contínua.

5 CONCLUSÃO

Tomar decisões está presente de forma interina na vida profissional, tanto na liderança quanto para os demais processos. Obter informação íntegra e de qualidade e no momento certo para suportar a toma de decisão pode ser fundamental para a competitividade e produtividade da organização.

É nesse contexto, que esse trabalho teve como o objetivo principal de automatizar o processo de análise de dados no Planejamento e Controle da Manutenção de uma empresa do setor de mineração utilizando uma ferramenta de *Business Intelligence*. Observou-se que a correta implantação de um sistema automatizado de análise de indicadores proporciona uma maior segurança e conforto para a gestão no processo de tomada de decisão, proporcionando agilidade e eficiência nos processos com a utilização das ferramentas de BI.

Pode-se notar que a ferramenta Power BI possui uma interface amigável e de fácil compreensão, possibilitando o manuseio por parte do usuário que possua praticidade com as ferramentas da Microsoft. A ferramenta possibilita o desenvolvimento de relatórios conectados a diversos bancos de dados ao mesmo tempo, podendo ser internos ou externos. Fornece também a praticidade de consolidar as informações em sua própria estrutura, sem precisar de um profissional de TI, podendo utilizar seus dados e consolida-los. O usuário tem a possibilidade de criar relatórios interativos e com atualização diária para qualquer setor da empresa e ainda podendo criar seus próprios indicadores e oferecendo uma visão sistêmica para os tomadores de decisões.

Pôde-se constatar, que é possível alcançar uma análise eficiente dos indicadores de processo, mesmo sem a existência de grandes investimentos, basta uma infraestrutura mínima, um certo nível de domínio da tecnologia e do negócio e que tenha acesso às informações corporativas armazenadas. Porém, é importante salientar que o uso de dados de fontes diversificadas ou uso de ferramentas intermediárias para a comunicação entre as fontes de dados, se não são construídas para a finalidade de integração com ferramentas de BI, podem afetar diretamente na disponibilidade do relatório, apresentando instabilidades, perda ou mudança na formatação dos dados, gerando a necessidade de realizar intervenções na base de dados da ferramenta para que o relatório volte a funcionar novamente.

O relatório de indicadores auxiliou o setor de PCM a mensurar os processos e situações que se desejava analisar. Ajudou também a estabelecer as prioridades, identificar os objetivos e traduzi-los em metas. Permitiu também, acompanhar o andamento dos trabalhos, avaliar e verificar os resultados e os impactos nos processos.

Os indicadores contribuíram para estimular a participação e o engajamento dos integrantes do setor, os quais, com o acesso as informações, puderam contribuir com suas visões e prioridades. Os relatórios promoveram a melhoria da capacidade organizacional e da habilidade

de argumentação, favorecendo a descentralização da informação e potencializando as chances de ocorrer o desenvolvimento sustentável dos processos.

5.1 Sugestão para trabalhos futuro

Para trabalhos futuros sugere-se a implementação de mais funcionalidades relacionadas ao uso de sistema de gestão da informação, como ferramentas que fornecem a conexão direta ao banco de dados do sistema de ERP, para que possa haver uma maior confiabilidade e disponibilidade dos relatórios de indicadores gerados por ferramentas de BI.

Sugere-se também, a diversificação da bases de dados, para possibilitar a correlação entre as informações de disponibilidade física da planta e os processos de manutenção, para mensurar e avaliar a correlação entre as variáveis desses processos e criar indicadores para medi-los de forma sistêmica.

REFERÊNCIAS

- BARBIERI, C. *BI – business intelligence modelagem & tecnologia*. [S.l.]: Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora Ltda, 2001. Citado na página 33.
- BEUREN, I. M. *Gerenciamento da informação: um recurso estratégico no processo de gestão empresarial*. [S.l.]: São Paulo: Atlas S/A, 2000. Citado na página 16.
- COSTA, S.; SANTOS, M. Sistema de business intelligence no suporte à gestão estratégica. In: *Atas da Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 12, p. 162–174. Citado na página 34.
- COUTO, L. F. N. *Gestão Lean da manutenção aplicada a equipamentos de transporte de granéis sólidos*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011. Citado na página 28.
- DAVENPORT, T. H. *Conhecimento empresarial*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 1998. Citado na página 32.
- ECKERSON, W. Smart companies in the 21st century: The secrets of creating successful business intelligence solutions. *TDWI Report Series*, 2003. v. 7, p. 1–38, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- EDWARDS, R. Build-to-order extends erp boundaries. *APICS The Performance Advantage*, 1999. AMERICAN PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL SOCIETY INC., v. 9, p. 43–45, 1999. Citado na página 32.
- FERREIRA, F. P. Análise da implantação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa de autopeças. 2004. Universidade de Taubaté, 2004. Citado na página 16.
- FILHO, G. B. *A Organização, o planejamento eo controle da manutenção*. [S.l.]: Ciência Moderna, 2008. Citado na página 16.
- FILHO, T. L. Business intelligence no microsoft excel. *Rio de Janeiro: Axcel Brooks*, 2004. 2004. Citado na página 34.
- FRAZÃO, M. C. A. M. d. F. *Sistematização das atividades de manutenção para uma instituição de solidariedade social*. Tese (Doutorado), 2014. Citado na página 21.
- HEISLER, R. Planning and scheduling in a lean maintenance environment. *Retrieved December*, 2003. v. 20, p. 2014, 2003. Citado na página 27.
- INMON, W. H. *Como construir o data warehouse*. [S.l.]: Campus, 1997. Citado na página 33.
- KIMBALL, R.; ROSS, M. *Data warehouse life cycle toolkit “, john willey & sons. Inc., New York*, 1998. 1998. Citado na página 33.
- LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. *Sistemas de informação gerenciais. 5ª Edição*. 7. ed. [S.l.]: São Paulo: Prentice Hall, 2007. Citado na página 30.
- MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. [S.l.]: 5. ed.-São Paulo: Atlas, 2003. Citado na página 37.

- Microsoft. *O que é Power BI*. 2022. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>. Acesso em: 10 de junho 2022. Citado na página 36.
- MOBLEY, R. Introduction to the theory and practice of maintenance. *Maintenance engineering handbook, 7th ed., McGraw-Hill, New York*, 2008. p. 1–9, 2008. Citado na página 17.
- MOSTAFA, S.; DUMRAK, J.; SOLTAN, H. Lean maintenance roadmap. *Procedia Manufacturing*, 2015. Elsevier, v. 2, p. 434–444, 2015. Citado na página 27.
- MOUBRAY, J. Introdução à manutenção centrada na confiabilidade. *São Paulo: Aladon*, 1996. p. 129, 1996. Citado na página 22.
- OHNO, T. *O sistema Toyota de produção além da produção*. [S.l.]: Bookman, 1997. Citado na página 26.
- OLIVEIRA, M. R. L. de. *Sistemas de informações gerenciais*. S. Paulo: Atlas, 1992. v. 268, 1992. Citado na página 30.
- O'BRIEN, J. A. *Sistema de informações e as decisões gerenciais na era da Internet. Tradução da 9ª ed.* [S.l.: s.n.], 2004. 205 p. Citado 4 vezes nas páginas 16, 17, 29 e 30.
- PALMISANO, Â. *Administração de sistemas de informação e a gestão do conhecimento*. [S.l.]: Cengage Learning Editores, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 29, 30 e 31.
- PINHEIRO, P. P. *Proteção de Dados Pessoais: Comentários à Lei n. 13.709/2018-LGPD*. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2020. Citado na página 38.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. *Manutenção: função estratégica*. [S.l.]: Qualitymark, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 24.
- PINTO, C. V. *Organização e gestão da manutenção*. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 26.
- PINTO, J. P. *Manutenção lean*. Lisboa: Lidel, Edições técnicas, 2013. 2013. Citado 3 vezes nas páginas 21, 27 e 28.
- REZENDE, D. A. *Tecnologia da informação integrada à inteligência empresarial*. [S.l.]: Atlas, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.
- SAITO, E.; HORITA, R. Business intelligence como uma ferramenta de gestão. *V Encontro Científico e Simpósio de Educação Unisalesiano, São Paulo*, 2015. 2015. Citado na página 34.
- SANTOS, B. P. et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 2018. v. 4, n. 1, p. 111–124, 2018. Citado na página 15.
- SHARDA, R. et al. Business intelligence and analytics. *System for Decesion Support*, 2014. Pearson Edition Limited, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- SMITH, R.; HAWKINS, B. *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share*. [S.l.]: Elsevier, 2004. Citado na página 27.
- VIANA, H. R. G. *PCM-Planejamento e Controle da manutenção*. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2002. Citado 3 vezes nas páginas 16, 23 e 24.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 1997. Taylor & Francis, v. 48, n. 11, p. 1148–1148, 1997. Citado na página 26.

XAVIER, J. N.; PINTO, A. K. *Manutenção: Função Estratégica*. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 15.

XENOS, H. G. Gerenciando a manutenção produtiva. *Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial*, 1998. v. 171, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

YIN, R. K. *Estudo de Caso-: Planejamento e métodos*. [S.l.]: Bookman editora, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.