

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
ESCOLA DE MINAS - EM
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E
ECONOMIA - DEPRO

IJARI LOPEZ UGALDE

**Modelagem de um sistema para gerenciamento das
informações geradas durante a execução de serviços
em manutenção**

Ouro Preto
2021

Ijari Lopez Ugalde

Modelagem de um sistema para gerenciamento das informações geradas durante a execução de serviços em manutenção

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

Universidade Federal de Ouro Preto

Orientador: Prof. Me. Cristiano Luís Turbino de França e Silva

Ouro Preto
2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

U26m Ugalde, Ijari Lopez.
Modelagem de um sistema para gerenciamento das informações geradas durante a execução de serviços em manutenção. [manuscrito] / Ijari Lopez Ugalde. - 2022.
50 f.: il.: color..

Orientador: Prof. Me. Cristiano Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Manutenção industrial. 2. Fabricas-Manutenção. 3. Sistemas de informação. 4. Modelagem de sistemas. I. Silva, Cristiano. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Angela Maria Raimundo - SIAPE: 1.644.803



FOLHA DE APROVAÇÃO

Ijari Lopez Ugalde

Modelagem de um sistema para gerenciamento das informações geradas durante a execução de serviços em manutenção

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

Aprovada em 13 de janeiro de 2022

Membros da banca

Mestre - Cristiano Luís Turbino de França e Silva - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutora - Irce Fernandes Gomes Guimarães - Universidade Federal de Ouro Preto
Mestre - Davi das Chagas Neves - Universidade Federal de Ouro Preto

Cristiano Luís Turbino de França e Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 13/01/2022



Documento assinado eletronicamente por **Cristiano Luis Turbino de Franca e Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/01/2022, às 18:26, 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 **0268147** e o código CRC **13695DBC**.

Dedico este trabalho à minha amada família, que sempre parece acreditar mais em mim do eu seria capaz.

Agradecimentos

Agradeço à minha família por ser sempre incentivo nos momentos de incerteza.

Ao meu orientador, Cristiano, pelo conhecimento transmitido, e pelo entusiasmo acerca dos temas que lecionou.

Aos professores e professoras que tive durante a graduação, que me transmitiram um ensino de qualidade e expandiram meus horizontes.

A meus amigos pela convivência, apoio e principalmente por tonarem esta a melhor época de minha vida até agora.

“A necessidade é a mãe da invenção”

Ohno

Resumo

O trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo de um sistema para gerenciamento das informações geradas durante a execução de serviços em manutenção aplicado no ambiente de manutenção industrial. O local de estudo foi uma grande empresa do setor de mineração, fazendo a avaliação dos métodos de retorno das informações dos serviços realizados pelos executantes, propondo um fluxo padrão para retorno das informações e modelando um sistema. Para isso foi feito um referencial teórico de sistema de informação e manutenção industrial. Foi realizado um estudo de campo, com natureza aplicada e abordagem qualitativa através de uma pesquisa exploratória. Após a análise da situação de perda das informações geradas durante a execução dos serviços, é proposto um sistema que impeça a perda de informações e tenha respostas automáticas programadas para os desvios que forem encontrados. A aplicação da solução pode levar ao alcance de resultados como se ter a totalidade dos desvios encontrados com uma resposta sistematizada e ao mesmo tempo permitir ações adicionais dos agentes interessados.

Palavras-chave: Manutenção industrial, engenharia de manutenção, sistemas de informação, modelagem de sistemas, ordens de serviço.

Abstract

This work presents the development of a management system model for information generated by the execution of maintenance services in the industrial maintenance environment. The study site was a big mining company, evaluating the methods for returning information from the services performed by the performers, proposing a standard flow for returning information and modeling a system. For this, a theoretical information system and industrial maintenance framework was made. It was carried out a field study, of applied nature and a qualitative approach through an exploratory research. After analyzing the situation of loss of information generated by the execution of services, a system that prevents the loss of information and has automatic responses programmed for any deviations found is proposed. The application of the solution can lead to the achievement of results such as having all the deviations found with a systematized answer and, at the same time, allowing additional actions by interested agents.

Keywords: Industrial maintenance, maintenance engineering, information systems, systems modeling, work orders.

Lista de abreviaturas e siglas

TPM	Total Productive Maintenance
ERP	Enterprise Resource Planning
SI	Sistema de Informação
TI	Tecnologia da Informação
UML	Unified Modeling Language
BD	Banco de Dados
SGDB	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SQL	Structured Query Language
NBR	Norma Brasileira
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
D	Disponibilidade
TMPR	Tempo Médio Para Reparo
OS	Ordem de Serviço
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
MPCI	Módulo de Processamento e Comunicação Integrado

Lista de ilustrações

Figura 1 – Componentes de um sistema de informação	14
Figura 2 – Relação entre processos de negócios, sistemas de informação e tecnologia da informação	14
Figura 3 – Modelo cascata	16
Figura 4 – Modelo cascata	16
Figura 5 – Modelo cascata	18
Figura 6 – Fluxos de processo	19
Figura 7 – Modelo cascata	20
Figura 8 – Modelo prototipação	21
Figura 9 – Modelo espiral	22
Figura 10 – Diagrama de classes	23
Figura 11 – Diagrama de classes	24
Figura 12 – Fluxos de processo	26
Figura 13 – Diagrama de classes	27
Figura 14 – Modelo de ordem de serviço	32
Figura 15 – Modelo de folha de verificação	33
Figura 16 – Exemplo de checklist	33
Figura 17 – Estrutura matricial	34
Figura 18 – Diagrama de fluxo de dados	35
Figura 19 – Diagrama de atividades	40
Figura 20 – Tela do módulo MPCÍ	41
Figura 21 – Tela 1, recebimento das OS	42
Figura 22 – Tela 2, atividades da OS selecionada	43
Figura 23 – Tela 3, detalhamento da atividade	44
Figura 24 – Tela 4, abertura de uma pendência	45

Sumário

	Lista de ilustrações	10
1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Sistemas de informação	13
2.1.1	Engenharia de Software	15
2.1.2	Processo de Software	17
2.1.3	Diagramas de modelagem	19
2.1.4	Metodologias ágeis	24
2.1.5	Banco de dados relacional e SGDB	26
2.2	Manutenção industrial	27
2.2.1	Tipos de manutenção	28
2.2.2	Confiabilidade, disponibilidade e manutenabilidade	30
2.2.3	Coleta de dados na manutenção	31
2.2.4	Estrutura organizacional da manutenção	33
3	METODOLOGIA	36
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
4.1	Análise na empresa	37
4.2	Modelagem do sistema	38
4.2.1	Módulo MPCÍ	41
4.2.2	Aplicativo OS Mobile	42
4.3	Vantagens da aplicação da solução	46
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	REFERÊNCIAS	48

1 Introdução

O nível de competitividade exigido para que as empresas se mantenham no mercado levam a necessidades cada vez maiores de eficiência nos seus processos e redução de custos para operação. Nesse contexto, a manutenção deve ser encarada como função estratégica, pois além de a ela estar relacionada grande parte dos custos, a sua execução não adequada pode levar a efeitos como desgaste prematuro de componentes, retrabalho, defeitos nos produtos finais, possíveis consequências sobre a imagem da empresa e indisponibilidade de equipamentos e instalações.

Novas filosofias de trabalho vem sendo difundidas na manutenção na tentativa de se sair de um patamar reativo para um preventivo ou até mesmo preditivo, impulsionadas por conceitos como a manutenção preventiva total, a chamada TPM (*Total Productive Maintenance*).

Além disso, ferramentas importantes da tecnologia da informação vem sendo cada vez mais empregados para alcance de objetivos como redução de desperdícios e aumento da confiabilidade, seja nas operações, seja na manutenção de instalações e equipamentos. Na manutenção, algumas ferramentas já são amplamente utilizadas, como os sistemas ERP (da sigla em inglês *Enterprise Resource Planning*), bancos de dados para análise de falhas e sensores para monitoramento online e preditivo.

Apesar de todos os esforços empreendidos para a implantação de uma manutenção de qualidade e da perceptível melhora observada nas ultimas décadas, problemas relacionados à manutenção, em especial aqueles que geram reincidência de defeitos, ainda representam grandes ônus para empresas.

Nesse contexto, ainda existe um amplo campo para o desenvolvimento de novas ferramentas ou para a melhoria das ferramentas existentes no intuito de melhorar a qualidade da manutenção de uma forma geral, assim, o presente trabalho tem o objetivo geral de desenvolver uma proposta de um sistema de informação que trabalhe em conjunto com o sistema informatizado de manutenção de uma grande empresa do setor de mineração na etapa de tratativa das informações geradas após a execução dos serviços de manutenção.

Para alcance do objetivo geral, são proposto os seguintes objetivos específicos: avaliar os métodos de retorno das informações dos serviços realizados pelos executantes de manutenção nos diversos setores da empresa; propor um fluxo padrão para retorno das informações; modelar um sistema que permita que o fluxo padrão citado seja cumprido e possa ser integrado ao atual sistema informatizado de manutenção utilizado pela empresa.

2 Referencial teórico

Nesta seção serão apresentados conceitos relacionados a sistemas de informação e às ferramentas necessárias ao seu desenvolvimento. São apresentados também conceitos relacionados à manutenção industrial para contextualização de como os sistemas de informação se inserem nesse ambiente.

2.1 Sistemas de informação

Segundo Stair e Reynolds (2016), o Sistema de Informação (SI) é formado por um conjunto de componentes inter-relacionados, para aquisição, armazenamento e saída de dados, que através de uma reações corretivas, chamadas de mecanismos de realimentação, auxiliam a organização a alcançar seus objetivos.

Uma definição semelhante é feita por Laurindo (2008), na qual um SI além de ser um conjunto organizado de componentes para coleta, transmissão, armazenamento e processamento de dados, deve fornecer informação voltada para ação.

Os SI tem representado uma tendência estratégica ao redor do mundo, se tornando aplicativos cada vez mais interativos com capacidade de atingir a objetivos dos negócios e integrando setores e permitindo acesso a conteúdos de mídia, desenvolvidos e comercializados sob demanda, em tempo real e à distância (TURBAN; VOLONINO, 2013).

Ainda para o mesmo autor, os SI tem como infraestrutura de base a tecnologia da informação (TI), sendo que todas as informações do negócio passam por ela, desde comércio, logística, recursos humanos, negócios e estratégia corporativa. Essas tecnologias ganham nova importância em contexto onde as empresas veem uma nova necessidade de agir forma ágil, ou seja, com capacidade de adaptar rapidamente a mudanças, processo impulsionado novamente pela migração em massa dos usuários de computadores para dispositivos móveis, fato que expandiu o escopo dos SI para além dos limites tradicionais das organizações.

Entre as etapas necessárias para o funcionamento de SI estão: a entrada de dados, que pode ser automática ou manual e consiste em reunir captar e reunir dados brutos; o processamento, que significa transformar os dados em um resultado útil, que normalmente é armazenado; e a saída, que é a utilização dos resultados na forma de informação que auxilie na tomada de decisões, comumente apresentada na forma de documentos e relatórios. Além disso, após a saída pode haver um feedback que corrija dados na entrada que forneceram um resultado atípico na saída, baseado em regras preestabeleciadas que são avaliadas na etapa de processamento (STAIR; REYNOLDS, 2016).

Um esquema dos componentes de um SI e suas interações pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Componentes de um sistema de informação

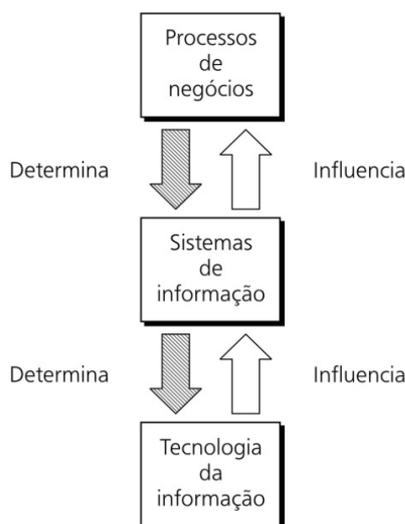


Fonte: Stair e Reynolds (2016)

Uma distinção importante a ser feita é entre os conceitos de Tecnologia da Informação (TI) e SI. Para alguns autores o termo TI é mais abrangente, envolvendo além dos SI, a infraestrutura de suporte, técnicas de implementação, recursos de disponibilização da informação, entre outros fatores. Há no entanto uma ambiguidade na definição e outros autores consideram a TI como a parte técnica dos SI, o que inclui hardware, software, redes, etc, funcionando assim como um subsistema. Podemos considerar essa última definição quando analisamos a relação entre os negócios, os SI e a TI, na qual os processos de negócio determinam os SI, que por sua vez determinam quais recursos tecnológicos serão necessários, conforme apresentado na figura a seguir (AUDY; ANDRADE; CIDRAL, 2007).

Um exemplo de imagem pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Relação entre processos de negócios, sistemas de informação e tecnologia da informação



Fonte: Audy, Andrade e Cidral (2007)

2.1.1 Engenharia de Software

Para Pressman e Maxim (2021), um software é um elemento mais do ambiente lógico que físico e é constituído por programas de computador, que ao serem executados desempenham funções desejadas através da manipulação do produto mais importante da nossa era, a informação. Os softwares podem pertencer a sete categorias: software de sistema, que são programas feitos para atenderem outros programas; software de aplicação, programas independentes que atendem necessidades específicas; software de engenharia/científico, que incluem uma variedade de programas de cálculo e análise; software embarcado, residente em um outro sistema para atender funções específicas do usuário ou do próprio sistema; software para linha de produtos, projetado para utilização de muitos clientes diferentes, ou consumidor de massa; aplicações web/aplicativos móveis, tecnologia voltada às redes com aplicações diversas e ampla utilização em navegadores e dispositivos móveis; software de inteligência artificial, desenvolvidos para solucionar problemas complexos com a utilização de heurísticas.

Para esse mesmo autor, a engenharia de software é a disciplina que engloba os processos, métodos e ferramentas necessários para o desenvolvimento de sistemas baseados em computador, tendo cinco atividades estruturais: comunicação, planejamento, modelagem, construção e entrega.

Segundo Hiram (2011), o termo "Engenharia de Software" foi cunhado em 1969 por Fritz Bauer, que teria dito:

A Engenharia de Software é o estabelecimento e uso de sólidos princípios de engenharia a fim de obter um software que seja confiável e que funcione de forma econômica e eficiente em máquinas reais.

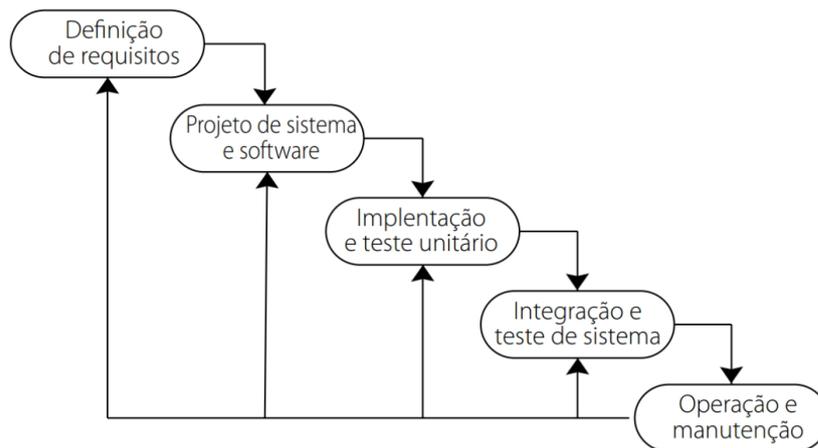
Para esse mesmo autor, a engenharia de software segue os mesmos princípios de uma disciplina de engenharia tradicional e busca entregar um produto funcional e eficiente segundo uma relação de custo/benefício desejada, sendo uma tecnologia baseada em quatro camadas: camada de qualidade, camada de processos, camada de métodos e camada de ferramentas.

Já para Moraes e Zanin (2017), a engenharia de software é uma disciplina da Ciência da Computação, sendo um processo colaborativo que necessita de conhecimentos multidisciplinares com diversas atividades distintas sendo executadas em conjunto. É extremamente importante, ainda mais quando se considera uma sociedade cada vez mais dependente de softwares. No entanto, o processo de desenvolvimento de softwares nem sempre foi bem estruturado, o que levava a entregas com qualidade inferior à desejada, grande número de erros e dificuldades para a manutenção. A partir do aumento da preocupação com a adequação dos processos de desenvolvimento, a engenharia de softwares passou a incorporar setores como análise de requisitos, análise de sistemas, desenvolvimento, testes e implantação.

Para essa mesma autora, o processo de desenvolvimento de softwares evoluiu ao longo do tempo, sendo iniciado com um tipo de modelo chamado de cascata. Neste modelo, as atividades eram realizadas de forma sequencial, sendo uma etapa iniciada somente após a conclusão da anterior.

Um exemplo de modelo cascata pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Modelo cascata

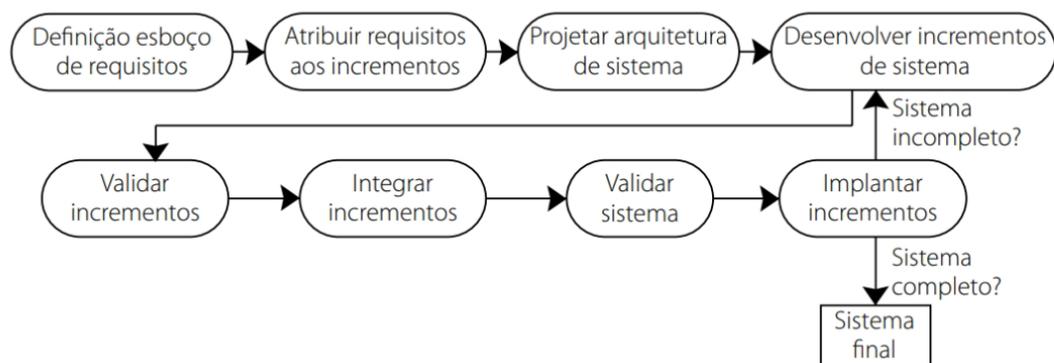


Fonte: Moraes e Zanin (2017)

Em seguida, começaram a ser desenvolvidos os modelos incrementais. Neste tipo de modelo, são desenvolvidas pequenas partes do sistema com entregas rápidas, no intuito de que desde o início do processo, os desenvolvedores já tenham feedbacks dos clientes (MORAIS; ZANIN, 2017).

Um exemplo de modelo de entrega incremental pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Modelo cascata



Fonte: Moraes e Zanin (2017)

2.1.2 Processo de Software

Para Schach (2010), processo de software é a maneira pela qual produzimos um software, abrangendo as metodologias, o modelo de ciclo de vida, técnicas subjacentes, ferramentas utilizadas e sobretudo os indivíduos que o estão criando.

Para o mesmo autor, empresas diferentes realizam processos de software diferentes no diz respeito à tomada de decisão em fatores como a documentação que será gerada para explicação do software para o cliente, os tipos de ensaio que serão realizados, a intensidade dos testes e manutenção pós entrega.

Schach (2010) cita ainda os principais processos de software existentes, são eles:

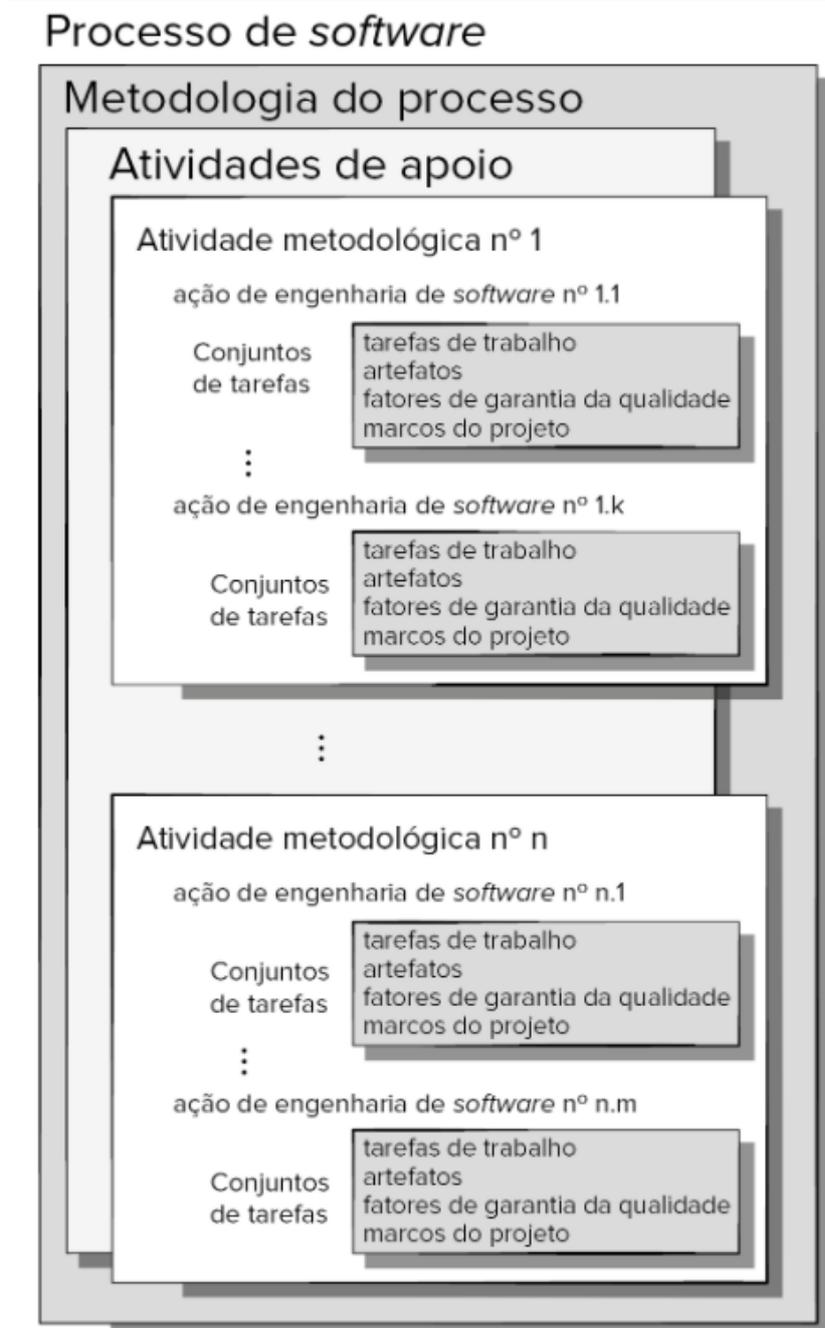
- a) processo unificado: principal metodologia atual de orientação a objeto, sendo adaptável de acordo com o tipo de software a ser desenvolvido;
- b) interação e incrementação no contexto do paradigma de orientação a objetos: utiliza modelagem de forma completa com conjuntos de diagramas que representam aspectos do produto de software a ser desenvolvido;
- c) fluxo de Trabalho de Levantamento de Necessidades: tem foco na determinação das necessidades do cliente para buscar o desenvolvimento de um produto que traga aquilo que for essencial e não traga custos excessivos de desenvolvimento;
- d) fluxo de Trabalho de Análise: busca refinar as exigências do cliente para compreensão das necessidades fundamentais no intuito de fornecer um produto correto e de fácil manutenção;
- e) fluxo de Trabalho de Projeto: mostra de forma clara como o produto irá desempenhar as funções requeridas pelo cliente e assim pode ser entregue para os programadores um material que seja de fácil compreensão para a implementação;
- f) fluxo de Trabalho de Implementação: tem por objetivo implementar o produto de software nas linguagens escolhidas. Os programadores produzem paralelamente seus componentes e depois os subsistemas são compostos no produto de final;
- g) fluxo de trabalho de testes: testes são realizados paralelamente a outros fluxos desde o início do desenvolvimento. Dois aspectos fundamentais são considerados: cada desenvolvedor é responsável por garantir que sua parte do trabalho esteja correta e após a confirmação de que o trabalho está correto os artefatos de software são repassados para equipes independentes de testes.

Para Pressman e Maxim (2021), a construção de software é um processo social e iterativo, que do ponto de vista técnico pode ser enquadrado dentro de uma metodologia para a execução das atividades que resultarão no produto “software”, o qual espera-se que seja de alta qualidade. O conceito de processo de software pode ser confundido com o de engenharia de software, no entanto, o processo é a abordagem utilizada pelos engenheiros para a elaboração do produto, contendo as atividades metodológicas que são compostas

por conjuntos de ações de engenharia de software, conforme esquematizado na figura a seguir:

Um exemplo de processo de software pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Modelo cascata



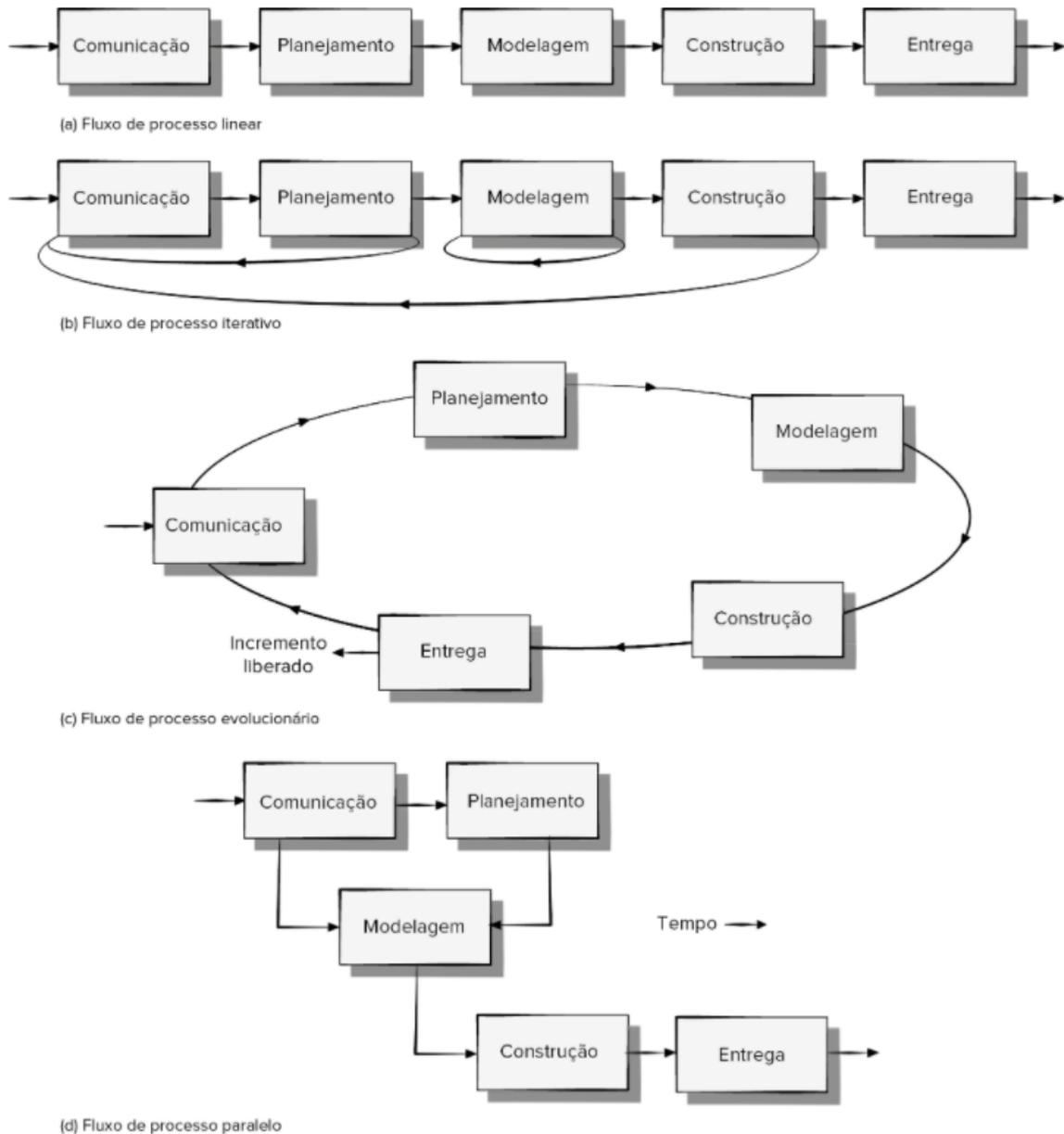
Fonte: Pressman e Maxim (2021)

Para esse mesmo autor, um processo genérico de desenvolvimento pode ser estabelecido em cinco atividades metodológicas organizadas dentro de um fluxo de processo, sendo

que esse fluxo pode ser linear, iterativo, evolucionário ou paralelo. Essas atividades são: comunicação, planejamento, modelagem, construção e entrega.

As formas como um fluxo de processo pode ser organizado são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Fluxos de processo



Fonte: Pressman e Maxim (2021)

2.1.3 Diagramas de modelagem

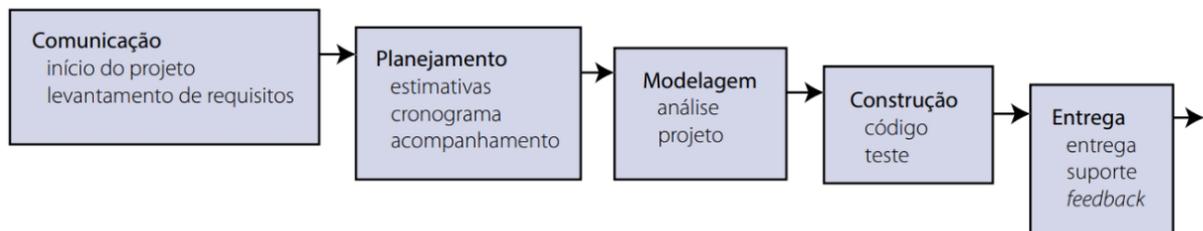
Uma das ferramentas mais utilizadas na engenharia de software é a modelagem. Os modelos permitem que os desenvolvedores tenham uma representação inicial do sistema

em desenvolvimento, o que auxilia na percepção e eliminação de erros antes que eles se propaguem pelo projeto. O enfoque atual, diferentemente do clássico, traz uma análise do sistema orientada a objetos, tendo cada tipo de objeto suas próprias características, representadas por atributos (dados do objeto) e operações (ações que aquele tipo de objeto pode executar). Esse tipo de abordagem facilita a compreensão por permitirem a associação de conceitos complexos a objetos do mundo real (MORAIS; ZANIN, 2017).

Essa mesma autora cita três tipos de modelos tradicionais: modelo em cascata, modelo prototipação e modelo espiral. O modelo em cascata foi o primeiro a ser utilizado no desenvolvimento de softwares e tem esse nome por ser um processo sequencial no qual não se pode retornar a uma etapa depois que ela tenha sido dada como finalizada.

Um exemplo de modelo cascata aplicado na modelagem é apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Modelo cascata

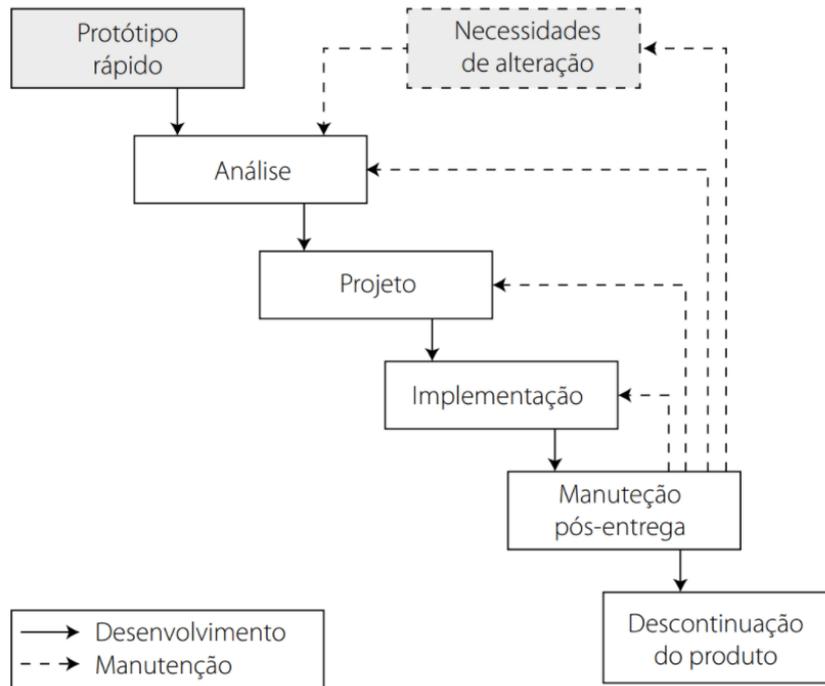


Fonte: Moraes e Zanin (2017)

O modelo prototipação é semelhante ao cascata no que diz respeito a definição das etapas, porém ele característica própria que é a criação de um protótipo no início do processo de desenvolvimento, após um primeiro contato com o cliente, para que todas as partes tenham uma ideia inicial de como o software irá funcionar (MORAIS; ZANIN, 2017).

Um exemplo de modelo prototipação é apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Modelo prototipação



Fonte: Moraes e Zanin (2017)

O modelo espiral é uma junção dos dois modelos anteriores com o advento de uma análise criteriosa de riscos ao final de cada etapa. Esse modelo também conta com etapas bem definidas e prototipações não somente no início do projeto, mas também ao final de cada fase, o que leva a um alto custo de execução (MORAIS; ZANIN, 2017).

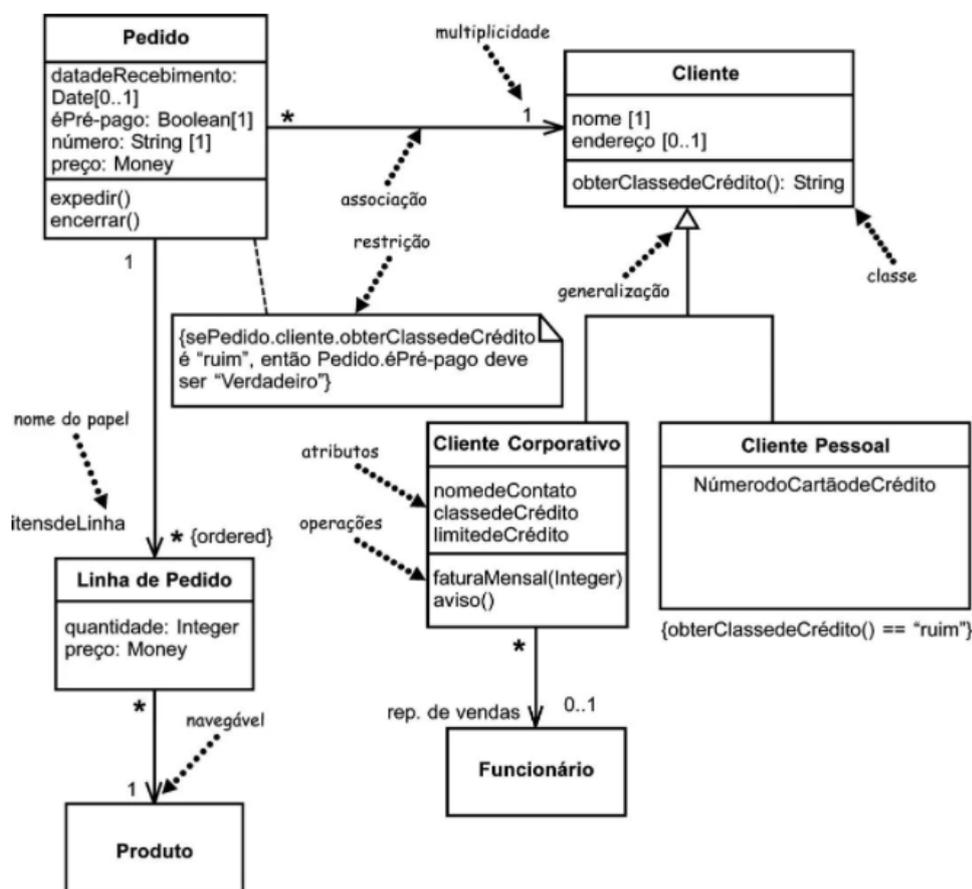
Um exemplo de modelo espiral é apresentado na Figura 9.

pode ser utilizada como linguagem de programação.

Ainda para Fowler (2005), os modelos UML são apresentados através de diagramas, sendo o mais comum entre eles o diagrama de classes. Est tipo de diagrama descreve os tipos de objetos presentes no sistema e também os relacionamentos entre eles. Os objetos, por sua vez, possuem propriedades que são as características estruturais da classe a que esses objetos pertencem. As propriedades se apresentam na forma de atributos ou associações. Os atributos aparecem descritos em texto dentro da caixa da classe e as associações são representadas por linhas cheias unindo duas classes.

Um exemplo de diagrama de classes é apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Diagrama de classes

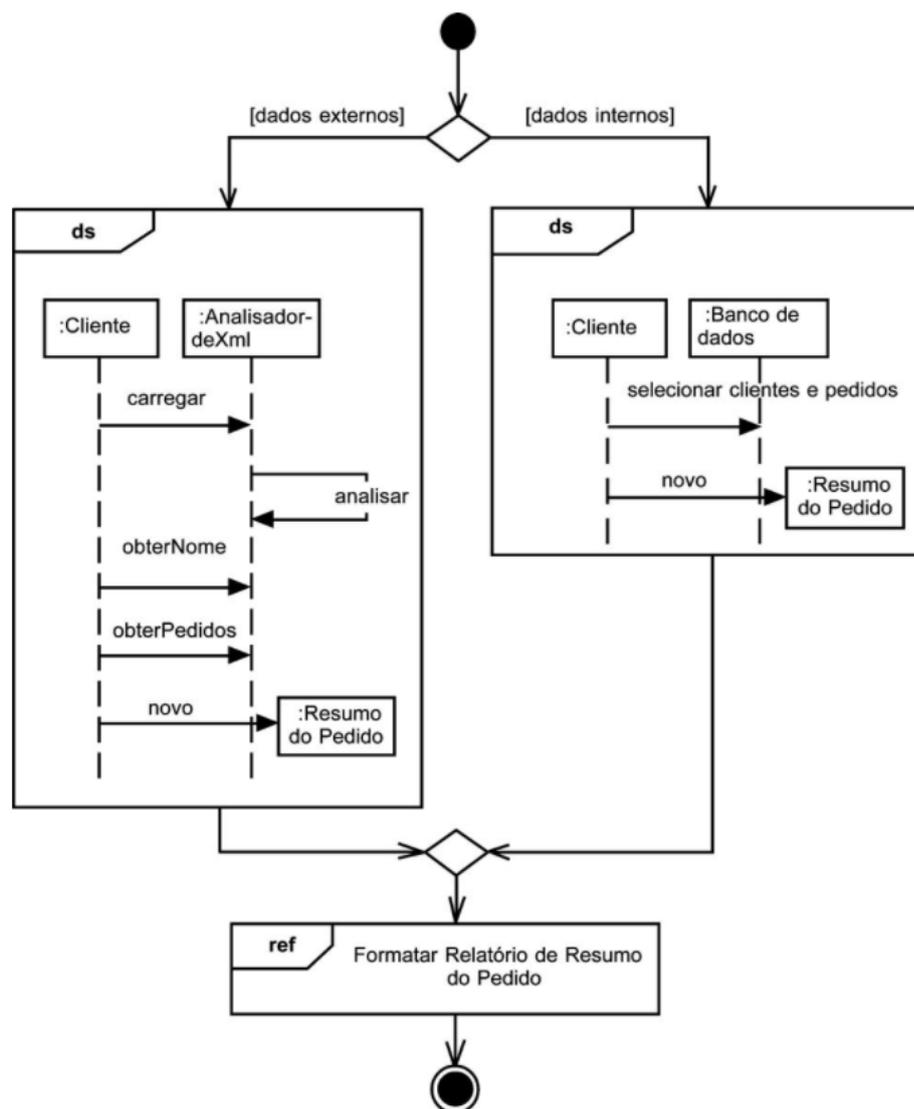


Fonte: Fowler (2005)

Apesar de o diagrama de classes ser o mais comum, existem diversos outros tipos utilizados na UML, como: Diagrama de Sequência, Diagrama de Objetos, Diagrama de Pacotes, Diagramas de Instalação, Diagramas de Máquina de Estados, Diagrama de Atividades, Diagrama de Comunicação, Estruturas Compostas, Diagramas de Componentes, Diagramas de Visão Geral da Interação e Diagramas de Temporização (FOWLER, 2005).

Um exemplo de diagrama de visão geral da interação é apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Diagrama de classes



Fonte: Fowler (2005)

2.1.4 Metodologias ágeis

Para Vetorazzo (2018), existem diversos processos de desenvolvimento de software, sendo que todos possuem as seguintes etapas fundamentais: especificação de software, projeto e implementação de software, validação de software e evolução de software. Com uma crescente necessidade de velocidade na execução dessas etapas, sendo ainda necessário manter a qualidade para atendimento à satisfação do cliente, métodos ágeis foram desenvolvidos. Usando esses métodos, não se espera o software estar integralmente pronto para se fazer entregas aos clientes, mas são feitas entregas intermediárias e, de acordo com os feedbacks dos clientes, as funcionalidades seguintes do sistema são incrementadas

Para Filho e Pádua (2019), os métodos ágeis são um conjunto diferentes caracterizadas

por princípios comuns, baseadas no trabalho colaborativo e documentação escrita. Os princípios foram reunidos em um documento chamado Manifesto Ágil, se traduzindo nos seguintes valores e atitudes:

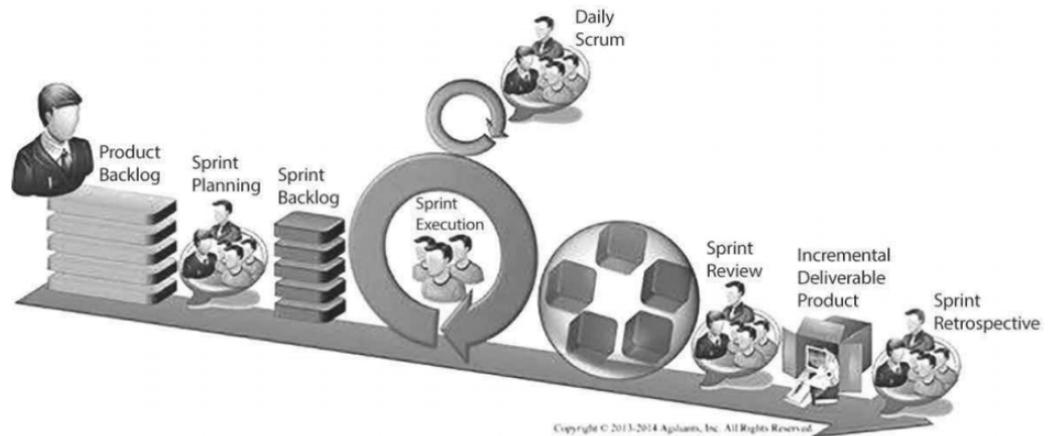
- a) indivíduos e interações, em relação a processos e ferramentas;
- b) software funcional, em relação à documentação abrangente;
- c) colaboração com o cliente, em relação a negociações contratuais;
- d) resposta à mudança, em relação a seguir planos;
- e) satisfazer o cliente com entregas rápidas e frequentes de software útil;
- f) a funcionalidade é a principal medida de progresso;
- g) mesmo alterações tardias de requisitos são bem-vindas;
- h) colaboração próxima e diária entre gerentes e desenvolvedores;
- i) comunicação face a face, facilitada pela colocação;
- j) ênfase na confiança em pessoas motivadas;
- k) atenção contínua à excelência técnica e ao bom desenho;
- l) simplicidade;
- m) equipes auto-organizadas;
- n) adaptação rotineira a mudanças de circunstâncias.

Entre os métodos ágeis mais utilizados, podemos citar o Scrum, que é um framework utilizado para a solução de problemas complexos e adaptativos. No Scrum os projetos são divididos em ciclos, chamados de sprints, nos quais as seguintes atividades devem ser executadas: requisitos, análise, projeto, evolução e entrega (VETORAZZO, 2018).

Para Filho e Pádua (2019), o Scrum é baseado no empirismo, ideia na qual o conhecimento provém da experiência e tomada de decisões. A abordagem do Scrum propõe três pilares: transparência, inspeções e adaptação. As equipes são chamadas de Time Scrum, várias reuniões são realizadas para se garantir a aplicação do método e ajustes devem ser realizados o mais cedo possível.

Um exemplo de ciclo do Scrum é apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Fluxos de processo



Fonte: Vetorazzo (2018)

2.1.5 Banco de dados relacional e SGDB

Um banco de dados pode ser definido como um conjunto de dados com um significado implícito e que atende a três características: deve ser uma representação de uma porção do mundo real, ou seja, é necessário haver uma fonte de informação; os dados devem ser compostos por conjuntos lógicos e ordenados, representando uma interação com o mundo real; deve ser constituído por dados que possuem determinado objetivo, possuindo aplicações desenvolvidas para manipulá-los e um público com tais interesses (ALVES, 2014).

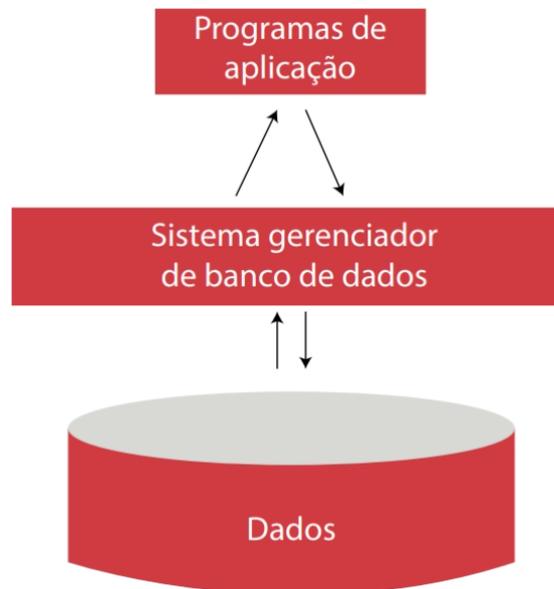
Para esse mesmo autor, os bancos de dados podem ser armazenados em uma ou várias mídias físicas e enquanto representam os dados em si, os sistemas de gerenciamento de bancos de dados (SGBD) são as ferramentas utilizadas para sua criação e manutenção, especialmente quando falamos de bancos de dados relacionais, que são aqueles que armazenam dados que estão relacionados entre si.

Para Silberschatz e Korth (2020), um SGDB é um conjunto de programas capaz de acessar uma coleção de dados inter-relacionados, com o principal objetivo de permitir a armazenagem e recuperação de informações de um banco de dados. São projetados para gerenciamento de grandes massas de informação e devem prover um funcionamento eficiente e seguro para os usuários.

Para Pichetti (2020), um SGBD é formado por um conjunto de softwares, que simplifica a experiência do usuário nas tarefas relacionadas a bancos de dados, o que inclui: criação, manipulação (inserção, alteração, inclusão), compartilhamento de dados, consultas estruturadas (amplamente utilizadas na elaboração de relatórios), acessos simultâneos de vários usuários, além da proteção da integridade dos dados.

Um exemplo dos componentes de um SGBD é apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Diagrama de classes



Fonte: Alves (2014)

Segundo Barboza e Freitas (2018), existem diversos SGBD no mercado, sendo que a escolha do mais adequado depende da aplicação a ser desenvolvida, do fluxo de acesso, do tipo de dado a ser armazenado e das necessidades dos profissionais do mercado.

Para o mesmo autor, os principais SGBDs relacionais disponíveis no mercado são:

- a) Oracle: sistema com foco no mercado empresarial que pode atender demandas tanto de pequeno como grande porte. Adota o modelo de dados relacional através da linguagem procedural/SQL;
- b) MySQL: tecnologia de código aberto e de uso muito simples, o que levou à sua popularização. Atualmente de propriedade da Oracle;
- c) Microsoft SQL: primeira versão do SQL Server, lançado em 1988 pela Microsoft como componente do sistema operacional Windows NT;
- d) PostgreSQL: banco de dados de licenciamento livre e do tipo relacional, tem um grande número de aplicações em sistemas WEB além de suportar tanto o sistema operacional Linux quanto o Microsoft Windows.

2.2 Manutenção industrial

Segundo Gregório e Silveira (2018) A manutenção pode ser entendida como o conjunto de ações necessárias para se manter um item em um estado no qual ele é capaz

de desempenhar a função para a qual foi destinado. Quando pensamos na manutenção industrial, esse conceito se traduz nas ações que a empresa desempenha para manter suas instalações e ativos de forma a evitar falhas e defeitos que tragam efeitos prejudiciais aos seus sistemas e subsistemas.

Para a mesma autora, a manutenção industrial tem seu início no século XVI, com o aumento da produção industrial e sofre evoluções de acordo com a demanda mundial motivada por fatores de grande importância como, por exemplo, a Segunda Guerra Mundial. Essas evoluções podem ser divididas em cinco gerações:

- a) primeira geração: período entreguerras, no qual a indústria era caracterizada por equipamentos simples e a manutenção consistia em serviços de limpeza, lubrificação e reparos pós quebra, ou seja, manutenções corretivas não programadas;
- b) segunda geração: entre 1950 e 1970 uma necessidade maior de disponibilidade, confiabilidade e produtividade levam ao surgimento do conceito de manutenção preventiva;
- c) terceira geração: a partir de 1970 com o advento de novas filosofias de produção, um novo nível de necessidade de monitoramento das condições dos ativos levou ao surgimento da manutenção preditiva;
- d) quarta geração: tida como um período de amadurecimento da terceira geração com busca de redução das manutenções corretivas e preventivas, advento das análises de falha e aumento da preocupação com segurança e meio ambiente;
- e) quinta geração: a partir de 2005, com foco na gestão ativos para alcance da capacidade máxima de produção e nova importância para a manutenção preditiva.

Ainda para Gregório e Silveira (2018), a manutenção possui como objetivos: planejar juntamente com a produção um cronograma de manutenção; conservar toda a instalação visando a minimização de custos; executar reparos e consertos no menor prazo possível; obedecer aos cronogramas ações rotineiras, para que as intervenções na produção sejam minimizadas; manter reuniões constantes com a produção para alinhamento sobre os problemas; verificar a incidência dos defeitos para atuar em suas causas. Quando esses objetivos são alcançados, a empresa se beneficia de resultados como: segurança, qualidade, confiabilidade e maior vida útil.

2.2.1 Tipos de manutenção

Para diferenciação entre os tipos de manutenção existentes, antes é necessário a compreensão de alguns termos. De acordo com Gregório e Silveira (2018), a NRB 5462 (Norma Brasileira), define os seguintes termos:

- a) qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente;

- b) função requerida: função ou combinação de funções de um item que são consideradas necessárias para prover um dado serviço;
- c) defeito: desvio de uma característica de um item em relação a seus requisitos;
- d) falha: evento caracterizado pelo término da capacidade de um item de desempenhar a função requerida;
- e) pane: o estado de item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida e, normalmente, ocorre depois da falha, mas também pode existir sem uma falha anterior.

Para Seleme (2015), a manutenção corretiva, também chamada de manutenção emergencial, ocorre quando o equipamento opera até apresentar uma pane e somente depois é realizado o trabalho de correção. É ainda um dos modos de manutenção mais aplicado, em especial naquelas empresas que não investem em uma filosofia mais moderna de manutenção. Geralmente ocorre de forma não planejada, em situações imprevisíveis e no próprio local de operação, requerendo uma ação urgente por parte da equipe de manutenção.

Para o mesmo autor, a manutenção corretiva pode ser classificada em cinco categorias principais: falha total-reparo, na qual o item não pode ser retornado a uma condição operacional e necessita ser substituído; recuperação, na qual são utilizadas peças reaproveitadas para substituir peças que não podem ser reparadas; reconstrução, na qual o equipamento é completamente desmontado e depois remontado com a substituição de peças que não podem ser reparadas; revisão, que consiste em inspeção e reparos visando a restauração do item ao ponto de atendimento à respectiva norma; manutenção, que pode ocorrer após um item ser reparado e ainda necessitar de algum procedimento de rotina, como, por exemplo, a troca de fluidos.

A manutenção preventiva, diferentemente da corretiva, visa eliminar ou reduzir a probabilidade de falhas nos equipamentos através de atividades executadas em períodos determinados pelos fabricantes ou pela engenharia. Alguns de seus principais objetivos são: aumentar a vida útil dos ativos, reduzir a quebra dos equipamentos, permitir um melhor planejamento das manutenções, minimizar as perdas de produção em função de falhas nos equipamentos e promover a saúde e segurança dos colaboradores que tem interface com os equipamentos e instalações. Esse tipo de manutenção pode ser executado de diversas formas, como: inspeções, através de comparação das características atuais com as desejáveis; manutenções periódicas como limpeza e lubrificação; calibração, para adequação de determinada característica a um padrão; testes para verificação de degradação; regulagem, para ajuste de elementos à especificação; instalação ou troca de itens de desgaste. É comum que esse modo de manutenção enfrente resistência de aplicação devido à seu custo e a não fornecer um resultado visivelmente imediato (SELEME, 2015).

A manutenção preditiva consiste no monitoramento de determinados parâmetros dos equipamentos de forma a estabelecer qual é o momento ideal para intervenção, ou seja,

a manutenção só deve ser realizada quando as instalações necessitarem, mas ao mesmo tempo, antes que uma falha chegue a ocorrer. É uma técnica com ampla utilização de sensores para aferição de grandezas como vibração, viscosidade, imagem térmica, entre outras técnicas não destrutivas. Visa melhorar a produtividade geral das plantas de produção e ao mesmo tempo garantir a qualidade dos produtos através do monitoramento direto dos equipamentos, sem depender de estatísticas de ciclo médio de vida. Para que a manutenção preditiva seja implantada em um setor, alguns requisitos devem ser cumpridos: apoio da gerência superior, funcionários dedicados e responsáveis, procedimentos de coleta de dados eficientes e banco de dados viável e disponível (SELEME, 2015).

2.2.2 Confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade

Segundo Fogliato (2009), o advento da economia globalizada e conseqüente aumento da demanda por produtos e sistemas de desempenho mais competitivo levou à necessidade de redução de falhas. Observando a manutenção industrial dentro desse contexto, três medidas se tornaram essenciais para avaliarmos o desempenho dos sistemas, são elas: confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade.

Para Seleme (2015), a confiabilidade é a probabilidade de um item (equipamento, circuito, máquina, peça, sistema, componente, etc.) operar sem apresentar falhas identificáveis durante um período de tempo especificado em seu projeto e deve ser esse o requisito básico de desempenho na indústria, pois impacta em fatores como qualidade do produto, rentabilidade e flexibilidade da capacidade de produção. Quando olhamos para as causas da perda de confiabilidade dos equipamentos, as mais comuns encontradas são: vendas e marketing, programação da produção, manutenção, práticas da produção, compras e engenharia da fábrica.

Para o mesmo autor, uma medida da confiabilidade pode ser expressa por λ sendo igual ao número de falhas ocorridas dividido pelo número de horas de operação, e, por sua vez, o tempo médio entre falhas (TMEF), pode ser expresso pela equação 2.1.

$$TMEF = (1/\lambda) \quad (2.1)$$

Ainda para Seleme (2015), a disponibilidade, pode ser entendida como a proporção de tempo em relação ao tempo total que o equipamento esteve disponível para a operação, ou seja, apto a operar sem nenhum problema. Considerando o tempo médio para reparo (TMPR) como a medida do tempo ocioso do equipamento, a disponibilidade (D) pode ser calculada pela equação 2.2.

$$D = (TMEF/(TMEF + TMPR)) \quad (2.2)$$

A manutenibilidade pode ser entendida como a probabilidade de se fazer com que um sistema retorne à suas condições de funcionamento dentro de um limite de tempo

desejado, nas condições e com os meios prescritos. Este conceito se relaciona diretamente às atividades do trabalho de manutenção, pois seu valor é determinado pelo menor tempo possível de reparação (SELEME, 2015).

2.2.3 Coleta de dados na manutenção

A coleta de dados na manutenção é de extrema importância para se levantar o índice de perdas em uma indústria e encontrar formas de agir sobre essas perdas. Segundo Gregório e Silveira (2018), os dados podem ser coletados de várias formas, como pelos próprios operadores, por especialistas de manutenção ou automaticamente via sistemas de informação.

Ainda para esse mesmo autor, uma importante forma de coleta de dados é a ordem de serviço (OS), mesmo que seu objetivo principal seja registrar a prestação de serviços de manutenção e em condições bem estruturadas nenhuma manutenção deveria ser realizada sem uma OS. A OS pode ser personalizada pela empresa de acordo com o nível de informações que devem ser repassado para os mantenedores ou que deve retornar após a manutenção.

Um modelo de ordem de serviço é apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Modelo de ordem de serviço

PCM	Departamento de Manutenção da Fábrica Modelo																		
	Divisão de Manutenção da Unidade A							Seção											
	Ordem de Serviço de Manutenção							Controle da O.S.											
Equipamento			Modelo		Classe de Segurança		Iniciar após:			Semana									
Fábrica	Ano	Eqto	Sequn.				Ano	Mês	Dia		Hora	Minuto							
Fabricante			Componente		Código de Material		Terminar antes de:												
							Ano	Mês	Dia	Hora	Minuto								
Serviço solicitado				C. Custo		Prioridade:													
Atividade 1		Classificação da Tarefa:			Atividade 2		Classificação da Tarefa:			Requisitante:									
											Sigla								
Atividade 3		Classificação da Tarefa:			Atividade 4		Classificação da Tarefa:				Sufixo								
											Aprovado por								
Procedimento de Manutenção a usar:				Procedimentos de Segurança a seguir:															
Atividade 1		Atividade 2		Atividade 1		Atividade 2													
Atividade 3		Atividade 4		Atividade 3		Atividade 4													
Data Programada				Data Iniciada				Data Encerrada				Data digitação							
Ano	Mês	Dia	Hora	Min.	Ano	Mês	Dia	Hora	Min.	Ano	Mês	Dia	Hora	Min.	Ano	Mês	Dia	Hora	Min.
Entrega do Equipamento para a Manutenção						Devolução do Equipamento para a Operação													
PCM		PCM		Operação		PCM		PCM		Operação									
Serviço Prestado e Ação Tomada																			
Atividade 1					Nh total					Atividade 2					Nh total				
Nível eqto.	Problema	Causa	Efeito	Ação															
Atividade 3					Nh total					Atividade 4					Nh total				
Nível eqto.	Problema	Causa	Efeito	Ação															
Descrição do Serviço Executado para Histórico																			
Comentários adicionais:															Término do Trabalho				
															Sigla				
															Executante				
															Supervisor				
															Aceitação do Trabalho				
															Sigla				
															Operador				
															Supervisor				

Fonte: Gregório e Silveira (2018)

Outras ferramentas de coleta de dados também são amplamente utilizadas, como folhas de verificação, que contém formulários de itens a serem verificados, e os checklists que, de forma geral, são utilizados para registro da conformidade ou não dos itens. Ambas as ferramentas podem ser personalizadas de acordo com as necessidades das empresas (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018).

Um modelo de folha de verificação é apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Modelo de folha de verificação

Item	Especificação	Desvio	Verificações												Frequência

Fonte: Gregório e Silveira (2018)

Um exemplo de checklist é apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Exemplo de checklist

ITENS A SEREM VERIFICADOS PELO OPERADOR DIARIAMENTE														
MÁQUINA PARADA					MÁQUINA EM FUNCIONAMENTO					Equip: C.U. ROMI D600 Patrimônio: C.C.: 3165 Relativo ao mês				
A - Nível de óleo - unidade hidráulica	B - Nível de óleo - unidade de lubrificação	C - Verificar unidade de conservação	D - Limpeza do reservatório da refrigeração*	E - Limpeza da Máquina	F - Cones das ferramentas	G - Filtro do Painel Elétrico	H - Proteções e coberturas articuladas	I - Pressão da unidade hidráulica	J - Pressão da bomba de refrigeração					
										* Conforme manual do equipamento, a limpeza do reservatório deve ser realizada semestralmente, ou antes deste período se necessário.				
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.
A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-
B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-
C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-
D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-
E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-
F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-
G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-
H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-
M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.
I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-
J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-
L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-
M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-
N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-
op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:
TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:
Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.

* A verificação desta deve ser firmada pelo líder do setor/turno ** Cada coluna é referente ao dia verificado ***Op: nº da chapa.

Fonte: Gregório e Silveira (2018)

2.2.4 Estrutura organizacional da manutenção

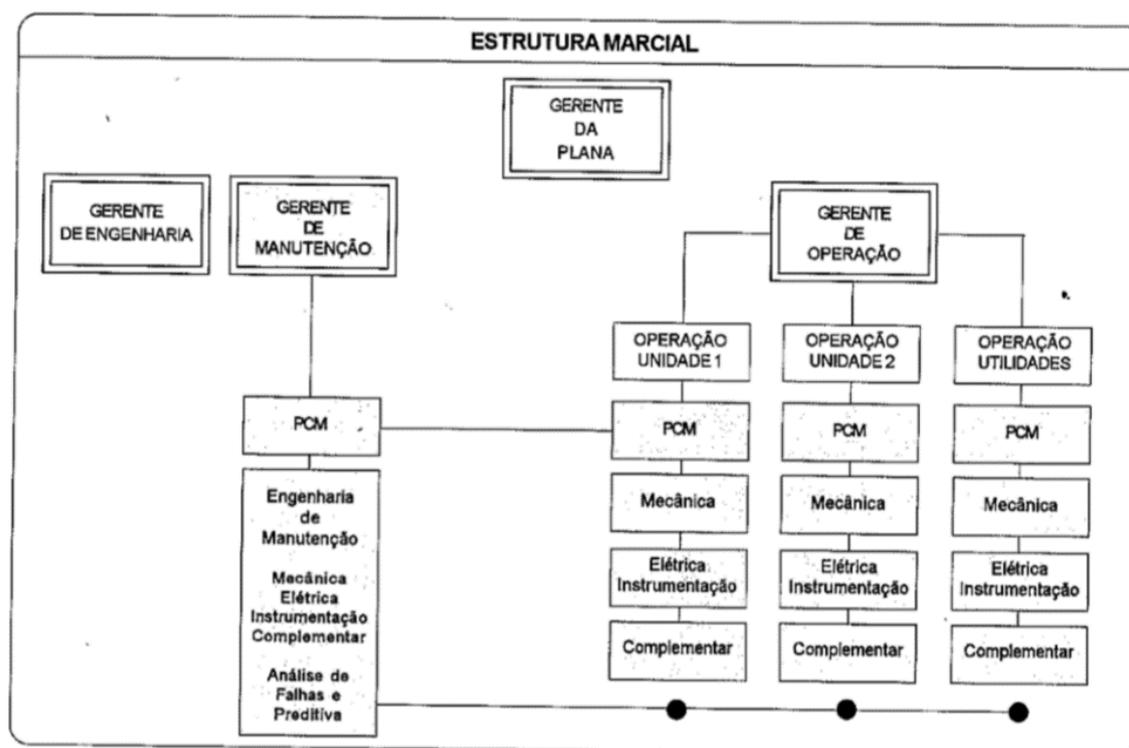
Para Kardec e Nascif (2009), apesar dos diferentes aspectos que envolvem a manutenção, a depender do setor em que é empregada, no entanto, as relações estruturais ou

organizacionais são muito semelhantes. A subordinação varia de acordo com o tamanho da empresa, sua política organizacional e o impacto das atividades de manutenção nos resultados gerais. As funções técnicas ficam reunidas, estando incluídas: manutenção, engenharia, inspeção e serviços gerais. A função pode tanto estar ligada à manutenção quanto à área administrativa.

Para o mesmo autor, no que diz respeito à forma de atuação, a manutenção pode ser centralizada, descentralizada ou mista. Além disso, ela pode ser composta por diversos setores, como elétrica, mecânica, instrumentação, automação, manutenção complementar e planejamento e controle da manutenção (PCM), podendo ainda incluir outras áreas como inspeção de equipamentos, suprimentos, ferramentaria, segurança do trabalho, engenharia de manutenção, contratação e manutenção de prédios e pátios. Além disso, a estrutura organizacional pode se apresentar de várias formas, sendo as mais comuns: em linha (tradicional), matricial e mista.

Um exemplo de estrutura matricial é apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Estrutura matricial



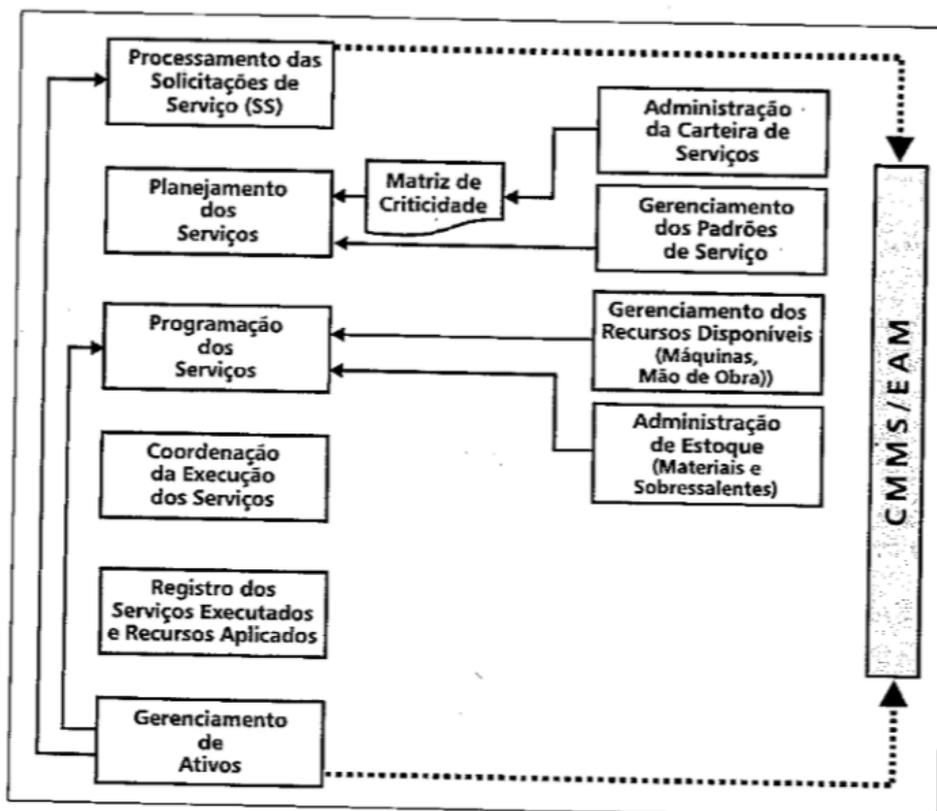
Fonte: Kardec e Nascif (2009)

Entre os setores que compõem a manutenção, há de se dar destaque para o PCM, pois é ele o responsável por harmonizar interação entre todos os processos. As responsabilidades do PCM incluem identificar claramente: quais serviços serão realizados, quando os serviços serão feitos, quais os recursos necessários para a execução dos serviços, qual o tempo

necessário para a realização de cada serviço, quais os custos unitários e globais envolvidos, quais materiais, máquinas e dispositivos serão necessários (KARDEC; NASCIF, 2009).

Um diagrama envolvendo as responsabilidades do PCM é apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Diagrama de fluxo de dados



Fonte: Kardec e Nascif (2009)

Ainda para Kardec e Nascif (2009), devido à grande carga de atividades e informações sob atribuição do PCM, é comum a utilização de softwares chamados Enterprise Resource Planning (ERP), que são comumente disponibilizados em módulos e são capazes de desempenhar funções como: processamento e solicitação de serviço, planejamento dos serviços (incluindo detalhamento, micro detalhamento, orçamento e facilitação), programação dos serviços, gerenciamento da execução, registro dos serviços e recursos, gerenciamento de equipamentos, administração da carteira de serviços, gerenciamento dos padrões de serviço, gerenciamento dos recursos, administração de estoques.

3 Metodologia

A descrição do tipo de pesquisa e instrumentos utilizados para o desenvolvimento do trabalho é baseado em Venazi et al. (2016):

- a) natureza: este trabalho é de natureza aplicada, pois tem como objetivo gerar uma proposta de aplicação que solucione um problema observado nos PCM de uma grande empresa na etapa de retorno e tratativa das informações geradas após a execução das OS;
- b) abordagem: a abordagem utilizada é qualitativa, com dados analisados indutivamente através da interpretação das características observadas no ambiente de desenvolvimento do trabalho;
- c) objetivos: através de uma pesquisa exploratória, é feita uma análise sobre os possíveis efeitos da utilização do sistema de informação proposto no fluxo de trabalho dos setores de manutenção da empresa modelo;
- d) procedimentos técnicos: é realizado um estudo de campo para construção das hipóteses com a utilização de entrevistas não direcionadas com planejadores de PCM e responsáveis técnicos de uma empresa do setor de mineração.

4 Apresentação e discussão dos resultados

Esta seção apresenta o cenário no qual a situação problema é observada e uma proposta de solução é feita baseada em um SI.

4.1 Análise na empresa

A empresa modelo para desenvolvimento do presente trabalho é uma empresa privada que figura entre as maiores mineradoras do mundo. Além da mineração, atua em logística, energia e siderurgia, estando presente em cerca de trinta países.

No Brasil, esta empresa possui usinas de beneficiamento de minério de ferro na Região Sudeste e Região Norte. Na região Sudeste, as instalações se localizam no Estado de Minas Gerais.

Para a realização deste trabalho, foram realizadas entrevistas não orientadas com responsáveis técnicos de equipes manutenção das áreas de elétrica, instrumentação e mecânica que atuam nas usinas de beneficiamento localizadas nas cidades de Itabira, Barão de Cocais, Ouro Preto, Mariana, Itabirito e Belo Horizonte.

Os técnicos entrevistados são responsáveis por equipes de manutenção compostas por quinze a trinta executantes. Todas as atividades de manutenção realizadas pelos executantes são orientadas por ordens de serviço (OS).

As OS são geradas através do sistema ERP utilizado pela empresa, pelos planejadores de PCM. Após a programação das OS, os planejadores as imprimem e repassam para os responsáveis técnicos que então as distribuem entre os executantes fornecendo as devidas orientações. É possível que durante a execução sejam observados desvios que impossibilitem a execução completa de um serviço, como falta de sobressalentes, falta de ferramentas ou equipamentos auxiliares, peças que aceitam ajuste por desgaste e precisam ser trocadas no futuro, equipamentos que ficam no limite dos valores aceitáveis de calibração indicando tendência de necessidade de troca, etc. Após a execução das OS, os executantes devem passar para os responsáveis técnicos as informações sobre a realização do serviço e desvios encontrados.

Durante as entrevistas, foi observado que não existe um método definido para retorno das informações sobre a execução das OS. Em algumas localidades as informações são repassadas verbalmente, em outras através de anotações no verso das OS impressas, em outros por e-mail, em outros pode até mesmo não haver o repasse. A falta de um método para retorno dessas informações leva a tratativas igualmente sem padrão e por muitas vezes à uma não tratativa, assim, alguns problemas observados pelos executantes podem ser negligenciados e se agravarem com o tempo, levando a falhas dos equipamentos e consequentes paradas das instalações. Segundo os responsáveis técnicos entrevistados, esses

efeitos se mostram recorrentemente na forma de defeitos em equipamentos que sofreram manutenções em tempos recentes, prejudicando os indicadores de TMEF e disponibilidade, apresentados respectivamente nas equações 2.1 e 2.2.

4.2 Modelagem do sistema

Analisando a situação problema de perda das informações geradas após a execução das OS e seu impacto nos indicadores de manutenção, é proposto como solução um SI que no qual sejam registradas todas as informações geradas pelos executantes e tenha respostas automáticas para os desvios que forem encontrados.

É utilizado como base o fluxo de processo evolucionário citado no capítulo 2.1.2, com as seguintes atividades propostas para cada etapa:

- a) comunicação: entrevistas com os clientes para confirmação nas funcionalidades desejadas para o software;
- b) planejamento: definição e cronograma das etapas de desenvolvimento;
- c) modelagem: elaboração de diagrama de atividades do software;
- d) construção: programação dos artefatos de software, orientada pela metodologia Scrum, em linguagem compatível com os sistemas já utilizados pela empresa;
- e) entrega: entregas incrementais com ajustes feitos conforme necessidades do cliente.

A seguir é descrito o modelo da proposta de solução composta por um aplicativo para dispositivos móveis, aqui chamado de "Aplicativo OS mobile", funcionando em conjunto com um Módulo de Processamento e Comunicação Integrado, aqui chamado de MPCCI, que por sua vez deve ter seu funcionamento integrado ao ERP da empresa.

Como apresentado na 1, um SI deve possuir uma entrada de dados, o processamento desses dados e uma saída. A entrada dos dados desse SI deverá ser feita pelo próprio sistema ERP da empresa. Após a programação da OS no ERP, esta deve ser enviada para o MPCCI. O MPCCI então deverá preparar a OS para que seja enviada para o Aplicativo OS Mobile acrescentando as informações que irão auxiliar o executante. Para preenchimento dessas informações, o MPCCI deve acessar um BD previamente configurado.

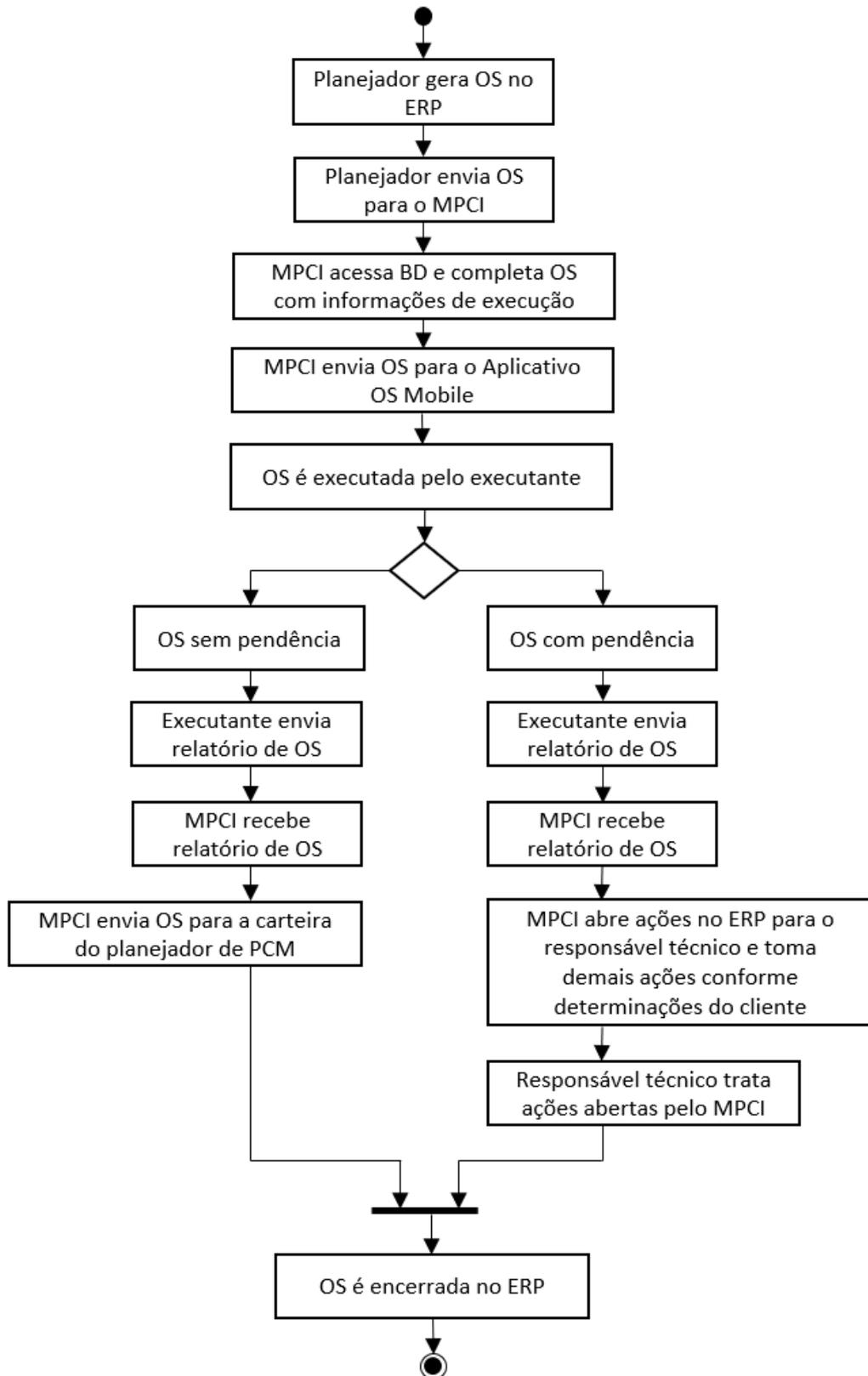
Após execução das OS e preenchimento das informações, os executante deve enviar o relatório da OS. Internamente o aplicativo compila as informações em um relatório contendo a execução ou não de todas as atividades e o envia para o MPCCI.

De acordo com as informações do relatório, o MPCCI deve realizar tratativas automáticas configuradas à critério do cliente. As OS que tiverem todas as suas atividades executadas sem registro de pendências devem ser enviadas para o planejador de PCM que poderá então realizar o seu encerramento no ERP. Caso o executante gere alguma pendência durante a execução de uma OS que não seja relacionada a um ativo crítico, poderá ser gerada uma ação automática no ERP sob responsabilidade do responsável

técnico da área. Caso seja aberta uma pendência relacionada a um ativo crítico, além de ser gerada uma ação automática para o responsável técnico, poderão ser configuradas ações adicionais, o envio automático de e-mail para uma lista previamente configurada contendo partes interessadas (PCM, supervisores, gerentes, etc) ou qualquer outra ação desejada pelo cliente.

Um diagrama de atividades da solução proposta é apresentada na Figura 19.

Figura 19 – Diagrama de atividades



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.1 Módulo MPCCI

A seguir é descrita a proposta de funcionamento do módulo MPCCI.

O MPCCI deverá funcionar como um elo entre o ERP utilizado pela empresa e o Aplicativo OS Mobile, sendo ainda conectado a um banco de dados próprio.

Após serem programadas no ERP (contendo atividades, tempo de execução, equipamentos auxiliares programados, etc) todas as OS deverão ser enviadas para o MPCCI. O módulo então deverá anexar a cada atividade da OS os arquivos armazenados no seu banco de dados que forem relacionadas previamente àquele tipo de atividade. Esses arquivos poderão incluir manuais, planos de trabalho, fotos, escalas de cores de comparação de características físicas, links para vídeos, etc (a definição de quais recursos anexar a cada tipo de atividade deve ser feita a critério do cliente). Após a preparação das OS, o planejador de PCM deverá selecionar quais OS serão enviadas para cada executante e então clicar em enviar.

Uma tela proposta para o módulo MPCCI é apresentada na Figura 20.

Figura 20 – Tela do módulo MPCCI

The screenshot displays the MPCCI module interface. At the top, there is a navigation bar with 'Menu', 'Editar', 'Exibir', and 'Ajuda'. Below this is a header for 'Aplicativo OS Mobile'. The main area features a table with columns for 'Número da OS', 'Descrição breve', and 'Status'. The table contains eight rows of work orders, with the fifth row highlighted in red. To the right of the table is a search panel with a text input field for the worker's ID, and buttons for 'Pesquisar', 'Limpar', and 'Selecionar'. Below these are buttons for 'Exibir itens selecionados' and 'Enviar OS selecionadas para o executante'. At the bottom, a status bar shows 'Status ERP: conectado', 'Status BD: conectado', and 'Usuário: 01234'.

	Número da OS	Descrição breve	Status
<input checked="" type="radio"/>	2021_01	Reapertar conexões BP1	Ag. execução
<input checked="" type="radio"/>	2021_02	Reapertar conexões BP2	Ag. execução
<input checked="" type="radio"/>	2021_03	Checar conj. hidráulico	Ag. execução
<input checked="" type="radio"/>	2021_04	Verificar filtros de óleo	Ag. execução
<input checked="" type="radio"/>	2021_05	Testar sensores M1	Ag. execução
<input type="radio"/>	2021_06	Reapertar conexões BP3	Executada
<input type="radio"/>	2021_07	Reapertar conexões BP4	Executada
<input type="radio"/>	2021_08	Reapertar conexões BP5	Executada

Fonte: Elaborado pelo autor

Internamente, o MPCCI deve executar as seguintes funções: fazer a comunicação com o ERP e com seu próprio BD, pesquisar OS cadastradas no banco de dados do ERP, pesquisar usuários no banco de dados da empresa e comunicar via internet com o Aplicativo OS Mobile.

Funções adicionais podem ser acrescentadas ao MPCCI à critério do cliente.

4.2.2 Aplicativo OS Mobile

Após as etapas de planejamento no ERP e preparação no MPCI, os executantes receberão em um aplicativo para dispositivos móveis todas as OS que deverão executar no dia.

Uma tela proposta para recebimento das OS é apresentada na Figura 21.

Figura 21 – Tela 1, recebimento das OS



Fonte: Elaborado pelo autor

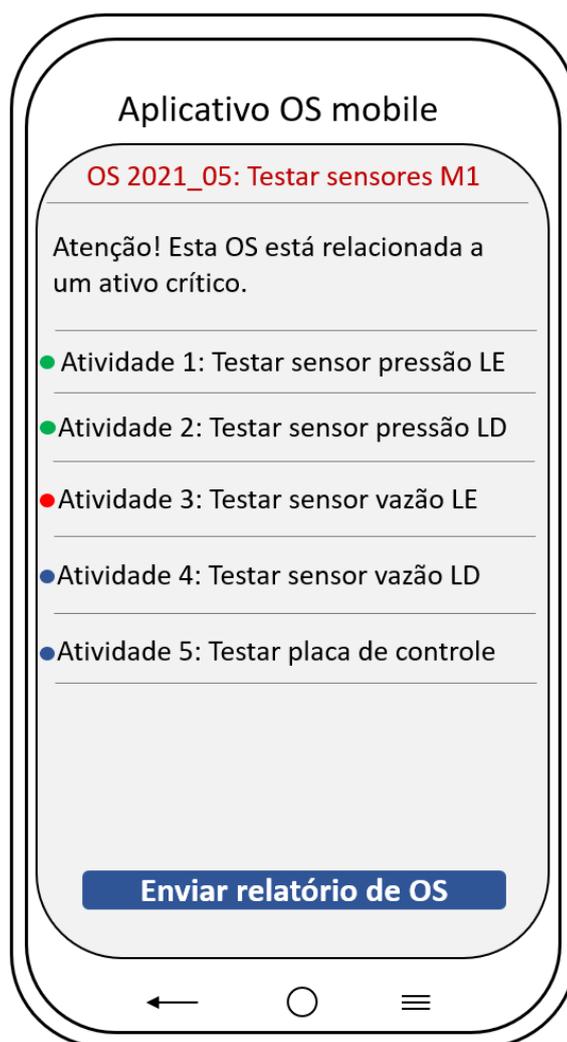
As OS ficarão listadas na tela inicial. Aquelas que tiveram seu relatório enviado pelo executante receberão uma marcação na cor verde. As OS que ainda não tiverem seu relatório enviado ficarão com a marcação na cor azul. As OS que merecerem algum destaque (se forem, por exemplo, relacionadas a um ativo considerado crítico para o negócio) serão apresentadas com o texto em vermelho.

Como apresentado na 14, as ordens de serviço são estruturadas em sequências de

atividades. Ao clicar em qualquer OS na Tela 1, o executante será direcionado para a tela de atividades da OS.

Uma tela proposta para listagem das atividades da OS selecionada é apresentada na Figura 22.

Figura 22 – Tela 2, atividades da OS selecionada



Fonte: Elaborado pelo autor

Para que o botão "Enviar relatório de OS" seja habilitado, o executante deverá realizar o envio de todas as atividades. As atividades enviadas sem nenhuma pendência receberão a marcação na cor verde. As atividades enviadas, porém com alguma pendência, receberão a marcação na cor vermelha. As atividades não enviadas permanecerão com a marcação na cor azul. Caso não haja mais nenhuma atividade com marcação azul, o botão "Enviar relatório de OS" ficará habilitado e ao ser clicado, um relatório de execução daquela OS será enviado para o MPCI.

Ao clicar em qualquer atividade, o executante será direcionado para a Tela 3, contendo detalhes da atividade.

Uma tela proposta para detalhamento das atividades da OS é apresentada na Figura 23.

Figura 23 – Tela 3, detalhamento da atividade



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tela 3, o executante receberá primeiramente um breve descritivo sobre como a atividade deverá ser executada. Será apresentado um botão na cor verde onde o executante poderá consultar todos os materiais de apoio anexados pelo MPCCI durante a etapa de preparação. Um botão na cor laranja poderá se configurado para as atividades que exigirem folhas de verificação ou checklists, apresentados respectivamente nas figuras 15 e 16. Caso o executante execute a atividade conforme previsto, ele poderá clicar no botão em azul "Enviar atividade". Caso o executante não possa executar a atividade por qualquer motivo que seja (indisponibilidade do equipamento para manutenção, falta de peças

sobressalentes, falta ferramentas ou equipamentos auxiliares, etc), ele deverá abrir uma pendência para atividade clicando no botão em vermelho, sendo direcionado para a Tela 4.

Uma tela proposta para abertura de uma pendência em uma atividades é apresentada na Figura 24.

Figura 24 – Tela 4, abertura de uma pendência



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tela 4, o executante deverá descrever a condição que impediu a execução da atividade. Como opcional, poderá anexar fotos do local ou do equipamento evidenciando a condição encontrada e gerando registro que facilite o planejamento para sua correção. Após preencher as informações, o executante poderá clicar no botão em azul "Registrar pendência".

4.3 Vantagens da aplicação da solução

Caso seja aplicada a solução, com um completo mapeamento de todas as atividades de manutenção executadas pela empresa, um abastecimento adequado do banco de dados do MPCCI e um correto treinamento de todos os executantes na utilização do Aplicativo OS Mobile, a empresa poderá alcançar o resultado de ter cem por cento dos desvios encontrados durante a execução das OS com uma tratativa automática direcionada aos agentes que devem ser responsáveis por sua correção.

Como vantagens adicionais podem ser citadas:

- a) maior disponibilidade da mão de obra: no cenário atual, um grande volume de informação é gerado em duplicidade, pois os executantes repassam as informações sobre as OS para os responsáveis técnicos que em um segundo momento transcrevem as informações para o sistema. Centenas de OS podem ser tratadas semanalmente por cada responsável técnico, que necessitam dedicar várias horas semanais a essa função;
- b) as respostas a desvios comuns podem ter respostas padronizada configuradas através do MPCCI, levando à uma ação de correção mais ágil;
- c) podem ser gerados relatórios dos desvios encontrados, possibilitando estratégias a nível corporativo de direcionamento de ações e investimentos;
- d) os a mídias de apoio apresentadas para os executantes através do Aplicativo OS Mobile podem levar a uma maior assertividade nas manutenções e a uma menor necessidade de treinamento, uma vez que podem incluir planos de trabalho de descrevem detalhadamente o passo a passo de execução dos serviços;
- e) pode haver melhoria na segurança dos executantes durante a execução das OS, uma vez que podem ser anexadas orientações de segurança, requisitos de utilização de equipamentos de proteção individual e coletivos, checklists de segurança, entre outros;
- f) redução do desperdício de papel, uma vez que todas as OS poderão ser enviadas para o executante pelo Aplicativo OS Mobile e não será mais necessário a impressão física;
- g) possível melhoria dos indicadores de manutenção, devido às respostas mais ágeis fornecidas pelo sistema, levando desvios a serem corrigidos antes de gerarem falhas para os equipamentos.

5 Conclusões e considerações finais

O presente trabalho se propôs a analisar uma situação que leva a problemas reais observados no dia a dia de uma grande empresa do setor de mineração. Como solução à situação analisada, foi proposto o desenvolvimento e possível aplicação de um sistema de informação composto por um módulo MPCI que pode ser integrado ao sistema informatizado de manutenção utilizado pela empresa e um Aplicativo OS Mobile que ao ser utilizado pelos executantes, pode enviar informações para o EPR e desencadear respostas automáticas que facilitem os processos de PCM, evitem impactos nos indicadores de manutenção e colaborem na estratégia de custos da empresa.

Para isso foi analisada o método atual de retorno das informações das OS, percebendo-se através de entrevistas com responsáveis técnicos e planejadores de PCM da empresa analisada que não há um método geral definido. A solução proposta prevê respostas padronizadas a todos os tipos de condições encontradas pelos executantes, contando que sejam previamente informadas pelo cliente e configuradas no MPCI, no seu banco de dados e no Aplicativo OS Mobile.

As funcionalidades adicionais dos SI proposto são diversas. Com a utilização de técnicas ágeis e dos demais processos de software citados, pode se chegar a um produto que forneça ao cliente o desempenho esperado a um custo dentro de suas expectativas. Após uma suposta aplicação, *feedbacks* do cliente e manutenções corretivas do sistema é possível que novas funcionalidades sejam desenvolvidas, característica observada nos atuais sistemas incrementais de desenvolvimento.

A aplicação da solução proposta é plausível em qualquer empresa que utilize sistemas informatizados de manutenção. O tempo para a aplicação varia de cliente para cliente, de acordo com as funcionalidades desejadas. Entretanto, em localidades que já possuam equipes de desenvolvimento, esse processo pode ser realizado no horizonte de alguns meses e sem envolver grandes custos adicionais, já que os sistemas necessários podem ser reaproveitados de outras aplicações já utilizadas pela empresa.

São sugeridos como trabalhos futuros: integração de relatórios gerados por outros dispositivos através de leitura por QR code no Aplicativo OS Mobile, como ensaios de termografia, análises químicas, ensaios preditivos de vibração e deformação estrutural; elaboração de um módulo dentro do Aplicativo OS Mobile para registro de condições inseguras observadas durante a execução das atividades; Elaboração de um módulo dentro do Aplicativo OS Mobile para verificação de das condições físicas e emocionais dos executantes para execução de atividades com alto grau de periculosidade.

Referências

- ALVES, W. P. *Banco de dados*. São Paulo: Érica, 2014. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536518961/>>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- AUDY, J. L. N.; ANDRADE, G. K. de; CIDRAL, A. *Fundamentos de sistemas de informação*. [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Bookman, 2007. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788577801305/>>. Acesso em: 02 ago. 2021.
- BARBOZA, F. F. M.; FREITAS, P. H. C. *Modelagem e desenvolvimento de banco de dados*. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595025172/>>. Acesso em: 12 dez. 2021.
- FILHO, P.; PÁDUA, W. de. *Engenharia de software: produtos*. Rio de Janeiro: LTC, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521636724/>>. Acesso em: 25 nov. 2021.
- FOGLIATO, F. S. *Confiabilidade e manutenção industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595154933/>>. Acesso em: 16 dez. 2021.
- FOWLER, M. *UML Essencial: um breve guia para a linguagem-padrão de modelagem de objetos*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788560031382/>>. Acesso em: 01 ago. 2021.
- GREGÓRIO, G. F. P.; SILVEIRA, A. M. da. *Manutenção Industrial*. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026971/>>. Acesso em: 30 set. 2021.
- HIRAMA, K. *Engenharia de software : qualidade e produtividade com tecnologia*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595155404/>>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. *Manutenção: função estratégica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- LAURINDO, F. J. B. *Tecnologia da informação: planejamento e gestão de estratégias*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597025682/>>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- MORAIS, I. S. de; ZANIN, A. *Engenharia de software*. Porto Alegre: SAGAH, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595022539/>>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- PICHETTI, R. F. *Banco de dados*. Porto Alegre: SAGAH, 2020. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556900186/>>. Acesso em: 15 set. 2021.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. *Engenharia de software: uma abordagem profissional*. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786558040118/>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

SCHACH, S. R. *Engenharia de software: os paradigmas clássico e orientado a objetos*. Porto Alegre: AMGH, 2010. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788563308443/>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

SELEME, R. *Manutenção Industrial: mantendo a fábrica em funcionamento*. Curitiba: InterSaberes, 2015. Disponível em: <[https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/37148/pdf/0?code=9dp0ZTRYREY87ZUKTS7716yutYMvkXf/AySzg3SGKy6l9eHCi9kyPQznIUeXRxEEN2ELm8+F+Zjf51dIi1T2Hw==](https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/37148/pdf/0?code=9dp0ZTRYREY87ZUKTS7716yutYMvkXf/AySzg3SGKy6l9eHCi9kyPQznIUeXRxEEN2ELm8+F+Zjf51dIi1T2Hw==>)>. Acesso em: 13 out. 2021.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F. *Sistema de banco de dados*. Rio de Janeiro: LTC, 2020. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595157552/>>. Acesso em: 12 dez. 2021.

STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. *Princípios de Sistemas de Informação*. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2016. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522124107/>>. Acesso em: 01 ago. 2021.

TURBAN, E.; VOLONINO, L. *Tecnologia da informação para gestão: em busca do melhor desempenho estratégico e operacional*. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582600160/>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

VENAZI, D. et al. *Introdução à engenharia de produção: conceitos e casos práticos*. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

VETORAZZO, A. de S. *Engenharia de software*. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026780/>>. Acesso em: 10 ago. 2021.