



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS:
DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA
UNIVERSIDADE PÚBLICA**

EDMON DARWICH NETO

Natal, Rio Grande do Norte
Fevereiro de 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS:
DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA
UNIVERSIDADE PÚBLICA**
por

EDMON DARWICH NETO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
NORTE COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE

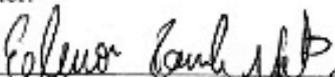
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

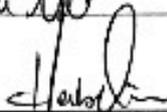
FEVEREIRO, 2019

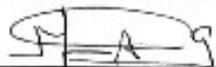
@2019 EDMON DARWICH NETO
TODOS OS DIREITOS RESERVADOS

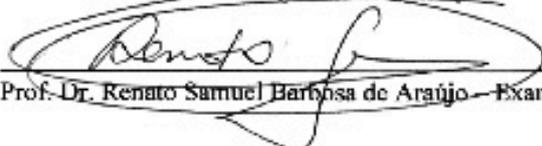
O autor aqui designado concede ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte permissão para reproduzir, distribuir e comunicar ao público em geral, em papel ou meio eletrônico, esta obra no todo ou em parte, nos termos da lei.

Assinatura do autor:









Prof. Dr. Renato Samuel Barbosa de Araújo – Examinador Externo à Instituição

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE ATIVOS:
DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO EM UMA
UNIVERSIDADE PÚBLICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.
Grande Área: Engenharia
Área: Engenharia de Produção

Orientador Prof. Dr. Herbert Ricardo Garcia Viana

EDMON DARWICH NETO

Natal, Rio Grande do Norte
Fevereiro de 2019

Reitor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof.a Dra. Ângela Maria Paiva Cruz

Diretor do Centro de Tecnologia
Prof. Dr. Luiz Alessandro Pinheiro da Câmara de Queiroz

Coordenador da Pós Graduação em Engenharia de Produção
Prof. Dr. Mario Orestes Aguirre González

Orientação
Prof. Dr. Herbert Ricardo Garcia Viana

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Darwich Neto, Edmon.

Sistema de Gestão da Manutenção de Ativos: Desenvolvimento de Método de Implantação em uma Universidade Pública / Edmon Darwich Neto. - 2019.
141f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Natal, 2019.

Orientador: Dr. Herbert Ricardo Garcia Viana.

1. Sistema de gestão da manutenção - Dissertação. 2. Gestão de ativos - Dissertação. 3. Manutenção preventiva - Dissertação. 4. Indicadores de desempenho - Dissertação. I. Viana, Herbert Ricardo Garcia. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 658.5

AGRADECIMENTOS

À equipe do projeto de implantação do Sistema de Gestão da Manutenção na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Agradeço a todos o membros do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da administração do Centro de Tecnologia e do Complexo Tecnológico de Engenharia, da Superintendência de Infraestrutura e da Superintendência de Informática. O trabalho em equipe de todos proporcionou os conhecimentos gerados nesta dissertação. A colaboração e disposição de cada um resultou neste trabalho e todos os seus frutos a serem usufruídos pela comunidade acadêmica.

RESUMO

O aprimoramento das organizações e dos seus sistemas de gestão tem gerado diversas padronizações e processos de otimização em todo o mundo, e a gestão da manutenção acompanha essa tendência. O estudo e aplicação de um sistema de gestão da manutenção se faz necessário para aperfeiçoar a gestão de ativos de uma empresa ou instituição pública, utilizando ferramentas de gestão como indicadores de desempenho (KPIs) e um sistema computadorizado de gestão da manutenção (CMMS). Considerando esse cenário, esta dissertação tem como objetivo identificar boas práticas e desenvolver métodos para implantação de um Sistema de Gestão da Manutenção (SGM) em uma universidade federal brasileira. Através da aplicação dos métodos propostos para a implementação do SGM, as melhores técnicas das áreas de gestão de ativos e *facilities* foram estudadas e implantadas. A metodologia de pesquisa-ação foi utilizada para avaliar a proposta de modelo de gestão durante o processo de implantação. Os resultados da aplicação dos procedimentos propostos estabeleceram novas condições operacionais na organização, através de cadastramento estruturado dos ativos desta, além da utilização de novos indicadores de desempenho, criação de planos de manutenção preventiva, melhorias no fluxo de trabalho de ordens de serviço de manutenção e concepção de um *software* específico de gestão da manutenção. O estudo proporcionou o desenvolvimento e aplicação de um sistema de gerenciamento robusto, e sua replicação futura em outras organizações é esperada.

Palavras-chave: sistema de gestão da manutenção, gestão de ativos, manutenção preventiva, indicadores de desempenho.

ABSTRACT

The improvement of organizations and their management systems has generated several standardizations and optimization processes all over the world, and maintenance management follows this trend. The study and application of a maintenance management system is necessary to enhance the asset management in a company or public institution, utilizing management tools such as key performance indicators (KPIs) and a computerized maintenance management system (CMMS). Considering that scenario, this dissertation has as its objective identifying good practices and developing methods to implement a Maintenance Management System (MMS) in a Brazilian federal university. When using the proposed methods to implement the MMS, the best techniques in the asset and facilities management areas were studied and applied. The action research methodology was used to evaluate the management model proposal during the implementation process. The results of the proposed applied procedures established new operational conditions in the organization, through the structured registry of the institution's assets, the utilization of new performance indicators, the creation of preventive maintenance plans, the improvement of the maintenance work orders' work flow and the conception of a specific software for maintenance management. The study provided the development and application of a robust management system, and its future replication in other organizations is expected.

Keywords: maintenance management system, asset management, preventive maintenance, performance indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas da pesquisa sobre gestão da manutenção na base de dados Scopus.....	17
Figura 2: Abordagens e Tipos de Manutenção	30
Figura 3: Componentes possíveis de um programa de Manutenção Centrada em Confiabilidade	37
Figura 4: Macroprocesso da Manutenção.....	44
Figura 5: Ciclo de Vida de um Projeto	46
Figura 6: Origens de uma OS	52
Figura 7: Processo de Tratamento da Demanda	53
Figura 8: Tela Principal do Life Cycle Canvas	61
Figura 9: Classificação da pesquisa científica em engenharia de produção.....	63
Figura 10: Relação entre a Metodologia EPC e o Controle Inicial	70
Figura 11: Fluxo de Decisão da Criticidade de um Ativo	72
Figura 12: Fluxo de Trabalho do CMMS.....	76
Figura 13: Etapas dos Procedimentos Metodológicos	77
Figura 14: Descrição dos Campos das <i>Tags</i>	93
Figura 15: Origens e Fluxo Geral das Ordens de Serviço no CMMS	107
Figura 16: Criação das Ordens de Serviço no CMMS	108
Figura 17: Integrações de Dados Necessárias para as Atividades do CMMS	109
Figura 18: Dados Retirados de Outros Módulos do Sistema da Organização	110
Figura 19: Mapa Conceitual do CMMS	111
Figura 20: Tela Inicial do CMMS.....	112
Figura 21: Tela de Cadastro de Edificações	113
Figura 22: Tela de Cadastro de Equipamentos	114
Figura 23: Tela de Cadastro de <i>Tags</i>	114
Figura 24: Lista de <i>Tags</i> Cadastradas.....	115
Figura 25: Tela de Cadastro de Plano	116
Figura 26: Lista de Planos Cadastrados no CMMS	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de Manutenção	26
Quadro 2: Dimensões, Fatores de Sucesso e Atividades da Gestão de Instalações	42
Quadro 3: Etapas do Controle Inicial.....	45
Quadro 4: Indicadores da Manutenção.....	54
Quadro 5: Aplicações da Manutenção do Estudo.....	86
Quadro 6: Componentes das <i>Tags</i> e suas Descrições.....	92
Quadro 7: Códigos dos Tipos de Ativos Codificados na Planta Piloto.....	94
Quadro 8: Resultados Esperados e suas Análises Conclusivas.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidades de Ativos e <i>Tags</i> Identificados na Planta Piloto	99
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BSC:	<i>Balanced scorecard</i> , ou Indicadores Balanceados de Desempenho;
CBM:	<i>Condition-Based Maintenance</i> , ou Manutenção Baseada em Condições;
CCQ:	Círculo de Controle da Qualidade;
CMMS:	<i>Computerized Maintenance Management System</i> , ou Sistema Computadorizado de Gestão da Manutenção;
CT:	Centro de Tecnologia da UFRN;
CTEC:	Complexo Tecnológico de Engenharia da UFRN;
DBM:	<i>Detection-Based Maintenance</i> , ou Manutenção Baseada em Detecção
DIMAN:	Diretoria de Manutenção da Superintendência de Infraestrutura da UFRN;
DOM:	<i>Design-Out Maintenance</i> , ou Manutenção por Design;
EPC:	<i>Engineering, Procurement and Construction</i> , ou Engenharia, Suprimentos e Construção;
FEL:	<i>Front-End Loading</i> , ou “Validação por Portões de Entrada”;
FBM:	<i>Failure-Based Maintenance</i> , ou Manutenção Baseada em Falhas;
IFMA:	<i>International Facility Management Association</i> , ou Associação Internacional de Gestão de Instalações;
INFRA:	Superintendência de Infraestrutura da UFRN;
JIT:	<i>Just in Time</i> , sistema que determina que a produção e seus suprimentos devem seguir a demanda;
KPI:	<i>Key Performance Indicators</i> , ou Indicadores Chave de Desempenho;
LCC:	<i>Life-Cycle Costs</i> , ou Custos de Ciclo de Vida;
OS:	Ordem de Serviço;
PEP:	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRN;

PMBOK: *Project Management Body of Knowledge*, ou Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos;

QFD: *Quality Function Deployment*, ou Desdobramento da Função Qualidade;

REUNI: Reestruturação e Expansão das Universidades Federais;

SGM: Sistema de Gestão da Manutenção;

SINFO: Superintendência de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte;

SIPAC: Sistema Integrado de Gestão de Patrimônio, Administração e Contratos da UFRN;

TMM: *Total Maintenance Management*, ou Gestão da Manutenção Total;

TPM: *Total Productive Maintenance*, ou Manutenção Produtiva Total;

TQM: *Total Quality Management*, ou Gestão da Qualidade Total;

UBM: *Use-Based Maintenance*, ou Manutenção Baseada no Uso;

UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	14
1.1	Objetivos e Justificativa	16
1.1.1	Objetivos.....	16
1.1.2	Justificativa	16
1.1.3	Estrutura do Trabalho	18
2	Fundamentação Teórica	19
2.1	Principais Áreas da Manutenção	19
2.2	Estratégias da Manutenção.....	21
2.3	A Função Manutenção	22
2.3.1	Histórico da Manutenção	22
2.3.2	Classificações da Manutenção	23
2.4	Tipos de Manutenção.....	29
2.4.1	Manutenção Baseada em Falhas	30
2.4.2	Manutenção Baseada no Uso.....	32
2.4.3	Manutenção Baseada em Condições	34
2.4.4	Manutenção por <i>Design</i>	35
2.4.5	Manutenção Centrada em Confiabilidade.....	35
2.5	Sistema Computadorizado de Gestão da Manutenção: CMMS	37
2.6	Manutenção em Instituições Públicas	39
2.6.1	Gestão de Instalações	41
2.7	Macroprocesso da Gestão da Manutenção.....	43
2.7.1	Controle Inicial.....	44
2.7.1.1	Acompanhamento de Projetos.....	46
2.7.1.2	“Tagueamento” e Codificação de Ativos.....	48
2.7.1.3	Definição da Criticidade e Estratégias de Manutenção	49
2.7.1.4	Elaboração de Planos de Manutenção	49
2.7.2	Identificação da Demanda	50
2.7.3	Tratamento da Demanda.....	53
2.7.4	Controle da Manutenção.....	54
2.7.5	Suporte ao Tratamento da Demanda.....	57

2.7.6	Modificações e Melhorias	58
2.8	Gerenciamento de Projetos: Life Cycle Canvas	59
3	Procedimentos Metodológicos	62
3.1	Classificação da Pesquisa.....	62
3.2	Etapas da Pesquisa.....	65
3.2.1	Análise da Organização.....	66
3.2.2	Adaptação do Macroprocesso da Manutenção à Organização	67
3.2.3	Planta Piloto.....	68
3.2.4	Implantação das Etapas do Macroprocesso	69
3.2.4.1	Controle Inicial.....	69
3.2.4.2	Definição de Indicadores	73
3.2.4.3	Desenvolvimento de CMMS	74
3.2.5	Análise dos Resultados	76
3.3	Resultados Esperados	77
4	Resultados e Discussões.....	79
4.1	Análise da Organização	79
4.2	Adaptação do Macroprocesso.....	87
4.3	Planta Piloto	89
4.4	Implantação das Etapas do Macroprocesso.....	90
4.4.1	Controle Inicial.....	91
4.4.2	Definição de Indicadores	101
4.4.3	Desenvolvimento do CMMS	104
4.4.4	Análise dos Resultados	117
4.4.4.1	Análise dos Procedimentos Metodológicos	118
4.4.4.2	Análise do SGM e CMMS Implementados.....	119
4.4.4.3	Análise das Contribuições Acadêmicas.....	121
4.5	Discussão das Boas Práticas no Modelo Implementado.....	122
5	Conclusões	124
	Referências Bibliográficas	127
	Apêndice.....	135

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o aprimoramento das indústrias e dos seus sistemas de gestão tem gerado diversas padronizações e processos de otimização em todo o mundo. Nas últimas décadas, as indústrias que não apresentaram um nível avançado de uniformização e normatização não conseguiram atingir um patamar de qualidade de operações esperado para concorrer de forma significativa no mercado de bens de consumo. Dentro deste âmbito, é necessário escolher um sistema de gestão para seguir e seus principais pontos a serem aperfeiçoados (MURTHY; ATRENS; ECCLESTON, 2002).

Um dos pontos mais críticos para uma indústria é certamente a manutenção dos seus ativos. Com a necessidade de diminuir custos ao máximo, algumas empresas costumam cortar despesas destinadas à manutenção dos seus equipamentos, o que pode ser perigoso e não produtivo. Sem equipamentos com manutenção adequada, uma organização com ativos físicos possui baixo desempenho operacional e desvantagem competitiva no seu mercado de atuação. Equipamentos com má manutenção apresentam altos custos de operação e devem ser substituídos com maior frequência (SWANSON, 2003).

Baixos índices de ações de manutenção indicam que as indústrias e organizações em geral não possuem uma abordagem preventiva para a manutenção, apontando uma deficiência geral do mercado e uma oportunidade de melhoria de processos de gestão. Na maioria das empresas, modelos de gestão já estão implantados e em funcionamento, mas de forma deficiente. Trabalhos de readequação ou de implementação de um sistema mais eficaz são necessários para melhoria da operação de organizações produtivas e prestadoras de serviços.

Alguma forma de estratégia organizacional deve ser adotada para inserir a manutenção no sistema de operação industrial de uma empresa, de forma que a operação e a manutenção sejam igualmente priorizadas. Primeiramente, deve-se definir administração da produção como um ciclo de planejar, controlar,

organizar e liderar, de acordo com as metas da empresa (PEINADO; GRAEMI, 2007). Alguns sistemas de gestão podem ser considerados para adoção em uma determinada empresa. Um estudo de revisão bibliográfica deve ser realizado para determinar quais formas de gestão da manutenção estabelecidas no mercado teriam mais chance de sucesso para implementação em uma organização já em operação. É esperado que métodos diferentes possam ser combinados e adotados de forma parcial ou total, para que a forma mais eficiente para a implantação de um sistema de gestão da manutenção de ativos seja encontrada.

Uma das áreas onde a manutenção de ativos carece de grande atuação é o serviço público. A infraestrutura pública é um dos elementos principais para o desenvolvimento de um país, e as instalações públicas e seus ativos são uma parte grande dos bens de uma sociedade. Ao trabalhar com manutenção de um prédio público, é comum encontrar situações onde as informações relativas à operação e manutenção dos seus ativos são escarças, como em casos de equipamentos, estrutura física e veículos. Os critérios utilizados nesses processos são comumente incertos, conflitantes e algumas vezes subjetivos. Sendo assim, os níveis de riscos, confiabilidade, custos, eficiência operacional e questões sociais são mais desafiadores do que em outros setores da sociedade (ŠELIH et al., 2008).

Ao reconhecer a situação da gestão da manutenção em serviços públicos em geral, é possível realizar um trabalho focado em uma instituição onde as condições de estudo são positivas. Desta forma, a escolha da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e seus departamentos responsáveis pela manutenção dos campi, é considerada interessante para estudo e implantação de um sistema de gestão da manutenção. A implantação de procedimentos metodológicos no ambiente da UFRN, baseados em conceitos de um sistema de gestão da manutenção robusto, pode gerar uma base de conhecimento necessária para replicação e estudo em outras instituições.

Um trabalho de análise da situação atual da gestão da manutenção e identificação das principais demandas de manutenção da UFRN pode ser realizado, a partir de um cenário diagnosticado dessas operações atualmente. Utilizando esse cenário, procedimentos de implantação são estudados e postos em prática a partir de métodos propostos que podem ser aplicados a qualquer

organização. Então, o trabalho justifica-se ao tratar da seguinte problemática: como estudar e definir métodos adequados para implantação de um sistema de gestão da manutenção em uma universidade?

1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

1.1.1 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo principal identificar boas práticas e desenvolver método para implantação de um Sistema de Gestão da Manutenção (SGM) em uma universidade federal. E seus objetivos específicos são:

- Realizar pesquisa sobre as melhores práticas de manutenção para implantação em uma organização pública com instalações em operação;
- Apontar como a implantação de um sistema de gestão da manutenção pode impactar nas operações de uma universidade, com enfoque na eficiência operacional, utilizando dados do estado corrente da gestão da manutenção na organização;
- Estabelecer uma área para a aplicação inicial do sistema de gestão, de forma que as ações da pesquisa sejam analisadas e replicáveis em outras áreas da instituição e em outras organizações;
- Definir, aplicar e analisar as etapas iniciais de implantação do sistema de gestão trabalhado, para posterior continuação da implantação em outros setores da instituição, replicação em outras organizações e estudo dos métodos aplicados.

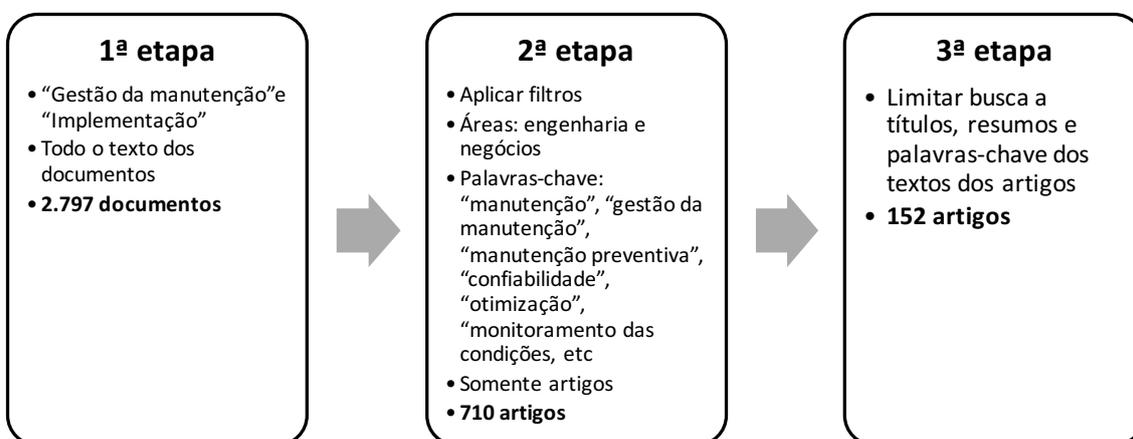
1.1.2 JUSTIFICATIVA

Nota-se que tem crescido de forma constante o número de artigos publicados sobre gestão da manutenção, e uma pesquisa foi realizada para estudar o panorama de publicações relacionadas a essa área. A pesquisa bibliométrica foi realizada na base de dados Scopus, onde artigos, autores, palavras-chave, áreas de estudo e outros parâmetros foram estabelecidos durante algumas etapas de averiguação. Esta base de dados possui publicações

na língua inglesa, portanto todos os termos aqui referidos foram buscados nesta língua e posteriormente traduzidos para a língua portuguesa.

Inicialmente foram pesquisados os artigos que, em todo o seu texto, continham os termos “gestão da manutenção” e “implementação”, que são dois termos importantes para determinar a área do trabalho. Após isso, em uma segunda etapa, foram estabelecidos filtros para a pesquisa, limitando os resultados a somente artigos das áreas de engenharia e de negócios, além das palavras-chave “manutenção”, “gestão da manutenção”, “manutenção preventiva”, “confiabilidade”, “otimização”, “monitoramento das condições” e outros termos relevantes para a busca. Em uma terceira etapa, os resultados foram limitados aos artigos que apresentavam os termos citados anteriormente somente no seu título, resumo ou palavras-chave, desconsiderando o restante do texto. Durante todas as etapas, os artigos com o maior número de citações nos resultados das buscas foram analisados e estudados durante a revisão de literatura deste trabalho. A Figura 1 demonstra as etapas desta busca e a quantidade de resultados obtida em cada uma das etapas.

Figura 1: Etapas da pesquisa sobre gestão da manutenção na base de dados Scopus



Fonte: Scopus (2018)

A partir da pesquisa realizada na base de dados, é perceptível que esta linha de trabalho não possui alto volume de publicações, dentro da área de gestão da manutenção. Além disso, a aplicação de um sistema de gestão da manutenção a instituições públicas ou universidades não foi encontrada na base de dados do Scopus. Sendo assim, o presente trabalho demonstra relevância acadêmica no que tange sua originalidade.

A realização de um trabalho de análise das condições atuais e implantação de rotinas de manutenção de ativos é de grande importância para a universidade, já que eficiência operacional de instituições públicas é um objetivo de interesse de toda a sociedade. Ao realizar revisão bibliográfica, apresentada no próximo capítulo, é perceptível que há diversas áreas e abordagens na gestão da manutenção. Porém, não há consenso em relação à forma como os conceitos e técnicas devam ser aplicados de forma sistemática. Para tal abordagem, deve ser escolhida uma forma de aplicação de um sistema de gestão abrangente, que também será discutido durante a revisão bibliográfica.

1.1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é apresentado em cinco capítulos principais: o presente capítulo apresenta um panorama introdutório ao estudo a ser realizado, a justificativa e os objetivos do trabalho; o segundo capítulo aborda as principais referências bibliográficas para embasamento teórico da pesquisa; o terceiro capítulo expõe a explicação da metodologia utilizada nas etapas da pesquisa em questão, bem como os seus resultados esperados; o quarto capítulo expõe a discussão da condução da pesquisa-ação, que foi realizada obedecendo métodos pré-estabelecidos no terceiro capítulo, utilizando conceitos teóricos abordados no segundo capítulo, para chegar aos resultados e discussões do caso específico de estudo, que devem ser replicáveis em outras situações; e, por fim, o quinto capítulo, de conclusões, exhibe as considerações finais e lições aprendidas com a aplicação da pesquisa, em comparação com o que era esperado quando do início do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma revisão bibliográfica foi realizada, para que as melhores práticas de gestão de manutenção fossem estudadas e avaliadas para inserção na pesquisa. Como o foco da pesquisa é aplicação de um sistema de gestão da manutenção a uma organização já em operação, alguns pontos são relevantes para revisão bibliográfica.

A manutenção corretiva, importante atividade para gestão de ativos em operações industriais, já ocorre em uma empresa em operação, e deve ser pesquisada para encontrar formas de otimização de processos. Sendo assim, outras atividades relacionadas à manutenção de ativos também deverão ser estudadas para incorporação às atividades que já ocorrem, como outros tipos de manutenção, sistemas de informação para suporte à manutenção e uma forma de integrar esses conhecimentos em uma ferramenta de gestão.

2.1 PRINCIPAIS ÁREAS DA MANUTENÇÃO

Dentro de uma organização, pode parecer ser peculiar considerar a manutenção como um negócio. Porém, ao analisar o impacto que a gestão manutenção e a gestão de ativos físicos possuem na capacidade de uma empresa gerar lucro, esta noção torna-se mais clara. Decisões tomadas por gerentes de manutenção, por exemplo, podem impactar os resultados de uma planta industrial por completo. Portanto, é importante que a manutenção seja considerada um negócio (WIREMAN, 2013).

A norma ISO 55000 de 2014, estabelece conceitos gerais e formas de trabalhar de forma cooperativa com gestão de ativos. Esta norma estabelece que, dentro da gestão organizacional de uma companhia, deve existir a gestão de ativos, que é guiada por um sistema de gestão de ativos. Este sistema de gestão de ativos consiste em uma série de procedimentos, políticas e técnicas para atingir metas da gestão do portfólio de ativos. Ativo é um item, algo ou

entidade que tem valor real ou potencial para uma organização, e este valor pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não. Ativos físicos geralmente referem-se a equipamentos, estoques e propriedades de posse da organização (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT, 2014).

Dentro do contexto de gestão de ativos físicos, é possível destacar a importância da manutenção e as suas áreas de atuação. Para estudar as principais áreas da manutenção, deve-se inicialmente definir o que é gestão da manutenção em uma empresa de serviços ou indústria. Venkataraman (2007) define manutenção como ações que têm como objetivo manter ou restaurar um item para um estado onde suas funções requeridas podem ser executadas. A definição oficial, no Brasil, do que é manutenção é dada na NBR 5462 de 1994, que define que a manutenção é a combinação de todas as atividades técnicas e administrativas, inclusive de supervisão, designadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

A partir dessa definição, analisando as ações de “recolocar” e “manter”, é possível dividir a gestão da manutenção em dois grandes grupos: manutenção corretiva e manutenção preventiva. A manutenção corretiva foca na recolocação do item em seu estado de desempenhar a sua função requerida, de forma que as ações desse tipo de manutenção são voltadas para uma correção de funções. Já a manutenção preventiva trabalha na manutenção das funções requeridas, onde não há mudança da função requerida, e sim ações para sustentar o desempenho demandado (BAPTISTA, 2016).

Duas técnicas são consideradas as mais amplas abordagens na manutenção preventiva: manutenção preventiva periódica, que utiliza ciclos ou períodos temporais para definir suas ações, e manutenção preditiva, que trabalha com o monitoramento das condições. Para suporte da implantação dos conceitos abordados nestas áreas, o planejamento da manutenção será também estudado. Estas são áreas amplamente abordadas pelos autores de livros-textos importantes, como Viana (2002), Wireman (2013) e Venkataraman (2007).

Além das áreas principais da manutenção, em uma implantação de um sistema de gestão, deve-se também estudar as melhores práticas de utilização de *softwares* durante implantação e operação desse sistema. Sendo assim, uma pesquisa sobre sistemas computadorizados de gestão da manutenção (CMMS,

em inglês *Computerized Maintenance Management System*) também deverá ser realizada.

Outras áreas importantes para a implantação de um sistema de gestão da manutenção podem ser abordadas em análises mais aprofundadas para a pesquisa-ação, como manutenção corretiva, gestão de indicadores, execução do trabalho de manutenção, atividades emergenciais, melhoria contínua da manutenção, aplicação de planos de manutenção preventiva, entre outras. Essas atividades podem ser combinadas em um macroprocesso da manutenção, que pode funcionar como um sistema de gestão integrador de atividades e conceitos gerais da manutenção. Estes conceitos e atividades muitas vezes são aplicados de forma independente, e podem ser agrupados em um procedimento único.

2.2 ESTRATÉGIAS DA MANUTENÇÃO

Para observar os aspectos mais notáveis da gestão da manutenção em uma organização em operação, deve-se gerar um panorama abrangente em relação à abordagem administrativa da manutenção e a sua importância em uma organização. A relevância estratégica da gestão da manutenção é o principal motivo para que suas nuances operacionais sejam exaustivamente estudadas e aprimoradas.

De acordo com Wireman (2013), a manutenção deve ser tratada como um negócio por uma empresa, e os seus objetivos e metas devem estar alinhados com a sua visão estratégica. Seguindo esta linha de pensamento, o autor destaca que ao aumentar a confiabilidade das suas operações, uma empresa pode também aumentar a sua capacidade produtiva. Esse aumento de capacidade pode gerar até quatro vezes mais lucros do que o aumento de lucro via diminuição de despesas.

Venkataraman (2007) define cinco níveis para os diferentes sistemas de manutenção: manutenção realizada após a falhas, manutenção reativa a condições negativas, manutenção preventiva, manutenção preditiva e escolhas das melhores práticas em melhoria contínua. Os dois primeiros tipos são níveis que já são utilizados em organizações desde o início das suas operações, que

compõem a forma como a manutenção corretiva trabalha. Os outros três níveis dizem respeito a um planejamento mais detalhado de como a gestão da manutenção atua.

Ações preventivas periódicas são procedimentos definidos por espaços de tempo para reposição de peças e utilização de uma equipe permanente para manutenção, enquanto ações preditivas são acompanhamentos das condições dos instrumentos de produção a fim de estender ao máximo a sua utilização sem paradas produtivas (VIANA, 2002).

Há duas formas principais de realizar manutenção de forma preditiva: via monitoramento das condições ou utilizando confiabilidade. O monitoramento de condições utiliza tecnologia avançada para determinar a condição de um equipamento, e potencialmente prever uma falha, e inclui tecnologias como medição de vibração, análise termográfica, análise de óleo e tribologia, raios ultrassônicos, vazamentos de gás, entre outras. A confiabilidade fornece meios para estimar a probabilidade de um sistema alcançar seu objetivo em um tempo determinado em condições específicas (VENKATARAMAN, 2007).

Todo trabalho desempenhado em gestão industrial depende da efetividade do planejamento da manutenção. O processo de decisão em planejamento da manutenção pode ser definido como um processo que foca no futuro, que conta com cinco passos principais: identificar atividades, identificar e desenvolver planos, avaliar planos, escolher o melhor plano e executar o melhor plano (WIREMAN, 2013).

2.3 A FUNÇÃO MANUTENÇÃO

2.3.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Os primórdios do conceito de manutenção de equipamentos podem ser observados com o advento das máquinas têxteis a vapor do século XVI, quando o projetista das máquinas treinava pessoas para a suas operação e manutenção, até que no século seguinte a figura do mantenedor independente surge (WYREBSKI, 1997). A partir disso, um conceito importante sobre a história da gestão da manutenção é apresentado por uma linha do tempo que pode ser

traçada para a forma como as empresas tratam a manutenção dentro das suas operações, bem como a forma que a gestão da manutenção se tornou uma importante parte do gerenciamento das organizações.

Antes da década de 1950, a manutenção era vista como um “mal necessário” e era um simples conjunto de ações corretivas. Entre 1950 e 1975, a manutenção passou a ser uma questão técnica de maior relevância, com o aumento da mecanização, e os departamentos de manutenção foram criados. A partir de 1975, com o advento da automação, a manutenção se tornou um ponto de atenção para a otimização das operações das empresas, sendo um importante fator para contribuição do aumento de lucros. Atualmente, a manutenção é tratada como uma parceria entre diversas áreas das empresas para diminuir as fronteiras das operações (WAEYENBERGH; PINTELON, 2002).

Dekker (1996) apresenta um panorama geral das pesquisas realizadas na área de modelos de otimização da manutenção, ao estudar a disponibilidade e a utilidade destes modelos em publicações, através de representações quantitativas teóricas e estudos de caso. O autor defende que modelos matemáticos para *softwares* e ativos físicos são apropriados e relevantes para a área da manutenção, com ressalvas para publicações que focam demais em aspectos matemáticos sem aplicações de valor real. Além disso, empresas podem não considerar a publicação dos seus modelos de otimização uma ação interessante, sob o prisma da competitividade, o que torna muito provável que muitas práticas de qualidade permaneçam limitadas a operações privadas não publicadas (DEKKER, 1996).

2.3.2 CLASSIFICAÇÕES DA MANUTENÇÃO

Ao transformar a manutenção em um modelo de gestão, é possível determinar dimensões estratégicas divididas em áreas específicas para serem adequadas a qualquer empresa, de acordo com as suas visões e objetivos. A gestão da manutenção, nesta abordagem, pode ser dividida em quatro dimensões estratégicas: opções de execução de serviços de manutenção, ao usar manutenção interna ou terceirizada; organização e estruturação do trabalho ao usar mão-de-obra com equipes flexibilizadas ou especializadas; metodologia de manutenção, ao focar em pessoas, como o TPM (*Total Productive*

Maintenance, ou Manutenção Produtiva Total), ou em ativos, como a manutenção centrada em confiabilidade; e sistemas de suporte, ao utilizar *softwares* de suporte e treinar colaboradores para o seu uso (TSANG, 2002).

Garg e Deshmukh (2006) fazem uma análise mais ampla ainda, dividindo a gestão da manutenção em áreas de estudo bastante abrangentes, e realizando uma classificação minuciosa dos estudos da manutenção na literatura científica. Primeiramente, o autor divide a literatura sobre manutenção nas seguintes áreas: modelos de otimização da manutenção, técnicas de manutenção, planejamento da manutenção, medição de desempenho da manutenção, sistemas de informação da manutenção e políticas de manutenção. Estas áreas possuem subáreas, e as classificações mais relevantes são:

- Modelos de otimização da manutenção;
- Técnicas de manutenção;
- Planejamento da manutenção;
- Medição de desempenho da manutenção;
- Sistema de informação da manutenção;
- Políticas de manutenção.

As áreas encontradas abrangem os conhecimentos existentes sobre a função manutenção, e possuem características próprias. Os modelos de otimização da manutenção descrevem um sistema técnico, com funções específicas, com modelagens temporais e consequências de suas aplicações, e visam a otimização da manutenção através de modelagens matemáticas. As técnicas da manutenção identificam as abordagens da manutenção em sistemas produtivos, como manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, TPM, sistemas computadorizados, entre outros. O planejamento da manutenção é uma área que estuda a forma como a programação da manutenção é realizada, com métodos para determinar os momentos ideais para intervenções em sistemas produtivos de acordo com parâmetros de utilização de equipamentos (GARG; DESHMUKH, 2006).

A medição de desempenho da manutenção utiliza métodos de medição e qualidade para determinar qualitativamente o trabalho de manutenção sendo realizado em um equipamento ou sistema produtivo, através de ferramentas como *Balanced Scorecard* (BSC), *Quality Function Deployment* (QFD) e *Total*

Maintenance Management (TMM). A área de sistema de informação da manutenção avalia o impacto que as soluções da tecnologia da informação conferem à manutenção, analisando como a manutenção interage com outros departamentos das empresas, procurando otimizar todos os processos da forma mais eficiente possível. Por fim, as políticas de manutenção tratam da visão das organizações sobre a manutenção, apresentando novos conceitos e ideias para o melhoramento da manutenção como um todo (GARG; DESHMUKH, 2006).

A partir do estudo destas áreas, os autores atestam a necessidade de integrar a gestão da manutenção com outras áreas das empresas e sobre a possibilidade da realização de estudos sobre a implementação de diversas técnicas concomitantemente em uma empresa, como TPM, TQM (*Total Quality Management*, ou Gestão da Qualidade Total) e JIT (*Just in Time*, que determina que a produção e seus suprimentos devem seguir a demanda), que são técnicas de administração da produção juntamente com manutenção (GARG; DESHMUKH, 2006).

Uma das atividades mais importantes para qualquer organização é a redução de custos, e é possível reduzir custos de manutenção de formas específicas ou generalizadas. Considerando os elevados custos reativos existentes com manutenção corretiva, é possível reduzir de forma generalizada o custo aplicando as manutenções consideradas proativas, ou seja, que são realizadas antes das falhas ou quebras. Um modelo proposto por Portioli-Staudacher e Tantardini (2012) afirma que a programação e reprogramação constante de atividades de manutenção, em um trabalho conjunto com as áreas produtivas, resultam em redução de custos contínuas. A redução de custos obtida por uma gestão da manutenção com planejamento variável é sempre otimizada, já que um cronograma variável de paradas sempre vai obedecer ao melhor momento para reparar ativos, de acordo com os parâmetros sendo monitorados.

O estudo do planejamento da manutenção pode ser direcionado a três propósitos principais: otimizar a duração dos intervalos entre manutenções preventivas, realizar o sequenciamento correto das atividades no cronograma de manutenção e escolha das ações corretas para reparação dos ativos em questão (BASRI et al., 2017). Esses propósitos têm como principal objetivo evitar quebras

de sistemas, deterioração de componentes, falhas não previstas e interrupções no processo produtivo.

Dentre as diversas formas possíveis para classificar as técnicas de gestão da manutenção existentes, é importante destacar a abordagem apresentada por Prajapati, Bechtel e Ganesan (2012), que é apresentada no Quadro 1. Nesse enfoque, há quatro abordagens de manutenção, divididas em três categorias principais. A manutenção corretiva ocorre somente após a falha, a manutenção preventiva obedece a intervalos pré-definidos, e a manutenção preditiva é dividida em duas categorias diferentes: monitoramento das condições e análise de confiabilidade.

Quadro 1: Tipos de Manutenção

Categoria	Corretiva	Preventiva	Preditiva	
Ações	Reativas	Proativas		
Tipo	Corretiva	Periódica	Diagnóstico de Condições	Prognóstico de Condições
Abordagem	Reparo após a falha	Manutenção periódica	Manutenção baseada no diagnóstico das condições monitoradas	Manutenção baseada no prognóstico de utilização
Planejamento	Não aplicável	Baseado tempo de vida útil padrão ou histórico de falhas do componente	Baseado nas condições atuais do componente	Baseado na previsão de tempo de vida útil restante do componente

Fonte: Adaptada de Prajapati, Bechtel e Ganesan (2012)

Por muito tempo, as organizações praticaram a estratégia de manutenção de “utilização até a falha”, onde o ativo é operado até a sua quebra ou falha. Então, uma ação de manutenção é realizada com a intenção de corrigir o problema, que envolve reparo ou substituição. Para muitos ativos não críticos, este tipo de manutenção é considerado razoável e lógico (NEELAMKAVIL, 2010).

Sethiya (2006) destaca que a manutenção corretiva possui alguns pontos negativos relevantes, como: alto risco de falha secundária em peças correlatas, alto tempo de produção parada, altos custos de peças de reposição, alta quantidade de horas extras e ameaças de segurança à operação. Há, porém, alguns pontos positivos neste tipo de manutenção, como a falta de custos de monitoramento dos equipamentos e a falta de esforços demasiados e desnecessários na manutenção de peças e equipamentos que não precisam de monitoramento contínuo.

A manutenção preventiva tem como objetivo prever uma falha ou quebra utilizando um programa de manutenção, com planejamento e cronograma específicos. Comumente, o departamento de manutenção de uma empresa está ocupado demais realizando manutenções corretivas, e não há tempo hábil para realizar atividades de manutenção com intervalos regulares, sendo assim, uma mudança de paradigma é necessária para a implantação da manutenção preventiva (THUN, 2006).

Algumas análises essenciais para a manutenção preventiva podem ser realizadas, e Basri et al. (2017) estabelecem que o planejamento da manutenção preventiva pode ter um de três focos principais. Há o foco em custos, onde o planejamento da manutenção preventiva é realizado de acordo com os ganhos econômicos que seriam gerados pela periodização das verificações de manutenção, otimizando os tempos de parada em relação aos tempos de disponibilidade para a produção, via modelagens matemáticas que utilizam indicadores econômicos e estatísticos. O segundo foco principal é em tempo, onde os tempos de parada são otimizados de acordo com modelos matemáticos, inteligência artificial ou simulações. Por fim, a manutenção preventiva pode ser realizada com foco em falhas, onde informações sobre o funcionamento do componente em análise são consideradas para realizar o planejamento das suas paradas, através de análises críticas de causas e efeitos e utilização de matrizes de equipamentos para parada simultâneas.

You et al. (2010) defendem que a manutenção preditiva e baseada no monitoramento das condições é a forma mais avançada de planejar a manutenção, sendo uma evolução da manutenção preventiva periódica. Para isso, uma abordagem proposta é a adoção de um modelo que combina informações históricas com monitoramento da degradação de equipamentos,

para assim realizar uma manutenção preditiva com estimativas baseada em dados históricos e monitorados em tempo real.

Dentre as técnicas preditivas em tempo real, algumas das mais utilizadas são: ensaios de ultrassom, análise de vibrações mecânicas, análises de óleos e lubrificantes, e termografia (VIANA, 2002). Carnero (2003) aborda diversas vantagens para a utilização de programas de manutenção preditiva, como controle sobre os equipamentos que mostram indícios de defeitos, aumento na disponibilidade da planta, capacidade de realizar verificações de qualidade em sistemas internos e terceirizados, aumento na segurança da empresa, facilitação na obtenção de certificados de qualidade e padronização, fornecer as melhores ações de planejamento, aumento na qualidade da produção, entre outros.

Em um estudo de You e Meng (2011), um processo é proposto com cinco passos para estabelecer um cronograma de alto desempenho em manutenção preditiva. Os cinco passos propostos são: estabelecer o objetivo da manutenção a ser realizada (se será baseado em custo, tempo, falhas, entre outros), estabelecer a política da manutenção a ser utilizada (por tempo ou por alguma sequência específica, por exemplo), estabelecer as restrições da manutenção (disponibilidade de peças, tempo limite sem equipamentos disponíveis, entre outros), utilizar modelos de degradação (como o cálculo de deterioração de equipamentos é realizado), e estabelecer o efeito da manutenção (qual será o estado do equipamento após a manutenção, que pode ser somente utilizável ou na mesma condição de um equipamento novo, por exemplo) (YOU; MENG, 2011).

Dentro do estudo do monitoramento das condições de equipamentos, também é possível realizar melhorias que focam na redução da periodicidade de ações de manutenção, o que aumenta a disponibilidade de equipamentos para a produção e reduz custos. You e Meng (2012) utilizam cálculos de estimativa de vida útil residual, inseridos em uma estrutura de manutenção preditiva, para planejar somente intervenções necessárias. Neste modelo, as informações históricas e das condições monitoradas são adicionadas às previsões de tempo de vida para realizar o planejamento.

2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Modelos de gestão devem ser criados e utilizados de acordo com os processos que estão sendo monitorados, e um modelo de gestão da manutenção deve seguir esta abordagem. A gestão da manutenção, ao longo dos anos, tem se posicionado de forma um pouco atrasada em relação à gestão de operações das organizações, como um todo (SHERWIN, 2000). O autor argumenta que a partir dos anos 1980 os modelos de gestão da manutenção saíram dos estudos puramente acadêmicos e passaram a ser aplicados de forma extensa nas empresas, com maior motivação para sua utilização e ampliação.

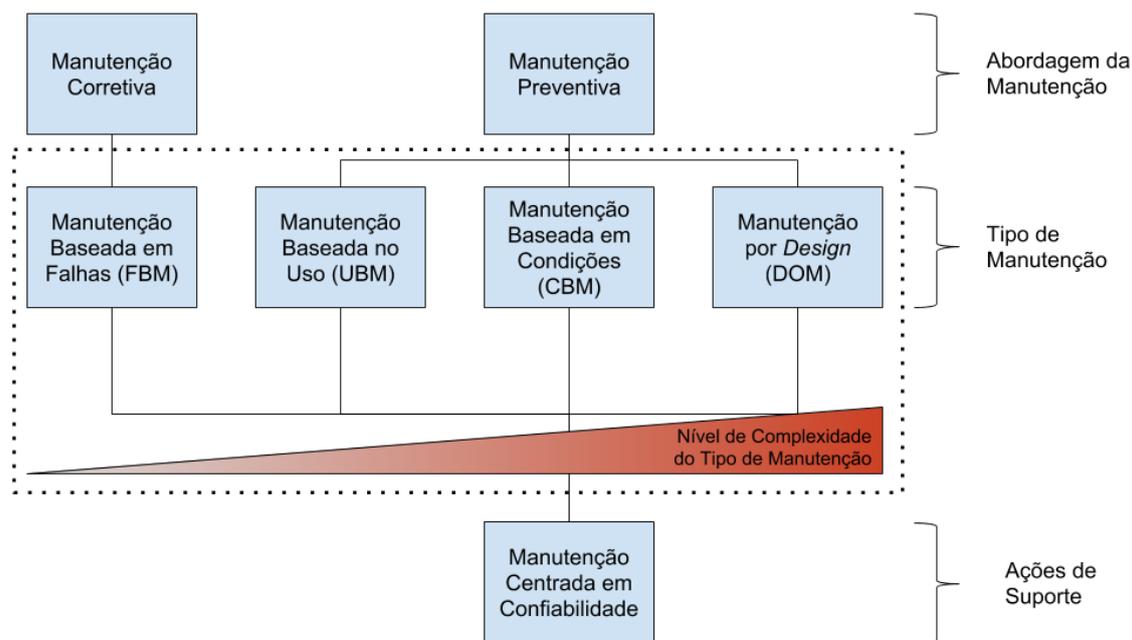
Uma das abordagens mais simples encontradas na literatura diz que é possível definir o modelo de gestão da manutenção ao avaliar aplicabilidade e custos de itens significantes ou não significantes. Dessa forma, todos os itens passíveis de manutenção seriam atribuídos a uma rotina de manutenção corretiva, manutenção preventiva periódica ou manutenção baseada em monitoramento de condições (HORNER; EL-HARAM; MUNNS, 1997).

Já em um estudo de revisão bibliográfica de modelos de gestão da manutenção, Fraser (2014) identifica que diversos padrões de gerenciamento são agrupamentos ou enfoques em alguns conceitos básicos de manutenção, entre eles: manutenção preventiva periódica; manutenção baseada em condições (em inglês *CBM, Condition-Based Maintenance*); manutenção baseada em confiabilidade (em inglês *RCM, Reliability Centered Maintenance*); manutenção produtiva total (em inglês *TPM, Total Productive Maintenance*); e gestão de qualidade total (em inglês *TQM, Total Quality Management*). Já no estudo de Waeyenbergh e Pintelon (2004), outros conceitos são apresentados, como manutenção baseada em falhas (em inglês *FBM, Failure Based Maintenance*), manutenção por *design* (em inglês *DOM, Design-Out Maintenance*), manutenção baseada em detecção (em inglês *DBM, Detection-Based Maintenance*) e manutenção baseada no uso (em inglês *UBM, Use Based Maintenance*).

Ao realizar um filtro sobre os procedimentos mais adequados para estudo no presente trabalho, esses conceitos podem ser classificados como tipos de manutenção, abordagem de ações de manutenção ou ações de suporte à

manutenção. A Figura 2 mostra como essa classificação é feita. Nessa classificação, as manutenções preventivas são divididas em abordagens, e não somente em preventiva e preditiva, como indicou o Quadro 1. As duas classificações são válidas e encontradas de forma ampla na literatura.

Figura 2: Abordagens e Tipos de Manutenção



Fonte: Autor (2019)

Esses conceitos foram reunidos dessa forma e seguindo essas classificações após estudar trabalhos de revisão bibliográfica e livros-texto publicados na área de gestão da manutenção, como Jonsson (1997), Jonsson (2000), Faccio et al. (2014), Waeyenbergh e Pintelon (2002), Waeyenbergh e Pintelon (2004), Muchiri et al. (2011) e Mobley (2002). A partir desses conceitos básicos é possível estudar os enfoques da manutenção apresentados, e um modelo de gestão deverá aplicar esses conceitos da forma mais adequada a cada organização. Tais conceitos são desenvolvidos nas próximas seções.

2.4.1 MANUTENÇÃO BASEADA EM FALHAS

Como abordado anteriormente, a manutenção corretiva possui ações para corrigir falhas que já ocorreram, com uma abordagem reativa. Dentro do espectro

de formas de gerir a manutenção, surge, então, a Manutenção Baseada em Falhas (em inglês *Failure-Based Maintenance*, ou FBM).

Na FBM pode existir uma abordagem planejada, no sentido de estar preparado para o evento de uma falha inesperada, mas todas as suas ações ocorrem somente após o acontecimento da falha. Atividades típicas desse tipo de manutenção são ações emergenciais, reparos e outras manutenções não programadas, e pode haver reparos utilizando equipamentos redundantes, para que a operação possa continuar o mais rápido possível. Reparos podem ser agendados para momentos oportunos operacionalmente ou por motivos de custos (JONSSON, 2000).

Nesse tipo de manutenção só há gastos após as falhas, e normalmente esses gastos fazem com que a FBM seja a mais dispendiosa abordagem para a gestão da manutenção. Para sustentar essas ações reativas, a equipe de manutenção de uma planta deve ser rápida e eficaz, e os estoques de peças sobressalentes devem ser altos, o que configura um ambiente de altos custos operacionais. Por conta disso, é comum que a FBM seja associada a atividades preventivas básicas, como lubrificação e ajustes de máquinas, que não configuram ações invasivas de manutenção, mas tentam retardar as falhas (MOBLEY, 2002).

Jonsson (2000) pondera que a FBM pode ser em casos muito específicos uma opção viável do ponto de vista operacional e financeiro. Normalmente, é recomendável utilizar equipamentos até a sua falha quando não há um padrão conhecido de falhas, e a vida útil de peças e sistemas não é conhecida. Essa situação torna a FBM interessante pois não há custos de manutenção preventiva com ativos que não possuem padrão de funcionamento conhecidos.

Essa situação não é comum e, com trabalhos investigativos a respeito dos equipamentos, uma abordagem preventiva pode ser adotada para maior eficiência operacional (JONSSON, 2000). Quando equipamentos e sistemas possuem funcionamento e confiabilidade aleatórios, estudos realizados em um nível mais profundo, analisando sistemas menores e peças individuais, podem indicar padrões reconhecíveis e passíveis de manutenção preventiva, o que reduz o custo geral da manutenção (SHERWIN; BOSSCHE, 1993).

De uma forma geral, a primeira questão a ser considerada, em um ambiente de gestão da manutenção, é se a FBM pode ser adotada, já que esse

é um tipo de manutenção que não exige altos níveis de planejamento e paradas de produção. Deve-se analisar se os componentes em questão são críticos e qual o impacto financeiro que a sua quebra ocasionaria. Se houver possibilidade técnica e econômica para utilizar o componente até a sua falha, a FBM é escolhida. Se houver algum percalço nessas duas áreas, outras opções devem ser consideradas (WAEYENBERGH; PINTELON, 2002).

Em um estudo realizado em indústrias italianas, e comparado com outras pesquisas em outros países, foi detectado que em empresas de pequeno, médio e grande portes, a FBM representava 55% do total das ações de manutenção. O restante foi classificado como manutenção preventiva (CHINESE; GHIRARDO, 2010). Os autores destacam que um patamar considerado saudável para uma empresa eficiente é entre 30 e 40% ações consideradas reativas, ou seja, de manutenção corretiva. Já Wireman (2015) indica que o ideal é trabalhar com menos de 20% de ações reativas, mas é possível encontrar empresas com números mais baixos ainda, chegando a 5% do total das ações de manutenção.

2.4.2 MANUTENÇÃO BASEADA NO USO

É comum que empresas passem a adotar posturas preventivas na sua abordagem à manutenção com o aumento da sua maturidade operacional, abandonando um comportamento puramente reativo baseado em manutenção corretiva (WIREMAN, 2013). Segundo o autor, as primeiras atuações consideradas preventivas podem ser lubrificações, procedimentos de fixação e inspeções visuais, que podem evoluir para programas mais avançados e periódicos, como substituições de peças e inspeções com desmontes programados.

Há algumas políticas comuns na execução da manutenção preventiva, como trocas periódicas de componentes, que podem ser baseadas em tempo de uso ou ciclos (FACCIO et al., 2014). As atividades em um abordagem de manutenção preventiva devem seguir alguns passos específicos para serem eficazes, e parâmetros planejados devem ser seguidos para a ativação das ações mantenedoras. Níveis de performance, que podem ser temporais ou condicionais, devem ser determinados, para que uma frequência de manutenção seja criada. A partir dessa frequência, ordens de serviço são emitidas e enviadas

para o *backlog* da manutenção. A partir desse *backlog*, o agendamento das ações será realizado, e um processo de agendamento da manutenção preventiva é então estabelecido (WIREMAN, 2013).

Essas rotinas iniciais de um processo de manutenção preventiva podem ser agrupadas em um tipo de gerenciamento chamado Manutenção Baseada no Uso (em inglês *Use Based Maintenance*, ou UBM). Neste tipo de enfoque, a manutenção é realizada de acordo com uma frequência definida previamente, que pode ser baseada em tempo ou ciclos de operação.

A UBM é uma política preventiva de manutenção, onde ações realizadas em intervalos determinados de forma prévia tendem a reduzir a probabilidade de falha ou redução do desempenho de um item. O seu objetivo é reduzir a chance de falha ao substituir ou reparar componentes após um número específico de ciclos ou de tempo de utilização. Se o índice de ocorrência de falhas, ao longo do tempo ou ciclos, diminuir, então a UBM é o tipo de manutenção mais adequado para uma operação (JONSSON, 2000).

É possível coletar dados para realizar a UBM de forma positiva através das informações de falhas passadas de itens específicos, para então criar ações preventivas aplicáveis a cada situação, a fim de evitar falhas futuras. Porém, é comum que a programação ideal para um equipamento, fundamentada nas suas necessidades de manutenção baseada no uso, não esteja sincronizada com as necessidades da operação fim da organização. Dessa forma, a UBM passa a não ser utilizada de forma ideal, o que deve ser evitado, trabalhando em conjunto com a produção para utilizar os dados de maneira eficaz (JONSSON, 1997).

Wireman (2015) destaca dois conceitos que devem ser observados com atenção, e precisam ser aplicados da forma correta para altos níveis de otimização. Primeiramente, deve haver trocas proativas de peças ou itens. Essas trocas devem seguir padrões específicos que determinem que um componente está prestes a falhar, de acordo com informações do seu uso cíclico (de tempo ou ciclos de utilização). Se for trocado antes da hora, simplesmente para seguir um cronograma definido, os custos da UBM podem inflar acima de patamares aceitáveis. O outro conceito importante é o de remodelações programadas, onde organizações com operações cíclicas (como instituições de ensino ou indústrias com processos contínuos) observam paradas programadas ao longo do tempo, e podem renovar ou substituir seus sistemas para patamares melhorados. Esses

patamares devem servir as operações da organização até o próximo ciclo de parada. Segundo o autor, esse conceito pode ser aplicado não somente a equipamentos, mas também a instalações, que devem ter um calendário de reformas e reparos prediais.

2.4.3 MANUTENÇÃO BASEADA EM CONDIÇÕES

A manutenção baseada em condições (em inglês, *Condition-Based Maintenance*, ou CBM) utiliza sistemas de suporte para fornecer informações e análises sobre a operação de um equipamento (DEPARTMENT OF DEFENSE, 2008). Esse tipo de manutenção é comumente chamado de “manutenção preditiva”, e diz respeito à manutenção preventiva iniciada a partir da mudança na condição de um item sendo monitorado. As causas para potenciais falhas são identificadas, já que as características principais do item em monitoramento são analisadas de um valor inicial até um valor considerado fatal para que ocorra a falha. A CBM não pode ser aplicada se esse tipo de medida não puder ocorrer, e os parâmetros selecionados para uma medição são inspecionados continuamente ou com uma certa frequência (JONSSON, 2000).

Tecnologias avançadas são usadas para determinar a condição de um equipamento, para que então potenciais falhas sejam identificadas (VENKATARAMAN, 2007). Segundo o autor, alguma dessas tecnologias são: análise de vibração; termografia infravermelha; análise de óleo; ultrassom; análise de correntes; e detecção de vazamento de gases. Essas técnicas de monitoramento das condições, assim como os operadores de equipamentos, possuem papéis importantes na CBM. Inspeções visuais realizadas por operadores também podem ser consideradas uma técnica de CBM, e muitas das potenciais falhas são identificáveis utilizando os sentidos humanos (JONSSON, 2000).

Alguns estudos sugerem que por volta de 75% dos problemas relacionados à manutenção podem ser prevenidos por operadores em estágios iniciais dos defeitos dos equipamentos, através de, por exemplo, verificações visuais, auditivas e olfativas (MAGGARD; RHYNE, 1992). Apesar de adiar a ocorrência de manutenção pesada, a CBM não elimina totalmente a sua

necessidade, e a sua aplicação deve ser aplicada em conjunto com algum outro tipo de política, como a UBM (JONSSON, 2000).

2.4.4 MANUTENÇÃO POR *DESIGN*

A manutenção por *design* (em inglês, *Design-out Maintenance*, ou DOM) melhora as condições de manutenibilidade e confiabilidade de um equipamento na etapa de projeto (ou *design*) ou por alteração física em etapas avançadas do seu ciclo de vida, e pode até fazer que a manutenção não seja necessária em momento algum da sua operação. Este tipo de prática pode ser classificada como uma abordagem estratégica, e não necessariamente uma política de manutenção, já que para efetivamente integrar as experiências de manutenção nas etapas de projeto requer informações e dados dos fabricantes e usuários dos equipamentos, em equipes multidisciplinares (JONSSON, 2000; WAEYENBERGH; PINTELON, 2002).

Muitas publicações como Waeyenbergh e Pintelon (2002), Muchiri et al. (2011), Waeyenbergh e Pintelon (2004) e Waeyenbergh e Pintelon (2009) consideram este tipo de estratégia da manutenção como uma política a ser adotada em conjunto com FBM, UBM e CBM, porém a sua origem se confunde com a criação do pilar de controle inicial no TPM. Este processo foca em reduzir o tempo entre o projeto de um equipamento e sua operação, atingindo equilíbrio ideal entre manutenção, melhorias e operação, com baixos custos de operação (JONSSON, 2000). Isso será discutido na seção 2.7 com mais profundidade.

2.4.5 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Uma organização pode utilizar conceitos de confiabilidade para suportar a sua escolha e distribuição de políticas de manutenção. Ao levar em consideração dados históricos e passar a prever, estatisticamente, a forma como equipamentos se comportarão em uso futuro, a manutenção preditiva passa a fazer uso da confiabilidade para realizar as suas ações. A confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um sistema, veículo, máquina, equipamento e outros componentes de desempenhar sua função pretendida,

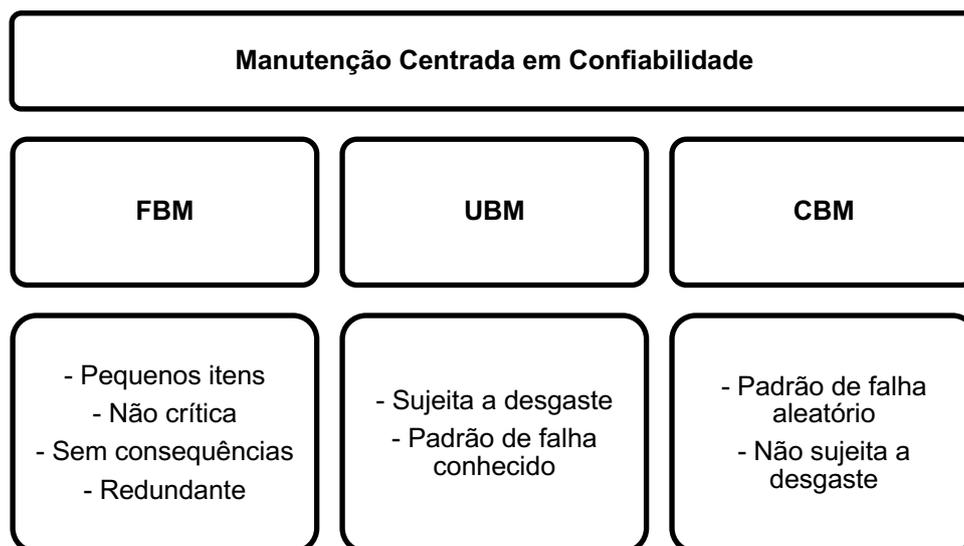
dentro das condições operacionais especificadas, por um período de tempo (MEEKER; ESCOBAR, 1998).

Há alguns fatores principais que influenciam as características de confiabilidade dos sistemas, como ambiente (temperatura, umidade e poeira), parâmetros de condições de funcionamento (vibração e pressão), modificações de projeto, habilidade dos operadores e quantidade e tipo de reparos realizados no equipamento. Alguns modelos de previsão podem ser retirados destas medições, como o modelo de perigos proporcionais, que analisa o funcionamento de equipamentos sem considerar os fatores influenciadores e depois estabelece pesos para cada um deles, e o modelo de falha acelerada, que utiliza os fatores influenciadores em funções logarítmicas para prever quando uma falha ocorrerá (KUMAR; WESTBERG, 1997).

A depender dos objetivos operacionais de uma empresa, a manutenção centrada em confiabilidade pode ter dois tipos de abordagem: manutenção mínima e manutenção máxima. A manutenção mínima coloca um equipamento deteriorado no mesmo estado que estava imediatamente antes da sua deterioração, enquanto a manutenção máxima restaura um equipamento para o seu estado como novo. Comumente, sistemas de previsão de confiabilidade consideram que somente a manutenção máxima é realizada, o que pode gerar imperfeições nas estimativas de utilização eficaz dos equipamentos. Porém, ao considerar que uma atividade de manutenção não levará o equipamento ao seu estado de novo, a estimativa de tempo útil de vida torna-se muito mais acurada e viável à utilização no dia-a-dia (LI; NI, 2008).

Alternativamente ao encontrado frequentemente na literatura, um modelo proposto por Afefy (2010) diz que a manutenção centrada em confiabilidade pode, na verdade, ser composta por todos os outros tipos conhecidos de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva. É possível observar na Figura 3 que componentes e aplicações das manutenções reativa, preventiva, por condição e proativa podem ser utilizados como base da manutenção centrada em confiabilidade. Utilizando estes conceitos, muitas ferramentas de outras formas de manutenção são adaptáveis à manutenção por confiabilidade, o que melhora a robustez desta política e aplicável a um leque maior de situações.

Figura 3: Componentes possíveis de um programa de Manutenção Centrada em Confiabilidade



Fonte: Adaptado de Afefy (2010)

2.5 SISTEMA COMPUTADORIZADO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO: CMMS

Um sistema computadorizado de gestão da manutenção (ou *computerized maintenance management system*, CMMS) deve ser considerado uma plataforma para análises decisórias dentro de uma gestão da manutenção de qualidade. Gerentes de manutenção comumente utilizam seu CMMS como banco de dados e para análise de dados, mas raramente para análises decisórias. Um sistema computadorizado de qualidade, com informações em tempo real de frequência e duração das ações de manutenção, pode ter contribuição importante para a gestão do conhecimento de engenheiros de manutenção durante o seu trabalho, e auxiliar no processo decisório de ações a serem tomadas (LABIB, 1998).

Segundo Labib (2004), além das funções comuns de programação e emissão de ordens de serviço, um CMMS de qualidade deve apresentar ferramentas eficazes para monitoramento de estoques, abertura de pedidos e políticas de inventários. Além disso, o CMMS deve os seguintes atributos:

- Suportar o monitoramento das condições dos ativos de manutenção;
- Monitorar a movimentação e alocação de peças de reposição;
- Permitir que operadores e usuários comuns reportem falhas às equipes de manutenção;
- Facilitar o melhoramento da comunicação entre operações e manutenção;
- Fornecer informações históricas para os planejadores e programadores da manutenção;
- Fornecer informações para melhoria de controle por parte dos gerentes de manutenção;
- Oferecer informações à área financeira da empresa acerca dos gastos com ativos físicos, afim de facilitar decisões sobre gastos;
- Mostrar informações para a alta gerência sobre o estado de saúde dos ativos físicos.

Os principais módulos de operação de um CMMS podem ser divididos em: ações corretivas e ações preventivas. As ações corretivas lidam com trabalhos de manutenção relacionados a quebras e manutenções corretivas a partir de mau funcionamento ou funcionamento reduzido de equipamentos, enquanto as ações preventivas são trabalhos que se adaptam ao longo do tempo para a melhor prevenção de quebras dos equipamentos (FERNANDEZ et al., 2003). Ainda de acordo com Fernandez et al. (2003), um CMMS deve permitir diversos perfis de usuários, como operadores, supervisores e gestores (ou tomadores de decisão), com acessos diferenciados a funções diversas, para que cada profissional tenha acesso às áreas inerentes à sua função.

Todas as ações geradas a partir do CMMS, dentro de um sistema de gestão da manutenção, geram uma Ordem de Serviço (OS), que é a autorização do trabalho de manutenção a ser executado, e é a base da ação humana dentro da manutenção (VIANA, 2002). Viana (2002) também determina que uma OS pode ser gerada de três formas: manualmente (por um membro da equipe de manutenção), automaticamente (seguindo os planos de ações preventivas) ou através de uma Solicitação de Serviço (uma solicitação realizada por um membro externo da área de manutenção, que precisa ser aprovada por um agente interno da manutenção para se tornar OS).

2.6 MANUTENÇÃO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

É possível observar um crescente esforço para aplicar melhorias na qualidade dos serviços públicos prestados no Brasil. O controle de custos e a implementação de projetos de melhoramentos auxiliam o cenário de inovações, através da adoção de medidas estratégicas para facilitar a governança e aumentar a eficiência operacional das instituições. Neste âmbito, uma das principais ferramentas para monitoramento e controle de novas implantações é a gestão de projetos, que está frequentemente aliada à aplicação de melhorias operacionais que podem beneficiar as instituições públicas estrategicamente, como as melhores práticas de gestão da manutenção (PISA; OLIVEIRA, 2014).

Nos últimos anos, o número de instituições públicas de ensino superior vem crescendo. Entre 2003 e 2014, presenciou-se um período expansionista nas universidades e campi federais no Brasil, observando-se um salto de 45 para 63 universidades sob a administração do governo federal. Além disso, o número total de campi saltou de 148 para 321. Esse aumento representa 40% a mais de instituições e 117% a mais de aglomerações de prédios públicos para serem geridos (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2015).

Ao aplicar técnicas de gestão da manutenção em uma instituição pública, é necessário entender as atividades e clientes finais para quais os ativos que sofrem ações de manutenção possuem funções requeridas. Grande parte dos ativos sofrem manutenção predial, além da manutenção de equipamentos, comum em indústrias. Apesar de seguir os mesmos conceitos gerais de aplicação de técnicas gerenciais de manutenção, algumas peculiaridades devem ser observadas com a manutenção predial.

A aplicação de práticas de manutenção em instituições públicas no Brasil é afetada diretamente pela escassez de recursos financeiros e mão-de-obra, bem como problemas de disfunções burocráticas em processos de aquisição de materiais e contratação de serviços. Isso é somado a práticas comuns de processos licitatórios, que priorizam preço final e não qualidade dos trabalhos, o que reduz significativamente o nível de serviço recebido por instituições públicas. (BARBOSA, 2016).

O setor de manutenção em uma instituição pública, que possui ações de manutenção para ativos como equipamentos e construções, geralmente realiza seus trabalhos longe da percepção dos seus clientes finais, ou seja, os usuários dos prédios. Isso ocorre pois não há necessariamente habilidade para reconhecer ou avaliar a qualidade do serviço, por parte dos usuários. Assim, a análise do serviço realizado é comumente feita através do uso dos equipamentos e ambientes, com testes de uso apenas após a conclusão dos serviços (RASILA; GERSBERG, 2007).

A manutenção predial é considerada extremamente importante para garantir instalações confiáveis, capazes de oferecer nível satisfatório de conforto, funcionalidade e privacidade (PINTO; GOUVÊA; OLIVEIRA, 2014). Para a maioria dos gestores, uma forma de avaliar o desempenho das suas instalações físicas é uma ferramenta de gestão significativa, e modelos de gestão devem ser gerados e avaliados para essas instalações (LINDHOLM; NENONEN, 2006). Os autores também defendem que empresas devem introduzir ferramentas estratégicas, táticas e operacionais para medir o desempenho das suas instalações em relação ao que é esperado da organização como um todo.

A maioria das ações de manutenção são realizadas longe da percepção dos clientes finais, e mesmo que os mesmos possuíssem ciência dos processos ocorrendo, possivelmente não teriam conhecimento para avaliar a qualidade técnica do serviço prestado. Os usuários das instalações avaliam os serviços de manutenção através do conhecimento técnico que possam ter, auxiliados principalmente pela percepção de funcionalidade durante o seu período de uso das instalações (RASILA; GERSBERG, 2007). Esse conceito de qualidade pode ser considerado a diferença entre a expectativa do serviço e a percepção final do cliente (PARASURAMAN; ZEITHAML; BERRY, 1985).

Um dos modelos mais amplamente aceitos de qualidade de serviços pode ser aplicado à manutenção predial. O modelo indica que existem valores atribuídos pelos clientes finais dos prédios para indicadores de confiabilidade, prontidão e empatia para os prestadores de serviço (BRADY; CRONIN JR, 2001). Os autores também indicam que esses indicadores são conferidos a três grupos de qualidade percebida: qualidade de interação, qualidade de ambiente físico e qualidade de resultado. Esses indicadores podem ser considerados

relevantes ao aplicar um sistema de gestão da manutenção em uma organização.

2.6.1 GESTÃO DE INSTALAÇÕES

A gestão de instalações (também conhecida como gestão de *facilities*) há algum tempo era considerada uma vertente administrativa voltada para reparos, limpeza e manutenção. Porém, hoje em dia, é reconhecido que esta atividade é um centro de custos que pode contribuir para lucro, e deve possuir uma gestão eficaz. Prédios são dispendiosos para serem utilizados, adaptados e mantidos, e independentemente do seu uso devem ser habitáveis, seguros, duráveis, eficientes energeticamente e adaptáveis (LAVY, 2010). A Associação Internacional de Gestão de Instalações (em inglês *International Facility Management Association*, ou IFMA) define que a gestão de instalações é uma profissão que engloba múltiplas disciplinas para garantir a funcionalidade, conforto, segurança e eficiência de um ambiente construído ao integrar pessoas, lugares, processos e tecnologias (IFMA, 2018).

É possível colocar a gestão de instalações dentro de uma visão sistêmica mais abrangente, considerando todo o ciclo de vida de um prédio. Este ciclo de vida cobre os estágios de concepção, construção, uso e fim de vida. Nessa classificação, a gestão de instalações administra os custos relacionados à operação e à manutenção do prédio, o que inclui reparos, trocas, reformas e consumo de energia (MASLESA; JENSEN; BIRKVED, 2018).

Shin et al. (2018) definem que existem dimensões, fatores de sucesso e atividades que determinam a relação entre a gestão de instalações de um prédio e os seus usuários. Estas características foram originadas de uma pesquisa de revisão de literatura, estudos de caso e entrevistas com especialistas da área. Os dados foram obtidos através de informações de manuais, organogramas organizacionais, cronogramas de operação e manutenção, verificações de inspeções, relatórios de atividades e entrevistas. Um resumo destes indicadores estão no Quadro 2:

Quadro 2: Dimensões, Fatores de Sucesso e Atividades da Gestão de Instalações

Dimensão	Fatores de Sucesso	Atividades
Funcionalidade	<ul style="list-style-type: none"> - Confiabilidade; - Ciclo de vida; - Desempenho; - Aplicação de melhorias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operar e otimizar a instalação; - Monitorar condições; - Implementar cronograma de manutenção; - Realizar manutenção corretiva; - Supervisionar trabalhos de contratados; - Gerenciar inventário e peças de reposição.
Segurança	<ul style="list-style-type: none"> - Segurança dos usuários; - Preparação para emergências. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conduzir inspeções de segurança; - Implementar inspeções de segurança e procedimentos de segurança patrimonial; - Conduzir simulações de emergência.
Satisfação	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfação dos usuários; - Resposta a reclamações; - Conforto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisar satisfação dos usuários; - Gerenciar reclamações; - Gerenciar conforto ambiental interno.
Rentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de custos; - Economia de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar orçamentos externos para serviços de manutenção, se necessário; - Revisar e analisar viabilidade de custos; - Monitorar gasto de energia; - Produzir relatório de gastos.
Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Adequação ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gerenciar resíduos.
Organização	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de competências da equipe de gestão da instalação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Treinar pessoal tecnicamente; - Treinar pessoal para satisfação dos usuários.

Fonte: Adaptado de Shin et al. (2018)

Ao levar em consideração todo o ciclo de vida de um prédio, diferentes estudos apontam que os custos com gestão da manutenção podem variar de 2% a 55% (MASLESA; JENSEN; BIRKVED, 2018). Porém, ao considerar somente a gestão de instalações, a manutenção constitui a maior parte dos custos, que ficam em média entre 65% e 85% do total (LAVY; JAWADEKAR, 2014). Estes

números atestam a importância de considerar a gestão da manutenção como um ponto estratégico na gestão de edificações.

A gestão de instalações agregou, ao longo dos anos, estratégias de manutenção, como CBM e UBM, para avançar em complexidade e eficácia. Para uma gestão da manutenção eficiente em edificações, é necessário possuir conhecimento de: inventário dos prédios (quantidades, tipos e relação entre peças); condição física (medidas da deterioração de componentes dos prédios); e desempenho, condição e impacto de componentes importantes das instalações. Deve-se realizar este trabalho sempre entendendo qual é a atividade fim do prédio sendo gerido (DICKERSON; ACKERMAN, 2016)

2.7 MACROPROCESSO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Muitos conceitos e atividades relacionados à gestão da manutenção são aplicados de forma dispersa e independente em áreas operacionais distintas das organizações, sem necessariamente apresentar coesão e sincronia entre si. A maioria desses modelos determina somente qual tipo de manutenção será utilizada em certos grupos de ativos, sem detalhar processos de implantação, monitoramento e melhoria da gestão da manutenção. Desta forma, é necessário aplicar algum método para trabalhar de forma integrada com todas as considerações tratadas na seção anterior. A Figura 4 mostra cada uma das etapas, agrupadas em processos, que formam o macroprocesso abordado na aplicação do SGM do presente trabalho.

Figura 4: Macroprocesso da Manutenção



Fonte: Adaptado de Viana (2016)

2.7.1 CONTROLE INICIAL

Um dos sete processos deste sistema de gestão é chamado de “controle inicial”, e estabelece um sistema de gerenciamento antecipado, favorecendo a eliminação de falhas em fases iniciais de um projeto, assim como sistemas de monitoria, onde ativos físicos de qualidade são resultados de ações prévias e detalhadas (KARDEC; NASCIF, 2009). Esta metodologia é utilizada na implantação de novos projetos ou equipamentos, e visa garantir a máxima

capacidade de manutenção, aliada à minimização de perdas e maximização de resultados (VIANA, 2016).

O controle inicial é baseado em um dos oito pilares da TPM, que é um sistema de gestão derivado da manutenção preventiva, e possui como objetivo a maior eficácia de uma empresa através de qualificação de pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos, incorporando conhecimentos e habilidades de manutenção em todo o processo produtivo (KARDEC; NASCIF, 2009). O controle inicial deve reduzir tempo de start-up de equipamentos por conhecimento já adquirido; introduzir novos projetos sem perdas em relação aos equipamentos já instalados; e garantir maior performance inicial do equipamento, minimizando falhas precoces (BONIFÁCIO; BONIFÁCIO, 2011).

Viana (2016) estabelece que o controle inicial possui quatro atividades: acompanhamento de projetos; elaboração de planos e cadastro técnico; tagueamento e codificação de ativos; e definição de criticidade e estratégias de manutenção. O Quadro 3 sumariza as atribuições de cada uma dessas etapas:

Quadro 3: Etapas do Controle Inicial

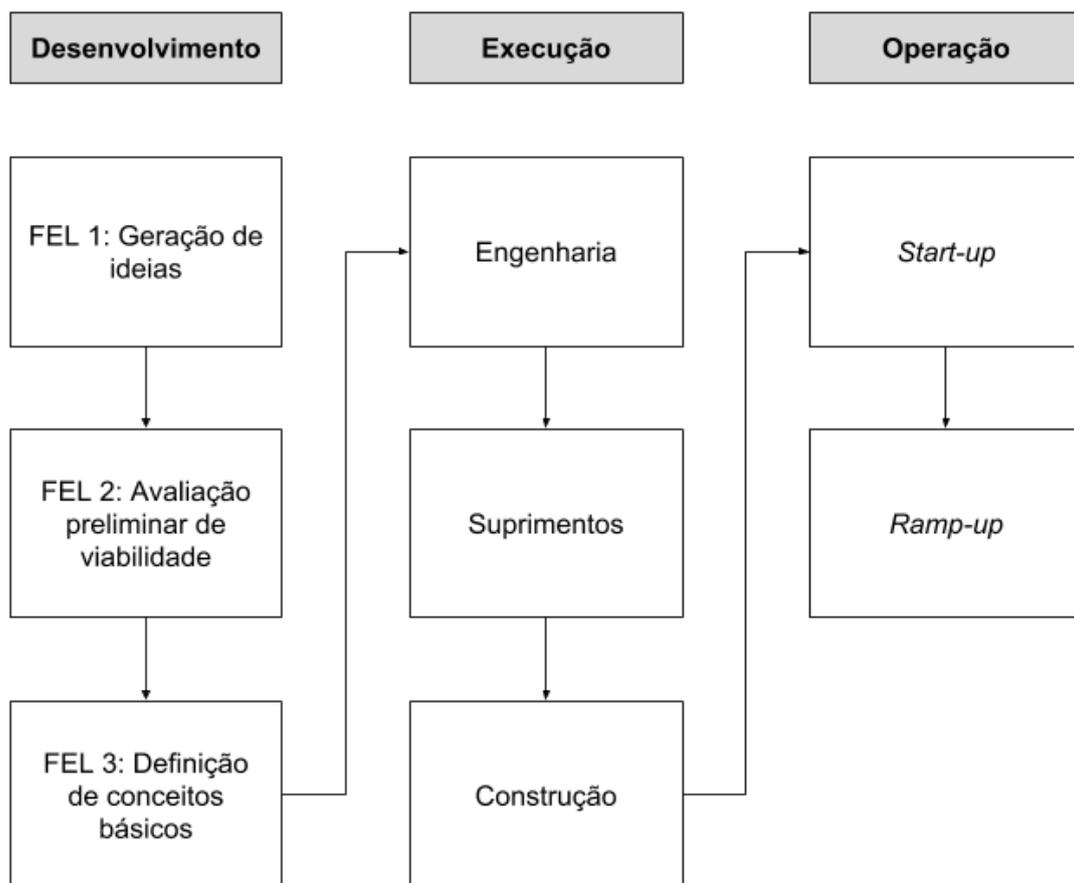
Etapa	Descrição
Acompanhamento de Projetos	Conhecer detalhes do projeto; gerar informações de manutenção de ativos; analisar condições de manutenção dos novos ativos, realizar capacitação de equipes mantenedoras; acompanhar <i>start-up</i> e <i>ramp-up</i> dos novos ativos
“Tagueamento” e codificação de ativos	Organizar e cadastrar novos ativos no gerenciamento da organização, possibilitando abordagens de manutenção
Definição de Criticidade e Estratégias de Manutenção	Classificar novos ativos de acordo com sua criticidade: baixa, média ou alta. Definir estratégia de manutenção de maior (inspeção, preventiva, melhoria contínua) ou menor (utilização até a quebra) rigidez.
Elaboração de Planos e Cadastro Técnico	Elaboração dos planos preventivos periódicos de manutenção; cadastrar informação técnica dos novos ativos; vincular informações para rastreabilidade em consultas

Fonte: adaptado de Kardec e Nascif (2009); Bonifácio e Bonifácio (2011); Viana (2016).

2.7.1.1 ACOMPANHAMENTO DE PROJETOS

A gestão de projetos é caracterizada como a aplicação de habilidades, conhecimentos, ferramentas e técnicas para planejar programar, executar e controlar atividades de um projeto (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2018). Dentro desse conceito, é possível estabelecer uma cadeia de suprimentos para o ciclo de vida de um projeto, que pode ser decomposta em três etapas: necessidades do cliente; execução do projeto; e *start-up* e operação do projeto (THE BUSINESS ROUNDTABLE, 1997). A Figura 5 mostra o ciclo de vida de um projeto utilizando esses métodos:

Figura 5: Ciclo de Vida de um Projeto



Fonte: The Business Round Table (1997), Yeo e Ning (2002), Shlopak, Emblemavag e Oterhals (2014), Cube e Schmitt (2014), Cavalcante e Farias Filho (2015)

Uma forma de trabalhar as necessidades do cliente é por meio da metodologia FEL (*Front-End Loading*), que é um processo de estudo da viabilidade de um projeto antes da sua execução, com identificação e definição do escopo, para então alinhar o projeto às necessidades desejadas (CAVALCANTE; FARIAS FILHO, 2015). Essa técnica proporciona maior possibilidades de gestão de riscos antes da implantação do projeto, o que aumenta suas chances de cumprir objetivos (BATAVIA, 2001).

Estudos de revisão de literatura apontam que existem diversas formas de dividir as etapas da metodologia FEL, mas a forma mais comum de classificar o ciclo de vida de um projeto utilizando essa técnica é a classificação em três etapas: geração de ideias; avaliação preliminar de viabilidade; e definição de conceitos básicos (SHLOPAK; EMBLEMSVÅG; OTERHALS, 2014). Alternativamente, essas etapas também são chamadas de “FEL 1”, “FEL 2” e “FEL 3”, que são compostas de atividades de análise do negócio, seleção da alternativa e planejamento da construção, com portões de decisão para indicar a transição entre fases, via avaliação de aprovação (CAVALCANTE; FARIAS FILHO, 2015).

Para a fase de execução do projeto, é comum utilizar o modelo EPC (*Engineering, Procurement and Construction*, ou Engenharia, Suprimentos e Construção). O processo de engenharia transforma as necessidades do dono do projeto em solicitações claras para o empreiteiro responsável pelo projeto, e diversas decisões sensíveis para o sucesso do projeto são tomadas e os recursos para sua implantação são definidos, antes que se torne muito dispendioso para mudanças. O processo de suprimentos utiliza os desenhos, especificações e materiais definidos na etapa anterior para realizar atividades de logística, compras e gestão de materiais. E então a etapa de construção aplica os conceitos definidos na engenharia com os equipamentos e materiais obtidos pelos suprimentos, utilizando a sequência lógica e técnica mais adequada (YEO; NING, 2002).

Na etapa de *start-up* e operação, o projeto já foi implantado e sua operação assistida é iniciada. As falhas iniciais são tratadas para não ultrapassarem um nível aceitável, para que então o volume de operação cresça. Então, depois que a análise de riscos de crescer o volume de operação ou produção é realizada, a etapa de *ramp-up* aumenta gradativamente as saídas de

produção, até que o nível desejado no projeto seja atingido (CUBE; SCHMITT, 2014).

A literatura voltada para aplicação da abordagem em gestão da manutenção em gerenciamento de projetos é escassa, mas alguns autores, como Cavalcante e Farias Filho (2015), definem que deve haver foco em reduzir tempos de intervenção, reduzir custos de operação e aumentar disponibilidade operacional. O processo de controle inicial procura integrar os conhecimentos a respeito do ciclo de vida de projetos com a abordagem focada em manutenção, para que uma organização tenha objetivos operacionais alinhados aos da manutenção desde a sua implantação.

2.7.1.2 “TAGUEAMENTO” E CODIFICAÇÃO DE ATIVOS

“Tagueamento” é a atividade que organiza ativos de uma organização, sendo estes novos ou em utilização, ao trabalhar para os inserir no contexto gerencial da empresa ou instituição. Essa atividade cria um *tag*, ou etiqueta, associada a cada ativo alvo da gestão da manutenção. Através dessa organização é possível que as abordagens de manutenção a serem realizadas, como inspeções e ações de manutenção preventiva, possuam registros no sistema de gestão de ativos da empresa, como ordens de serviço e vinculação de custos de manutenção (VIANA, 2016). Essa atividade possui algumas etapas, que devem construir um banco de dados de ativos físicos da organização, entre elas: classificação dos ativos; registro dos ativos; construção do portfolio dos ativos; e associação de custos e resultados ao registro do ativo (GRUBISIC; NUSINOVIC; ROJE, 2009).

A etiqueta criada deve ser definida para inserção em uma base de dados da organização. Os ativos podem estar localizados em propriedades com estruturas diferentes, mas todos os *tags* devem seguir um padrão unificado para descrição e identificação de todos os ativos. É comum que *tags* iniciem o seu nível mais alto com alguma identificação sobre o endereço onde o ativo está localizado (que em uma universidade pode ser o campus), e sua estrutura subsequente aumenta a especificidade da localização, com prédio, bloco, andares e salas, por exemplo. De acordo com as políticas internas da organização e *softwares* utilizados, deve-se definir a qual nível da etiqueta os

custos e categorizações dos ativos serão associados (ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS, 2008).

2.7.1.3 DEFINIÇÃO DA CRITICIDADE E ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO

Dentro da gestão de instalações ou do processo produtivo da organização sendo estudada para aplicação do sistema de gestão da manutenção, devem ser definidos quais ativos e equipamentos são considerados mais críticos para as suas operações. A criticidade de um ativo é apontada de acordo com a sua probabilidade de falhar, o grau de complexidade do seu reparo e quão impactante seria a sua ausência dentro do processo produtivo da organização (BONIFÁCIO; BONIFÁCIO, 2011).

A classificação dos ativos é realizada comumente de acordo com a estratégia de manutenção a ser aplicada. Caso as funcionalidades do ativo não sejam afetadas por falhas que ocasionem alta quantidade de tempo parado, custos e impactos ambientais, é possível que uma estratégia de usar até a falha, ou seja, manutenção corretiva, seja aplicada. Porém, se o ativo apresentar alto índice de falhas, que ao serem evitadas ocasionam economia em custos de manutenção, menos impactos ambientais e operacionais, assim como maior disponibilidade física, uma estratégia de manutenção preventiva pode ser adotada. Para tal, um algoritmo de decisão deve ser desenvolvido para classificar os ativos dessa forma, e as necessidades específicas de cada organização devem ser levadas em consideração. (MONTGOMERY; BANJEVIC; JARDINE, 2012).

2.7.1.4 ELABORAÇÃO DE PLANOS DE MANUTENÇÃO

Um dos principais produtos do processo de controle inicial é o plano de manutenção. Com esse documento, é possível gerar uma fonte de informações do sistema de manutenção relacionada às suas ações preventivas (BONIFÁCIO; BONIFÁCIO, 2011). Este tipo de manutenção apresenta a grande vantagem de poder ser planejado, que é altamente favorável ao se considerar a necessidade de preparação prévia para os trabalhos de manutenção, no que diz respeito a compra de componentes, disponibilidade de mão-de-obra e agendamento de

utilização de ferramentas (DEKKER; WILDEMAN; VAN DER DUYN SCHOUTEN, 1997).

Os fabricantes de equipamentos podem, algumas vezes, não fornecer informações de atividades de manutenção e suas periodicidades, e, além disso, as condições operacionais de um ambiente específico devem ser estudadas para criar um plano de manutenção. A substituição de componentes e degradação de itens são inerentes a cada instalação, tornando a manutenção preventiva periódica específica a cada local de trabalho, com planejamento realizado com dados precisos (KARDEC; NASCIF, 2009).

Durante a criação dos planos, deve ser definido como a manutenção será alinhada à operação dos ativos e à utilização das instalações da organização, assim como quais equipes especialistas trabalharão em tarefas específicas, bem como a frequência das atividades (BUDAI; DEKKER; NICOLAI, 2006). Também devem ser definidas nos planos de manutenção as políticas de manutenção adotadas em certas tarefas, ou seja, quais regras serão seguidas a depender das variáveis das condições encontradas. Essas políticas podem ser, entre outras, manutenção baseada em falhas, manutenção baseada em uso ou manutenção baseada em condições (WAEYENBERGH; PINTELON, 2004).

Os planos devem ser elaborados de acordo com os conceitos do controle inicial, e algumas atividades devem ser realizadas, como: determinar a criticidade dos equipamentos de acordo com um algoritmo de decisão que diz respeito às suas falhas e impactos na operação; selecionar as técnicas de manutenção aplicadas; distribuir ações de manutenção ao longo do tempo, com certa frequência, para cada ativo; e elaborar indicadores de desempenho para determinar a eficácia do plano (BONIFÁCIO; BONIFÁCIO, 2011).

2.7.2 IDENTIFICAÇÃO DA DEMANDA

O segundo processo, chamado de “identificação da demanda” auxilia no melhoramento da observação das demandas de manutenção, através de estratégias operacionais para aprimorar capacidades atuais, redução de custos de manutenção, com avaliações de eficiência e eficácia (KUMAR et al., 2013). Durante o processo de identificação da demanda, deve-se organizar as informações adquiridas em campo e dos planos de manutenção, para realizar

direcionamento adequado das atividades a serem tratadas (VIANA, 2016). Viana (2016) também define quatro atividades a serem consideradas neste processo: planos de manutenção; manutenção condicional, manutenção corretiva emergencial e programada; e solicitação de serviço.

Os planos de manutenção são essenciais para o bom gerenciamento do setor de manutenção de uma empresa (XENOS, 2014). Esta atividade funciona como uma ferramenta de diagnóstico do cenário atual das operações, e é desenvolvida pelos integrantes da equipe de manutenção, para resultar em uma correta realização das ações de manutenção planejadas. Seu principal objetivo é apresentar um roteiro para guiar os executantes da manutenção na realização das atividades de forma eficaz (BAPTISTA, 2016). Viana (2002) divide os planos de manutenção em cinco categorias:

- Planos de manutenção visuais;
- Roteiros de lubrificação;
- Monitoramento de características dos equipamentos;
- Manutenção de troca de itens de desgaste; e
- Plano de intervenção preventiva.

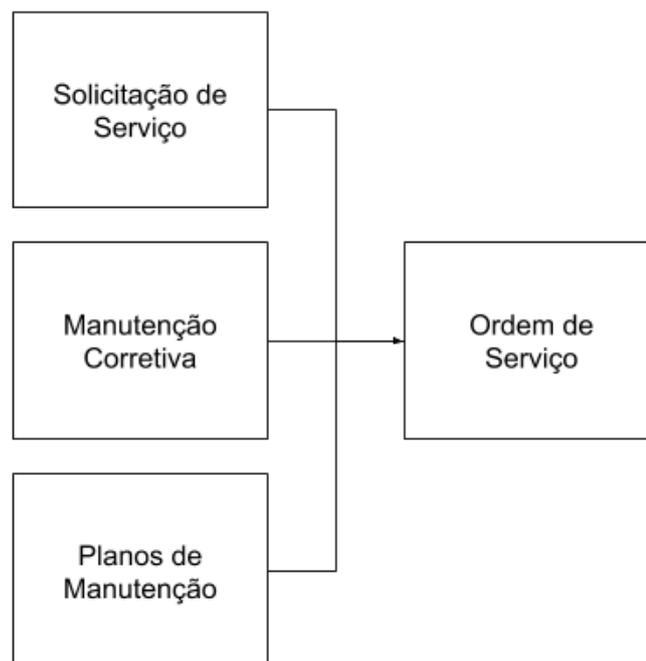
Quando há uma situação onde a manutenção corretiva é imprescindível para a continuidade da produção, é necessário reparar as falhas descobertas em um equipamento ou item. Essa atividade é chamada de manutenção corretiva emergencial (DUTA, 2012). Quando um equipamento não é utilizado de forma contínua e a equipe de manutenção entende que há probabilidade de falha, é possível agendar o serviço para uma data favorável, caracterizando a manutenção corretiva programada (VIANA, 2016).

A manutenção condicional é realizada ao verificar criteriosamente, através de parâmetros de planejamento, executando inspeções preditivas. Esse tipo de intervenção visa aumentar a disponibilidade de um equipamento em um sistema produtivo, evitando deterioração de um item e quebras que necessitem de ações corretivas (PUROHIT; KUMAR LAD, 2016). Esse tipo de manutenção utiliza informações sobre processos de degradação de peças e equipamentos para avaliar o tempo de vida útil dos componentes, assim criando condições para o prolongamento da sua utilização (SOUZA, 2008). A manutenção condicional pode ser objetiva ou subjetiva, onde a objetiva utiliza equipamentos de medição

para aferir vibração, nível de óleo ou temperatura, enquanto a subjetiva trabalha com os sentidos do inspetor, como visão, audição, tato e olfato (BAPTISTA, 2016).

A solicitação de serviço é a atividade que ocorre quando um problema é detectado durante a rotina de produção e identificado pelos seus operadores. Essa detecção pode ser realizada de forma rotineira, deve ser avaliada pela equipe de manutenção, e se for considerada pertinente gera uma Ordem de Serviço (OS) (VIANA, 2016). A OS é um documento que fornece um método para coordenar e controlar o reparo e outras atividades de manutenção, e é essencial para planejamento e agendamento de ações de manutenção de qualidade (WIREMAN, 2013). As origens de uma OS, como explicado na seção 2.5, são mostradas na Figura 6:

Figura 6: Origens de uma OS

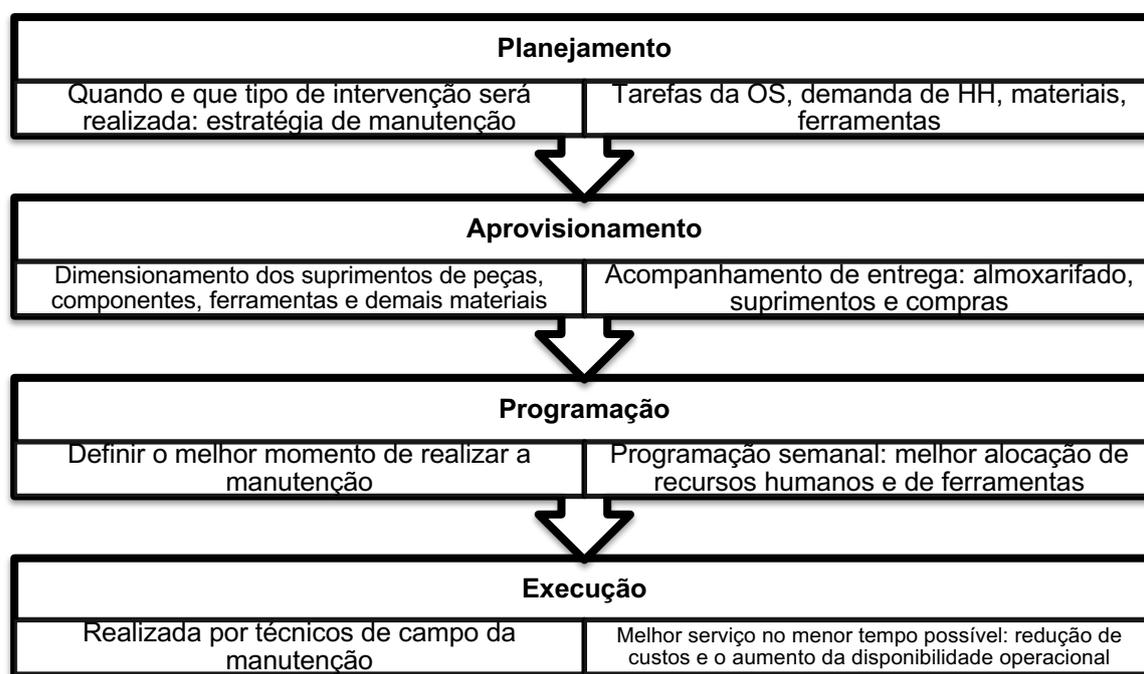


Fonte: Adaptado de Viana (2002)

2.7.3 TRATAMENTO DA DEMANDA

O terceiro processo é chamado de “tratamento da demanda” e trabalha com a atividade de tratamento de uma OS, que deve ser seguido para que o serviço de manutenção seja realizado de forma eficiente, sem problemas em seu desempenho (VIANA, 2016). Há quatro etapas dentro do processo de tratamento da demanda: planejamento da demanda; provisionamento da demanda; programação da demanda; e execução. Essas etapas são explicadas na Figura 7:

Figura 7: Processo de Tratamento da Demanda



Fonte: adaptado de Viana (2002); Mendes e Ribeiro (2014); Baptista (2016); Viana (2016)

Cada uma dessas etapas deve ser desempenhada por equipes com profissionais especialistas nos segmentos específicos das atividades, caso contrário, poderá haver problemas e inconsistências nas suas atuações (VIANA, 2016).

2.7.4 CONTROLE DA MANUTENÇÃO

No processo chamado de “controle da manutenção”, o monitoramento dos outros processos realizados no macroprocesso é realizado, juntamente com uma avaliação do cumprimento das demandas e os objetivos inicialmente traçados. Além disso, esse processo trabalha como ponto de partida para novos planos de melhoria e correções (BRANCO FILHO, 2008). Quatro atividades são consideradas no acompanhamento do processo de controle da manutenção: indicadores de manutenção; gerenciamento da rotina da manutenção; auditoria interna dos processos de manutenção; e gestão de componentes e serviços externos (VIANA, 2016).

Indicadores de desempenho, comumente chamados de KPIs (*Key Performance Indicators*, ou Indicadores Chave de Desempenho), são utilizados frequentemente por empresas para avaliar o sucesso de uma atividade ou da empresa como um todo, através do progresso realizado para atingir um objetivo ou pela repetição frequente de um nível de serviço esperado (ENSHASSI; EL SHORAF, 2015). É necessário possuir uma estratégia de manutenção bem formulada e alinhada com a estratégia empresarial da companhia para desenvolver uma abordagem estruturada de medição de desempenho da manutenção, e todos os processos considerados críticos para a operação devem ser mapeados de forma coerente (MUCHIRI et al., 2011). Viana (2016) recomenda a elaboração de um manual de indicadores, prevendo suas fórmulas de cálculo, pertinência, objetivo e fontes de pesquisa.

Alguns dos principais indicadores da manutenção em uma organização são abordados no Quadro 4:

Quadro 4: Indicadores da Manutenção

Indicador	Descrição
MTBF (<i>Mean Time Between Failures</i> , ou Tempo Médio Entre Falhas)	Tempo médio, considerando um intervalo contínuo, entre falhas de um equipamento, peça ou sistema. Matematicamente, é uma divisão entre as horas disponíveis (HD) efetivamente de operação pelo número de intervenções corretivas (NC) no período sendo estudado. Ou seja, $MTBF = HD/NC$.

MTTF (<i>Mean Time To Failure</i> , ou Tempo Médio Até a Falha)	Tempo médio, considerando um intervalo contínuo, até que um equipamento, peça ou sistema falhe. Neste caso, não há possibilidade de reparo, e o item em questão deve ser substituído.
MTTR (<i>Mean Time To Repair</i> , ou Tempo Médio Até o Reparo)	Tempo médio, considerando um intervalo contínuo, entre a identificação de uma falha e o seu reparo. Deve-se calcular a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção (HIM), e a dividir pelo número de intervenções corretivas no período (NC): $MTTR = HIM/NC$
<i>Backlog</i>	A partir do número de atividades ou ordens de serviço com prazo de finalização vencido, é possível calcular o tempo que uma equipe de manutenção deve trabalhar para concluir todos os serviços pendentes. Este índice consiste na relação entre a demanda de serviços e a capacidade de atendê-los, utilizando dados de mão-de-obra existente e mão-de-obra necessária. $Backlog = HHES/HHTD$, onde HHES é o somatório de horas homem estimadas como necessárias para executar serviços em aberto do total de horas disponíveis para executar os serviços no dia, e HHTD é o somatório das horas homem total disponíveis.
Disponibilidade Física (DF)	Relação entre o tempo em que o equipamento está funcionando e a soma do tempo em que o equipamento está funcionando e o tempo parado para reparo, ou seja, $DF = MTBF/(MTBF+MTTR)$.
Índice de manutenção corretiva e preventiva	Proporção de ações e tempos de manutenção planejados em relação às ações de manutenção de corretiva não planejadas. Num total de 100%, há uma relação de qual porcentagem das ações de manutenção foram de atividades corretivas e qual porcentagem foi preventiva.

Tratamento de Notas	Relação entre solicitações de serviços não tratadas com ao total geradas. Indicador exibido em porcentagem.
Tratamento de Ordens	Relação entre as ordens de serviço abertas (ainda não planejadas) com o total de ordens na carteira (incluindo encerradas). Indicador exibido em porcentagem.
Cumprimento da Programação	Relação entre ordens de serviço executadas e confirmadas com o total de ordens programadas. Indicador exibido em porcentagem.
Cumprimento dos Planos de Manutenção	Relação entre ordens de serviço executadas geradas pelos planos de manutenção com as ordens de planos que foram programadas. Indicador exibido em porcentagem.

Fonte: adaptado de Muchiri et al. (2011), Enhassi e El Shorafa (2015), e Viana (2016)

Algumas conclusões podem ser tiradas a partir de níveis de serviço mostrados pelos indicadores. Um baixo MTBF pode indicar um equipamento que quebra com muita frequência, assim como um alto MTTR pode indicar que quando as quebras ocorrem elas possuem um alto nível de complexidade. Além disso, se a disponibilidade física de um equipamento encontra-se em níveis abaixo de 90%, há indicativo que o equipamento em questão não está sofrendo manutenção adequada (WIREMAN, 2015).

A etapa de gerenciamento da rotina de manutenção engloba a forma como as atividades de manutenção são realizadas no dia-a-dia das organizações, abordando suas ações e verificações diárias para que cada agente adquira responsabilidades e cumpra suas obrigações em relação ao sistema empresarial (XENOS, 2014). Um bom gerenciamento da rotina da manutenção gera um sistema de manutenção proativo e com poucas paradas não planejadas, utilizando integrantes com boa definição de seus cronogramas de atividades (BAPTISTA, 2016).

A auditoria interna dos processos de manutenção examina de forma detalhada as boas práticas exercidas pela equipe de manutenção, ao identificar procedimentos adotados e sua confiabilidade, verificando a aderência da equipe às atividades previstos no macroprocesso. A gestão de componentes e serviços

externos consiste em gerenciar equipamentos e frotas de uma planta industrial para que os seus ciclos de vida sejam prolongados ao máximo, utilizando, se necessário, parâmetros externos fornecidos por fabricantes ou empresas terceirizadas (VIANA, 2016).

2.7.5 SUPORTE AO TRATAMENTO DA DEMANDA

O processo de “suporte ao tratamento da demanda” é diretamente relacionado à etapa de “tratamento da demanda, e estabelece meios para apoiar as decisões tomadas anteriormente nesta fase, o que implica em uma melhora de desempenho. As atividades de suporte são: política de estoque e fornecimento; gestão de pessoas; sistemas informatizados; gestão de ferramentas e oficinas de apoio; e homologação de fornecedores (VIANA, 2016).

A política de estoque e fornecimento estabelece diretrizes necessárias para minimizar gastos e aumentar a qualidade das atividades através da otimização de materiais inerentes à operação da empresa. Esse processo influencia diretamente os custos de manutenção, já que o dimensionamento incorreto de processos produtivos pode ocasionar indisponibilidades de peças e ferramentas durante ações de manutenção (XENOS, 2014).

A boa gestão de pessoas é fundamental para o sucesso das atividades de qualquer organização, já que não é suficiente deter sistemas, ferramentas e materiais para realizar atividades de forma eficaz (KARDEC; NASCIF, 2009). Os autores também definem que o trabalho em equipe é determinante para o sucesso dos processos de uma empresa.

O apoio de sistemas informatizados na gestão da manutenção é extremamente importante para aprimorar atividades de planejamento, permitindo a criação de um histórico de dados e rapidez na sua análise, para que decisões sejam tomadas com qualidade (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). Os autores também definem que os sistemas informatizados de manutenção devem realizar as seguintes atividades:

- Estabelecer um programa de gerenciamento de ativos que favoreça a identificação antecipada da necessidade de reparos;
- Programar a manutenção de forma preventiva e preditiva;
- Registrar informações sobre ações corretivas;

- Gerenciar estoques de peças de reposição;
- Fornecer ordens de serviço contendo data, equipe e ferramentas.

A gestão de ferramentas e oficinas de apoio determina a existência de oficinas de apoio setoriais, com atendimento proativo a clientes internos na resolução de reparos emergenciais diretamente na planta. Essas ações garantem o ganho de experiência e conhecimento técnico através da disseminação do conhecimento pelas equipes de trabalho, reduzindo tempos de inatividade de componentes e aumento de desempenho geral dos equipamentos (VIANA, 2016).

A homologação de fornecedores realiza avaliação criteriosa dos provedores de materiais, serviços e equipamentos, verificando a adequação da proposta disponibilizada pelo fornecedor em relação às especificações definidas pelo cliente. Um equipamento bem dimensionado e operando em conformidade à sua concepção é fundamental para garantir o prolongamento da sua vida útil. (LIMA; CASTILHO, 2006).

2.7.6 MODIFICAÇÕES E MELHORIAS

O processo de “modificações e melhorias” estabelece uma ligação com os demais processos ao fornecer subsídios para buscar eficiência nas plantas industriais, além de analisar de forma constante as melhores práticas industriais. As suas atividades são: tratamento de falhas e perdas; testes de novos equipamentos e materiais; LCC (*Life-Cycle Costs*, ou Custos de Ciclo de Vida) e identificação de vida útil; engenharia de confiabilidade; e programas de melhoria contínua (VIANA, 2016) .

O tratamento de falhas e perdas aborda quais serão os quesitos ou planos de decisão a serem efetuados mediante a detecção de um problema, identificando os melhores procedimentos e técnicas para corrigir os problemas. Já os testes de novos equipamentos e materiais determinam se um item está em condições apropriadas para uso, sem risco de segurança ou qualidade, utilizando diagnósticos operacionais e inspeções de usabilidade (VIANA, 2016).

A abordagem de análise de vida útil de um equipamento é iniciada no seu projeto de compra, e aborda decisões de aquisição e todos os custos necessários para manter a saúde finita de um ativo. É necessário adotar uma

postura que respeite o tempo correto para realização de ações de manutenção, evitando a premissa que os reparos devem ser adiados sempre que possível (ARTS, 2013).

A engenharia de confiabilidade é outra etapa do processo de modificações e melhorias, e fornece conceitos, técnicas e métodos para auxiliar a tomada de decisão, ao especificar, projetar e testar as funções desempenhadas por uma atividade ou sistema em um período de tempo determinado, sob condições específicas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). Os autores também determinam que essa análise procura eliminar falhas, ao obter alto desempenho e melhores resultados operacionais, com ênfase no aumento do grau de confiabilidade de equipamentos e componentes.

Por fim, a atividade de programas de melhoria contínua aperfeiçoa processos já existentes, ao verificar oportunidades dentro de uma atividade que apresente desempenho questionável. As práticas de melhoria nas empresas são implementadas através de investimentos em pessoas, com participação de todos os envolvidos (KARDEC; NASCIF, 2009). Os autores destacam alguns programas conhecidos, como CCQ (Círculo de Controle da Qualidade), Seis Sigmas, Kaizen, entre outros.

2.8 GERENCIAMENTO DE PROJETOS: LIFE CYCLE CANVAS

Para a implantação de algum tipo de sistema ou metodologia em uma organização, é interessante utilizar um método para gerenciamento de projetos. Dessa forma, a implantação pode ter início, meio e fim definidos. Alguns modelos novos surgem para auxiliar este gerenciamento, e atualmente existem ferramentas de gestão visuais, fundamentadas em uma única tela, quadro ou esquema, que geram simplicidade ao processo de gestão (GLORIA JUNIOR; GONÇALVES, 2016).

A forma mais tradicional de gerenciamento de projetos é seguir os conceitos apresentados no PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*, ou Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos). O PMBOK define cinco etapas principais para gerenciamento de um projeto: iniciação; planejamento; execução; monitoramento e controle; e encerramento. Essas

etapas abrangem 47 processos específicos (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013).

Uma das principais etapas do gerenciamento de projetos é o planejamento, que é uma fase que engloba diversas questões a serem definidas, especialmente em relação a requisitos, objetivos, justificativa, equipe do projeto, tempo de realização das atividades, custos e riscos (MEDEIROS et al., 2017). Devido à sua complexidade, bem como de outras etapas, uma oportunidade é encontrada ao tentar abordar o gerenciamento de projetos de uma forma mais simples.

Existem técnicas baseadas em telas (ou *canvas*) que surgem para gerar maior flexibilidade e simplicidade aos métodos de gerenciamento de projetos. Essas abordagens podem ajudar a apresentar uma visão integrada e generalista da organização, assim como trazer informações informativas e relevantes, melhorando a comunicação entre as partes interessadas (GLORIA JUNIOR; GONÇALVES, 2016).

Um modelo de gerenciamento baseado em telas é o Life Cycle Canvas. Esse método possui uma base conceitual baseada no PMBOK, metodologia baseada em controle de entregas e estruturas, e lógica de gerenciamento de projetos em uma tela, permitindo estabelecer projetos por meio de um fluxo de trabalho sequencial (MEDEIROS et al., 2017; VERAS, 2016). Esse modelo tenta juntar as boas práticas do PMBOK a um ritmo dinâmico de processos de gerenciamento, fazendo com que as telas de gestão do projeto sejam visualizadas e modificadas ao longo do ciclo de vida de um projeto (MEDEIROS et al., 2017). A Figura 8 exemplifica uma tela para inserção de informações em um fluxo de trabalho no Life Cycle Canvas:

Figura 8: Tela Principal do Life Cycle Canvas

The screenshot displays the main interface of the Life Cycle Canvas software. At the top, there is a header bar with the logo 'LifeCycle CANVAS by Manoel Veras' on the left. To its right are several input fields: 'Projeto' (with 'Titulo' and 'Proj.' sub-fields), 'Status da execução', 'Ciclo de vida' (with a grid of buttons: IN, PL, EX, EN, TAP, PGP, REP, TEP), 'M&C', 'Versão', 'Local', and 'Data'. Below the header is a 3x5 grid of colored panels, each with an icon and a title. The panels are:

- Green: Justificativas (Lições Aprendidas)
- Grey: Produto (Produto Final)
- Yellow: Partes Interessadas (Partes Interessadas Finais)
- Red: Premissas (Premissas Validadas)
- Orange: Riscos (Riscos Ocorridos)
- Green: Objetivos (Objetivos Alcançados)
- Grey: Requisitos (Requisitos Finais)
- Yellow: Comunicações (Comunicações utilizadas)
- Red: Entregas (Entregas Aceitas)
- Orange: Custos (Custos Incorridos)
- Green: Benefícios (Benefícios Obtidos)
- Grey: Restrições (Restrições Validadas)
- Yellow: Equipe (Equipe Final)
- Red: Aquisições (Aquisições Encerradas)
- Orange: Tempo (Tempo Real)

 At the bottom of the grid are three white input fields: 'Gerente do Projeto', 'Patrocinador', and 'Cliente'. The footer contains the website 'www.lifecycleanvas.com.br' and the version 'Versão Light 1.3'.

Fonte: Veras (2016)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo deve dissertar a respeito das técnicas utilizadas para realizar a pesquisa, através de categorização e explicação de métodos e conceitos para aplicar o conhecimento teórico na pesquisa prática. Itens relacionados à classificação da pesquisa são apresentados a seguir.

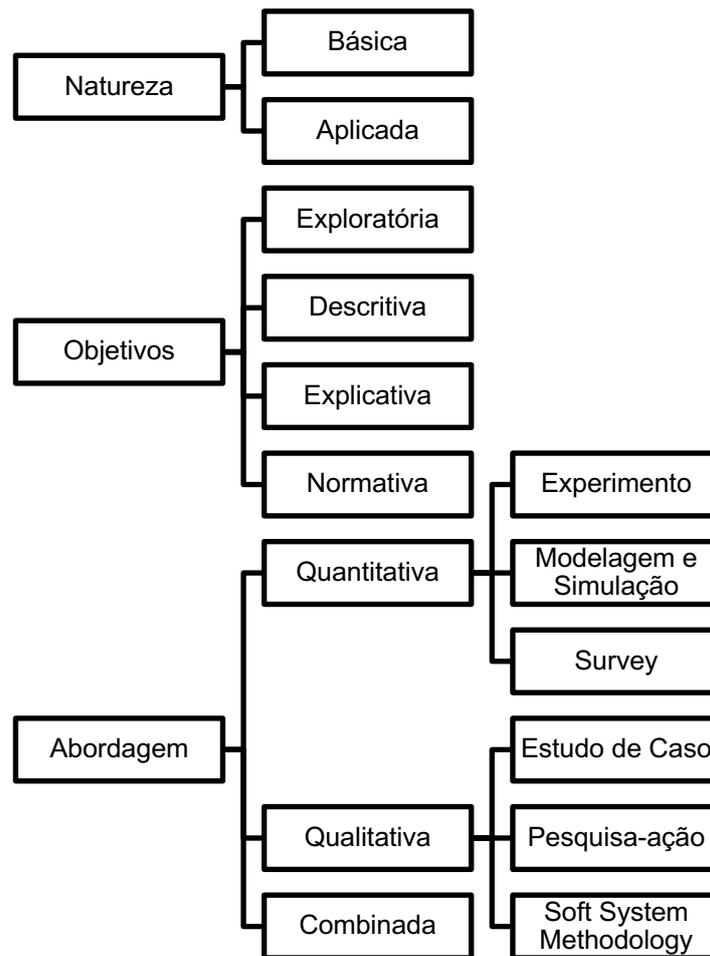
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa científica é desempenhada para chegar a um entendimento de uma realidade estudada, e é resultado de um inquérito ou exame minucioso realizado para resolver um problema, através de procedimentos científicos. Na pesquisa científica, aproximações da realidade são realizadas de forma sucessiva, e meios para intervenções reais são fornecidos de forma contínua e inacabada (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para ser uma atividade científica completa, a pesquisa percorrer desde a etapa de formulação de um problema até a apresentação de resultados. Algumas fases, nesse processo, devem ser observadas: preparação da pesquisa através de definição do tópico, planejamento e formulação de hipóteses e variáveis; trabalho de coleta de dados; processamento dos dados; análise e interpretação de dados; e elaboração do relatório de pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Turrioni e Mello (2012) estabelecem um padrão de classificação para pesquisas científicas. Neste padrão, as pesquisas possuem três formas principais de serem classificadas: pela sua natureza, pelos seus objetivos e pela sua abordagem. A Figura 9 mostra estas classificações:

Figura 9: Classificação da pesquisa científica em engenharia de produção



Fonte: Adaptado de Turrioni e Mello (2012)

Em relação à sua natureza, a pesquisa realizada neste trabalho é considerada aplicada, já que tem como objetivo gerar conhecimento na aplicação prática de uma solução de um problema específico, com interesses locais direcionados (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Turrioni e Mello (2012) determinam que os objetivos de uma pesquisa científica podem ser exploratórios, descritivos, explicativos ou normativos. Para este trabalho, é possível determinar que os objetivos são descritivos, pois os mesmos descrevem características do objeto de estudo e utiliza técnicas padronizadas para coletar dados, como questionários e observação sistemática (GIL, 2017).

Esta pesquisa trabalha com conceitos quantitativos, ao abordar e analisar informações e opiniões quantificáveis, utilizando recursos estatísticos. Trabalha também com informações qualitativas, interpretando fenômenos subjetivos de

forma descritiva, ao aproximar os dados dos pesquisadores de forma indutiva, considerando o processo e seu significado os focos principais da abordagem (TURRIONI; MELLO, 2012).

O método utilizado no trabalho é a pesquisa-ação, que, por se tratar de uma implementação de um sistema de gestão, é uma estreita associação com uma ação ou resolução de um problema (TURRIONI; MELLO, 2012). Pode ser considerada uma resolução de problema onde os pesquisadores e os participantes representativos da situação estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1998). Por exigir envolvimento ativo do pesquisador e participantes envolvidos no problema, a pesquisa-ação eventualmente é vista como pouco objetiva a caracterizar procedimentos científicos por alguns críticos, porém, também é vista positivamente por conta do seu aspecto participativo (GIL, 2017).

Os principais aspectos da pesquisa-ação são (THIOLLENT, 1998; PRODANOV; FREITAS, 2013):

- Interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada;
- Priorização dos problemas sendo tratados nessa interação;
- O objetivo da investigação é determinado pela situação estudada, e não pelas pessoas envolvidas;
- O objetivo da pesquisa-ação é resolver ou esclarecer os problemas da situação observada;
- Acompanhamento das decisões tomadas, das ações realizadas e de todas as atividades intencionais ao longo do processo;
- Não há limitação a uma forma de ação: pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento das pessoas e dos grupos envolvidos.

Para Mello et al. (2012) a pesquisa-ação, para não ser confundida com um projeto de consultoria, deve seguir um ciclo específico de aprendizagem. Este ciclo determina que o projeto implementado com participação do pesquisador não será simplesmente uma implantação de conceitos existentes a um caso específico, e sim uma avaliação estruturada planejada como um projeto científico. Esta avaliação leva em consideração pontos positivos e negativos da

pesquisa e propõe melhorias ao longo da sua implantação, e deve conter as seguintes etapas:

- Planejar;
- Implementar;
- Observar e avaliar;
- Refletir e agir.

Ao considerar que a pesquisa-ação adquire conhecimento ao longo da implantação do seu projeto, o pesquisador não possui o objetivo principal de obter sucesso na execução do método proposto, e sim de adquirir conhecimento acerca das constatações e intervenções realizadas ao longo da pesquisa, tornando sua replicação e seu melhoramento os pontos principais do projeto (MELLO et al., 2012; WESTBROOK, 1995). Westbrook (1995) também determina que a pesquisa-ação é uma técnica eficiente de desenvolvimento de teorias pois o trabalho de perto com tomadores de decisão torna a pesquisa mais imediatista por conta das constantes intervenções. O autor, porém, aponta que a pesquisa-ação não é tão objetiva quando o estudo de caso, já que a participação do pesquisador pode não gerar testes de hipóteses rigorosos.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Inicialmente, uma pesquisa teórica foi realizada para determinar o estado da revisão bibliográfica na área de atuação do trabalho. Artigos de periódicos conceituados foram utilizados como fonte de pesquisa, e os mesmos deveriam versar sobre termos como “gestão da manutenção” e “implementação”, como indicado no primeiro capítulo deste trabalho. Então, ao realizar pesquisas em bases de dados, termos como “manutenção”, “manutenção preventiva”, “otimização”, “monitoramento das condições”, “gestão de instalações”, “CMMS” e “*framework*” foram utilizados para determinar quais publicações seriam as mais relevantes para uma revisão bibliográfica.

A partir dos artigos encontrados de acordo com os termos citados anteriormente, uma busca detalhada em seus títulos, resumos e palavras-chave foi realizada. E, então, os artigos com os maiores números de citações foram selecionados para utilização no estudo, devido à sua relevância nas pesquisas

de outros autores. Também foram utilizados livros-texto com alto número de citações nos artigos selecionados.

A partir dos conceitos estudados na etapa de fundamentação teórica e na classificação da pesquisa, é possível criar um fluxo de trabalho para aplicação da pesquisa, dentro da proposta do trabalho. Uma sequência de aplicação da pesquisa deve ser estabelecida e seguida, sempre atentando para as melhores práticas encontradas na literatura para as áreas em questão.

As etapas desse fluxo de trabalho devem ser estruturadas de forma que a aplicação dos procedimentos metodológicos seja replicável em outras áreas da organização em questão e em qualquer organização que tenha composição de trabalho semelhante à UFRN. Além disso, por se tratar de um trabalho de pesquisa-ação, todas as ações definidas nas etapas da pesquisa devem ser passíveis de análises acadêmicas, e devem ser estudadas antes de serem implantadas, continuamente considerando as melhores práticas para implantação de um sistema de gestão da manutenção, que é o principal objetivo do trabalho.

Sendo assim, deve-se considerar que as etapas apresentadas nessa seção são as instruções de aplicação dessa pesquisa, que não consideram as características específicas da organização onde a pesquisa está sendo aplicada, e sim um panorama geral da gestão da manutenção em uma universidade pública. Dessa forma, as etapas podem ser replicadas em outras organizações, e os dados específicos encontrados durante essa aplicação serão discutidos no próximo capítulo do trabalho.

As etapas do trabalho são descritas nos próximos tópicos.

3.2.1 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO

Um panorama geral da condição atual da organização deve ser observado para entender os passos ideais a serem tomados durante a implantação do projeto. Todos os setores afetados por uma mudança na gestão da manutenção devem ser estudados e mapeados, e as partes interessadas devem ser notificadas e convidadas a participar do projeto de implantação do SGM.

O organograma de todos os profissionais e entidades organizacionais relacionados à gestão da manutenção da empresa deve ser mapeado. Dessa forma, todo o fluxo de trabalho relacionado à manutenção das instalações e equipamentos da organização é estudado e entendido. Essas informações devem fornecer o melhor caminho para aplicar o SGM, apontando quais áreas são mais propícias para a implantação.

O trabalho inicial de análise da organização deve, também, modelar-se aos anseios e requisitos dos responsáveis pela manutenção da organização, e apresentar as melhores soluções a esses responsáveis. Essas soluções devem ser discutidas e adaptadas à realidade encontrada, e não somente sugeridas sem clara aceitação e suporte pelas partes interessadas dos processos afetados no dia-a-dia da instituição.

3.2.2 ADAPTAÇÃO DO MACROPROCESSO DA MANUTENÇÃO À ORGANIZAÇÃO

Cada um dos processos que compõem o macroprocesso da manutenção apresenta conceitos que devem ser replicados da melhor forma possível pelo SGM a ser implantado. Porém, os detalhes de cada um dos processos são inerentes aos locais e processos de cada implantação, e características individuais devem ser respeitadas.

Os gestores da organização, juntamente com a equipe de gestão do projeto, devem definir quais processos devem ser primeiramente implantados. Se houver uma boa base do processo de controle inicial, por exemplo, o processo de identificação da demanda deve ser focado inicialmente. Porém, se a instituição não possuir uma estrutura adequada de gestão da manutenção dentro dos moldes do macroprocesso, o processo de controle inicial será o primeiro a ser implantado.

Outros processos ou etapas individuais podem ser escolhidos para essa implantação inicial, adicionalmente. Para esta implantação, em específico, foi considerado que a criação de um CMMS adequado seria de extrema importância nos processos iniciais de implantação. Sendo assim, os preceitos básicos do

macroprocesso e seus principais indicadores deveriam ser integrados a um *software* a ser criado pela Superintendência de Informática da UFRN.

Em implantações futuras em outras áreas da instituição ou outras organizações, é possível que outros pontos do macroprocesso da manutenção sejam considerados mais interessantes e viáveis em uma implantação inicial. Os processos de tratamento da demanda, por exemplo, podem ser considerados prioritários, onde as equipes de gestão da manutenção devem ser divididas de acordo com atribuições de planejamento, provisionamento, programação e execução de atividades.

Em qualquer implantação destes procedimentos metodológicos, a partir da escolha de quais processos que devem ser implantados, um estudo deve ser realizado levando em consideração a análise feita na etapa anterior. Este trabalho visa determinar quais documentos e procedimentos serão considerados as principais entregas do trabalho de implantação. Essas entregas podem ser realizadas em forma de documentação, criação de fluxos de trabalho ou até mesmo um *software* implantado em funcionamento.

3.2.3 PLANTA PILOTO

Para tornar a implantação do SGM mais organizada e replicável em diversas áreas da organização, foi decidido que uma planta piloto seria escolhida. Dessa forma, um setor específico da universidade é estudado e tratado como uma unidade administrativa individual, e um trabalho em menor escala é executado antes de haver uma expansão para outras áreas. Esta etapa do trabalho pode ser adaptada em outras organizações ao ser aplicada, por exemplo, a uma linha de produção específica, a um setor da organização ou a um prédio ou instalação individual. Plantas piloto são protótipos de sistemas maiores, então considerações econômicas, como custos, não podem ser feitas com precisão (GAHLEITNER, 2013), e não serão incluídas na avaliação aqui realizada.

A planta piloto escolhida para implantação inicial do SGM neste trabalho foi o prédio do Complexo Tecnológico de Engenharia (CTEC), e as suas rotinas internas. Esta unidade administrativa da UFRN foi analisada sob a ótica da gestão da manutenção, e ao longo da implantação as necessidades específicas

da área de manutenção deste local foram analisadas e adaptadas ao macroprocesso da manutenção aplicado ao projeto. A forma como a implantação foi realizada neste prédio é um indicativo de como o SGM pode ser aplicado em outros locais da UFRN e outras organizações, e as adaptações realizadas para atingir resultados positivos na planta piloto são de alta importância para o presente trabalho.

As próximas etapas dos procedimentos metodológicos são aplicáveis unicamente a esta planta piloto em questão, e as boas práticas observadas durante esse processo deverão ser replicadas em outras áreas da instituição. É importante, portanto, que gestores das áreas afetadas e de outras áreas da organização façam parte do processo de implementação, para que a replicação seja mais rápida e eficaz durante a expansão posterior a outras áreas da UFRN.

3.2.4 IMPLANTAÇÃO DAS ETAPAS DO MACROPROCESSO

Ao definir qual área da organização receberia a implantação do SGM, foi definido também quais processos seriam implantados. Para esta implantação, o processo de controle inicial, a implantação de um CMMS e o acompanhamento de indicadores de manutenção específicos foram escolhidos. Esses processos deveriam ser implantados de acordo com os conceitos do macroprocesso, de forma que futuramente os outros processos também possam ser implantados.

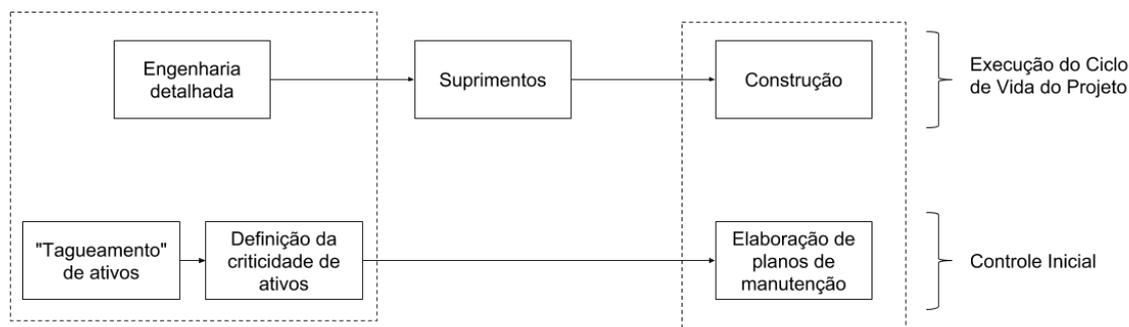
3.2.4.1 CONTROLE INICIAL

Para o processo de controle inicial, existem etapas altamente individualizadas e não podem ser tratadas de forma rotineira e repetitiva. Cada organização possui um conjunto de equipamentos único, e a sua organização e priorização devem ser estudados de forma aprofundada durante a implantação do macroprocesso. Estas adaptações devem ser realizadas pela equipe do projeto, trabalhando em conjunto com os tomadores de decisão das áreas da organização que receberão as melhorias proporcionadas pelo SGM.

A primeira etapa do controle inicial é o acompanhamento de projetos, que também monitora e controla as outras três etapas. Em um ciclo de vida de projetos baseado na metodologia EPC, os *tags* são definidos na etapa de

engenharia detalhada, onde todo o conjunto de ativos sendo trabalhados no projeto são catalogados. A criticidade dos ativos também é definida na etapa de engenharia detalhada. Já os planos de manutenção são criados na etapa de construção (também chamada de manufatura ou implantação) do projeto, ou seja, durante a implementação dos conceitos definidos durante as etapas iniciais do projeto. Estes conceitos podem ser visualizados na Figura 10. Como a organização na implantação em questão neste trabalho já está em operação, essas atividades devem ser realizadas com objetivo de reestruturar as operações da instituição, e não necessariamente inserir processos totalmente novos no fluxo de trabalho já existente.

Figura 10: Relação entre a Metodologia EPC e o Controle Inicial



Fonte: Autor (2019)

As principais informações para categorização dos *tags* devem ser definidas, para então serem incorporadas à estrutura dos códigos. Os principais dados que os *tags* devem ter são: área ou campus; prédio; andar; sala; descrição do ativo; e plano de manutenção associado ao ativo. Essas informações devem ser detalhadas o suficiente para classificar o ativo dentro do sistema CMMS a ser integrado. Deve ser determinado como cada campo do código é composto, para haver replicação em todas as áreas da organização, e para que o resultado final do *tag* seja de fácil leitura e interpretação.

Após o inventário realizado pelo “tagueamento”, deve ser definida uma estratégia de manutenção para os ativos. Essa estratégia determina quão importante é certo ativo para as operações da organização, bem como se as perdas operacionais e financeiras causadas por uma eventual falha são aceitáveis sem uma ação preventiva. Sendo assim, os ativos que serão utilizados

até a falha devem ser determinados, assim como quais ativos sofrerão ações preditivas ou preventivas, a fim de evitar manutenção corretiva.

Para apontar quais ativos são os mais críticos, três categorias foram estabelecidas, sendo que a Categoria A possui a maior criticidade, a Categoria B possui criticidade média, e a Categoria C possui criticidade baixa:

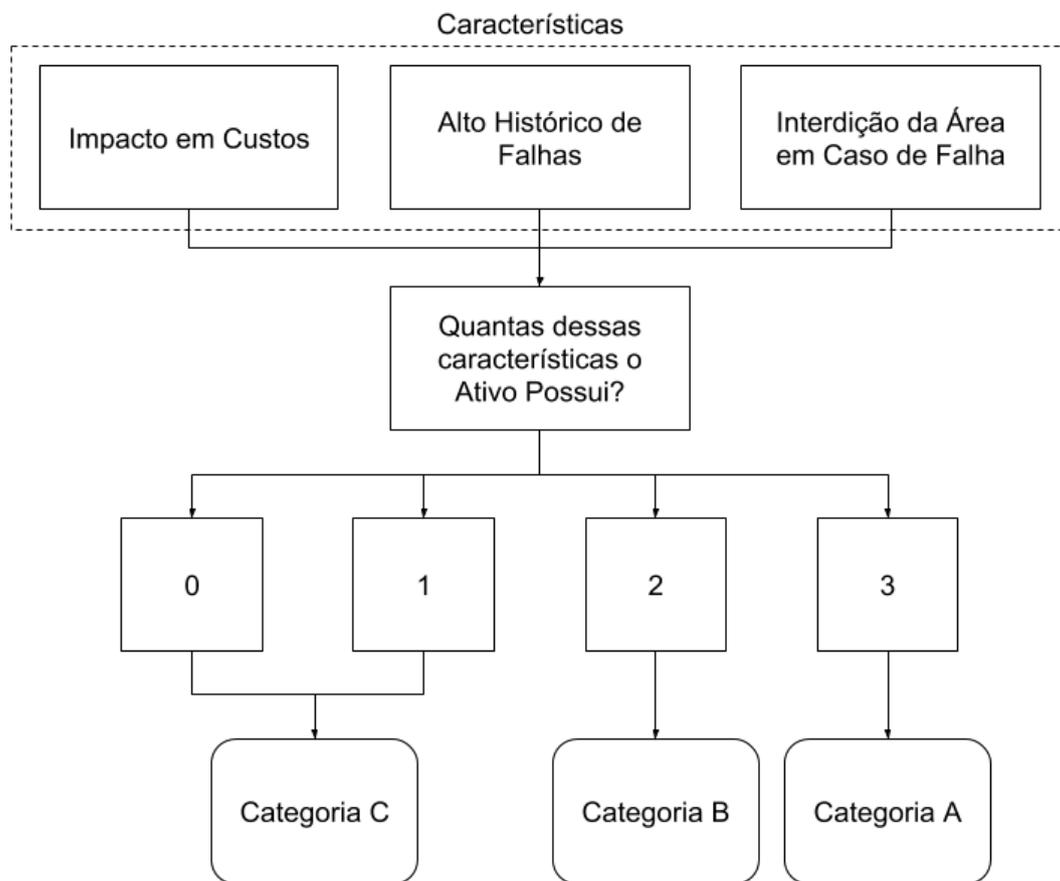
- Categoria A: ativos que passam por inspeções preditivas periódicas de monitoramento de condições (semelhante aos conceitos da CBM) e ações de manutenção preventiva periódica (semelhante aos conceitos da UBM);

- Categoria B: ativos que passam por inspeções preditivas periódicas de monitoramento das condições ou ações de manutenção preventiva periódica, de acordo com a necessidade de cada ativo, por decisão da gerência de manutenção;

- Categoria C: ativos utilizados até a falha, ou seja, que passam somente por manutenção corretiva.

Para determinar em qual categoria um ativo se encaixa, três principais critérios foram considerados. Esses critérios englobam avaliações qualitativas e quantitativas relacionadas à operação de cada ativo, e consideram impacto em custos, histórico de falhas e interdição da área afetada em caso de falha. Para ser considerado um ativo da Categoria A, o ativo precisa apresentar alto impacto em custos, alto histórico de incidência de falhas e interdita a sala ou área onde se encontra em caso de falha. Para ser considerado como Categoria B, o ativo deve apresentar duas das três características apontadas anteriormente. E para ser da Categoria C, o ativo apresenta uma ou nenhuma das três características. A Figura 11 mostra um fluxo de decisão para determinar como um ativo se classifica:

Figura 11: Fluxo de Decisão da Criticidade de um Ativo



Fonte: Autor (2019)

A partir das informações de criticidade, os planos de manutenção preventiva são criados. Os ativos das categorias A e B devem ter planos de manutenção associados, com ações preventivas e preditivas ou somente uma das duas, de acordo com a sua categoria. Esses planos devem conter dados de cada ativo passível de manutenção e são divididos de acordo com as especialidades das equipes de manutenção disponíveis na organização.

Os planos devem ser desenvolvidos de forma que haja geração automática de ordens de serviço de manutenção, a partir de um CMMS. Além disso, essas classificações também deverão servir, futuramente, para a priorização da geração e execução de ordens de serviço. Os ativos de categoria A deverão ter prioridade de execução sobre os ativos de categoria B, que, por sua vez, deverão ter prioridade sobre os ativos de categoria C. Esse tipo de priorização deverá estar explicitado no CMMS.

A partir dos conceitos de manutenção preventiva e preditiva no controle inicial, e as necessidades da organização, os planos de manutenção devem conter alguns dados básicos para cada um dos seus itens:

- Especialidade da manutenção (exemplo: elétrica, hidráulica, etc);
- Tipo de ação: inspeção preditiva ou manutenção preventiva;
- Descrição do ativo;
- Lista de tarefas a serem executadas;
- Lista de materiais a serem utilizados;
- Equipamentos de proteção individual a serem utilizados pelos executantes;
- Lista de ferramentas a serem utilizadas;
- Especialidade do executante (exemplo: encanador, eletricista, marceneiro, etc);
- Frequência de aplicação das ações do plano;
- *Tags* associadas ao plano;
- Fotografia exemplificando o ativo do item do plano em questão.

A aplicação desses planos deve proporcionar maior eficiência operacional à organização, atrelada à redução de custos com manutenção, já que a incidência de manutenção corretiva, mais dispendiosa, deve diminuir.

3.2.4.2 DEFINIÇÃO DE INDICADORES

Para monitorar, controlar e planejar as ações realizadas no projeto, a metodologia Life Cycle Canvas foi utilizada ao longo da implantação. Esta metodologia é utilizada para gerenciamento de projetos de forma visual e com maior objetividade, quando comparada a outros métodos comuns de gestão de projetos (LIFE CYCLE CANVAS, 2016). Esse método foi escolhido para essa implantação em específico pois já é amplamente utilizado na organização. Para outros casos de implantações, outros métodos de gerenciamento de projetos podem ser utilizados.

Reuniões semanais devem ser realizadas entre as equipes responsáveis pela implantação do projeto em diversas áreas da organização. Na implantação em questão, na UFRN, áreas como Superintendência de Infraestrutura, Superintendência de Informática, Pós-Graduação em Engenharia de Produção,

Diretoria do CTEC, entre outras, devem participar. A partir dessas reuniões, indicadores da gestão da manutenção da organização devem ser selecionados para estudo. Esses indicadores devem ser medidos antes e depois da implantação do macroprocesso e do CMMS, para atestar a eficácia desta implantação.

Os indicadores devem ser estudados e implantados de acordo com o processo de “controle da manutenção” do macroprocesso da manutenção, onde um manual de indicadores é criado para guiar os procedimentos operacionais da gestão da manutenção da organização. Esse manual indica quais KPIs são mais importantes para a gestão da manutenção, bem como a forma de realizar a sua medição.

3.2.4.3 DESENVOLVIMENTO DE CMMS

Para suportar a implantação do macroprocesso da manutenção estudado neste projeto, um *software* CMMS deveria ser desenvolvido para o caso específico do projeto. A utilização de um CMMS é comum a qualquer aplicação do macroprocesso estudado e a qualquer boa prática de gestão da manutenção. Sendo assim, estudos de desenvolvimento ou adaptação de programas existentes sempre devem ser realizados na implantação de um projeto de gestão da manutenção.

Os programas já existentes na organização devem ser estudados e os conceitos apresentados pelo macroprocesso devem ser convertidos em uma linguagem adequada para a implantação do *software*. Equipes de engenharia de *software* devem transformar os conceitos gerenciais apresentados pelo macroprocesso em um procedimento aplicável a um CMMS. Os processos iniciais da implantação devem ser os primeiros pontos incorporados ao novo sistema computadorizado sendo implementado, sendo eles os supracitados controle inicial e atribuição de indicadores de desempenho.

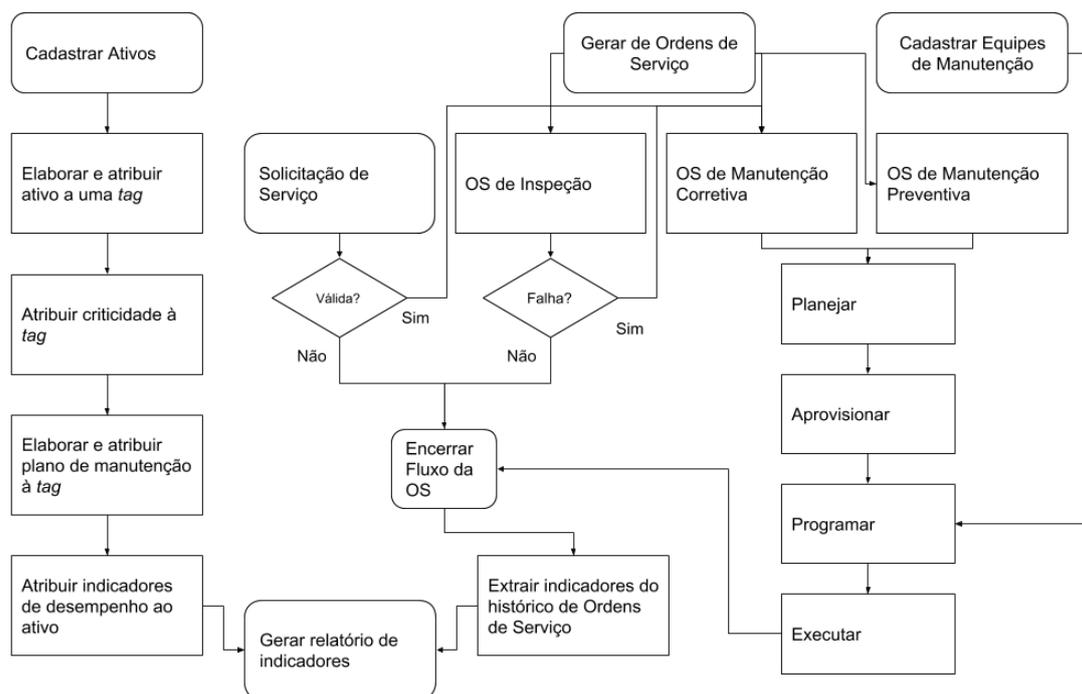
Para o projeto em questão, serão utilizados recursos humanos e de informática internos à organização em estudo, fornecidos pelas Superintendências de Infraestrutura e Informática da UFRN. Em outras implantações, é possível que equipes externas terceirizadas possam participar dessa implantação.

O CMMS deve fornecer toda a estrutura gerencial e de processos de *software* para geração de ordens de serviço, que é o principal documento produzido pela sua utilização. Deve haver uma base de dados cadastrados que sigam os conceitos do processo de controle inicial e definição de indicadores, explicitados nas seções anteriores. Todas as fontes que podem gerar uma OS de manutenção devem ser consideradas, fontes que são apontadas, no processo de identificação da demanda, como manutenção corretiva, solicitações de serviço do operador, inspeções de manutenção condicional e manutenção preventiva periódica oriunda dos planos de manutenção.

No caso da criação de um novo sistema a ser implantado, ou o desenvolvimento de aprimoramentos ainda não existentes em um sistema comprado, o desenvolvimento do CMMS deve ser realizado em paralelo com as atividades implantação das etapas do macroprocesso, também contidas no presente fluxo dos procedimentos metodológicos. Dessa forma, quando as atividades do macroprocesso forem finalizadas, o *software* estará pronto para receber os seus dados, durante a fase de implantação.

A Figura 12 mostra o fluxo de processos que deve ser gerado e gerenciado pelo CMMS a ser implantado. Este fluxo contempla, além das etapas de controle inicial e atribuição de indicadores, também as atividades de identificação da demanda: planejamento, provisionamento, programação e execução das demandas. Este processo, porém, deverá ser mapeado em etapas futuras da implantação do SGM, sendo que atualmente deve existir somente a capacidade de processar essas atividades prevista dentro do programa, para que as origens das ordens de serviço sejam conhecidas.

Figura 12: Fluxo de Trabalho do CMMS



Fonte: Autor (2019)

Apesar de não fazer parte do processo de implantação inicial do presente trabalho, a etapa de identificação da demanda deve estar prevista durante a criação do *software*. Os processos de identificação das origens das ordens de serviço, bem como criação das ordens e cadastro de equipes de manutenção devem estar incluídos no fluxo de trabalho do CMMS.

3.2.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

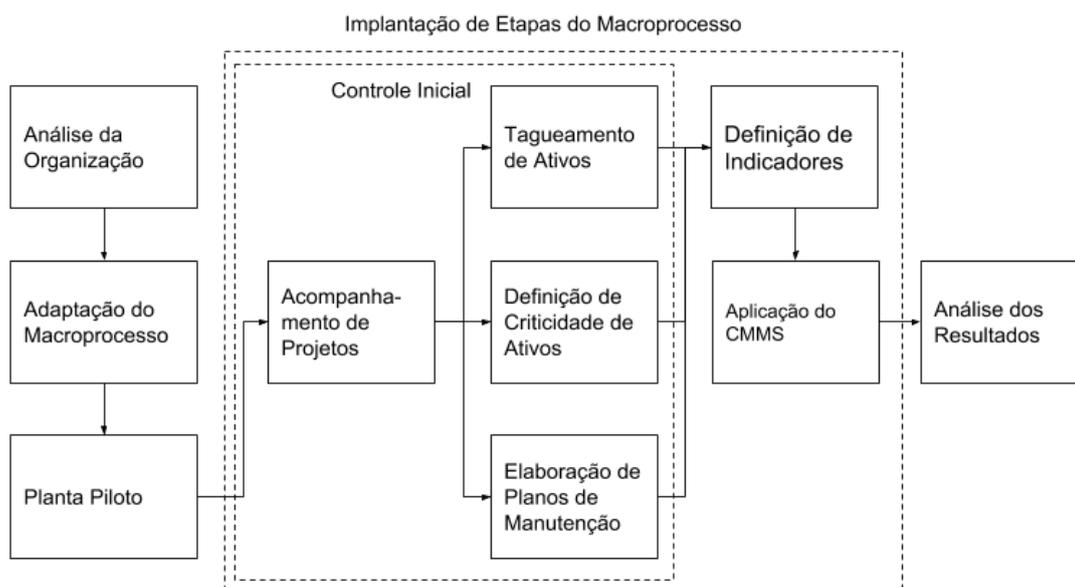
A partir dos dados obtidos nas etapas anteriores, em conjunto com os conceitos recomendados pelo macroprocesso da manutenção utilizado na implantação, é possível realizar um estudo sobre a aderência da planta piloto ao SGM trabalhado. O macroprocesso da manutenção possui etapas específicas a serem seguidas em cada um dos seus processos, e a implementação de cada uma delas é essencial para o sucesso do macroprocesso na planta piloto.

Um estudo, onde será considerada a avaliação qualitativa dos tomadores de decisão da Superintendência de Infraestrutura e do prédio do CTEC da UFRN, fará com que a análise dos resultados da implantação seja estruturada sob a ótica dos clientes finais do projeto de implantação. Através de

questionários estruturados, cada etapa de implantação será avaliada pelos tomadores de decisão responsáveis pelos processos de manutenção, a fim de que haja uma comparação entre o cenário ideal para cada estágio de implantação e a realidade da planta piloto.

Em resumo, as etapas dos procedimentos metodológicos são apresentadas pela Figura 13:

Figura 13: Etapas dos Procedimentos Metodológicos



Fonte: Autor (2019)

3.3 RESULTADOS ESPERADOS

Através deste trabalho, espera-se alcançar, com sucesso, um estágio de implementação de um sistema de gestão da manutenção em uma planta piloto na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Após a avaliação das necessidades da instituição, utilizando uma análise do panorama da gestão da manutenção de ativos da universidade, o sistema de gestão deverá ser ampliado a partir da planta piloto implementada para o restante da universidade.

O estudo de caso deverá ser realizado em parceria com diversas áreas da universidade, como a Diretoria de Manutenção, que é a maior parte interessada neste trabalho. Além disso, as etapas e prazos determinados pela metodologia de gerenciamento de projetos Life Cycle Canvas deverão ser

seguidos para que a implementação correta do sistema de gestão da manutenção seja alcançada.

Usuários do prédio, como estudantes, servidores e professores, devem estar cientes do novo sistema de gerenciamento da manutenção e das suas rotinas. Os trabalhadores da Diretoria de Manutenção, desde os técnicos de campo até a diretoria, devem estar treinados para o trabalho com o novo SGM. Desta forma, as ações realizadas na planta piloto podem ser replicadas no restante da universidade. Além disso, ao seguir etapas padronizadas pelo macroprocesso e pelo LCC, outras organizações e pesquisas científicas podem replicar de forma correta a implementação deste projeto.

Ao final dos prazos estabelecidos pelo planejamento e controle do projeto de implantação, os resultados esperados da pesquisa são analisar se:

- O SGM implantado segue os principais conceitos e processos apresentados pelo macroprocesso da manutenção escolhido para implementação;
- Usuários da planta piloto e os técnicos de manutenção estão familiarizados e treinados para utilização do novo SGM;
- As rotinas de manutenção na planta piloto estão otimizadas, e se a maior eficácia das suas ações é perceptível pela coordenação do prédio;
- O *software* desenvolvido está otimizado para a planta piloto e pronto para expansão a outras áreas;
- As melhorias são mensuráveis;
- A replicação da implantação do SGM a outras áreas da UFRN e a outras pesquisas e organizações está clara e pronta para aproveitamento.

Além dos resultados diretamente ligados ao desempenho do projeto e suas aplicações, é esperado que um artigo abordando a presente pesquisa seja publicado em periódico conceituado na área de Engenharias III.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, deverão ser discutidos os resultados obtidos a partir da aplicação dos métodos descritos no capítulo anterior. O cenário encontrado no ambiente de aplicação da pesquisa antes, durante e depois do trabalho, será descrito. O capítulo está organizado de acordo com as etapas dos procedimentos metodológicos, e as próximas seções refletem a aplicação e análise de cada uma das etapas da aplicação da pesquisa-ação.

4.1 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO

A primeira etapa da implantação do trabalho da pesquisa foi estudar como a Universidade Federal do Rio Grande do Norte opera suas necessidades de manutenção de ativos, bem como funciona a estrutura organizacional da instituição para esse tipo de atividade. A UFRN foi criada em 1958, a partir da junção de faculdades já existentes no Rio Grande do Norte, como a Faculdade de Farmácia e Odontologia, a Faculdade de Direito, a Faculdade de Medicina, a Escola de Engenharia, entre outras. Atualmente a instituição conta com 43 mil estudantes e 5,5 mil servidores, entre docentes e técnicos-administrativos.

A UFRN possui cinco campi principais: o Campus Central, em Natal, construído em uma área de 123 hectares integrada à cidade de Natal; a Escola Agrícola de Jundiá, em Macaíba; a Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi, em Santa Cruz; o Campus de Caicó; e o Campus de Currais Novos. Além disso, a estrutura organizacional da universidade apresenta algumas subdivisões importantes, como:

- Pró-reitorias: são órgãos auxiliares à direção superior da universidade, que supervisionam e coordenam atividades estratégicas específicas. Exemplos: Pró-reitoria de Graduação e Pró-reitoria de Extensão;

- Secretarias: são órgãos executivos com atividades específicas, que visam apoiar as atividades fim da universidade. Exemplos: Secretaria de Ensino à Distância e Secretaria de Gestão de Projetos;

- Centros: são os órgãos coordenadores das atividades de ensino, pesquisa e extensão. Exemplos: Centro de Tecnologia e Centro de Ciências da Saúde;

- Escolas e institutos: são órgãos técnicos, culturais, recreativos e de assistência ao estudante, que trabalham como suporte às atividades de ensino, pesquisa e extensão. Exemplos: Escola de Música e Escola de Ciência e Tecnologia;

- Departamentos: são unidades de ensino, pesquisa e extensão que integram os centros. Exemplo: Departamento de Engenharia de Produção, vinculado ao Centro de Tecnologia;

- Museus: unidades onde pesquisadores e organizações culturais trabalham por em questões educacionais e de memória histórica. Exemplos: Museu Câmara Cascudo e Museu do Seridó;

- Superintendências: unidades de gerenciamento intermediário, que articulam e coordenam atividades e sistemas da universidade, prestando apoio técnico às atividades fim da organização. São órgãos executivos que atuam de forma transversal na instituição, dando apoio a todas as outras estruturas organizacionais da UFRN. Exemplos: Superintendências de Infraestrutura, de Informática e de Comunicação;

- Hospitais: a UFRN possui hospitais universitários integrados à rede do Sistema Único de Saúde, e têm suas atividades diretamente administradas pela reitoria e pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. Exemplos: Hospital Universitário Onofre Lopes e Maternidade Escola Januário Cicco;

- Núcleos: unidades executivas e operacionais especializadas em determinados campos do conhecimento, que podem ter caráter interdisciplinar. Exemplos: Núcleo Permanente de Concursos e Núcleo de Inovação Tecnológica e Empreendedorismo.

Considerando todas essas unidades operacionais da organização, o trabalho foi iniciado através do contato com a Superintendência de Infraestrutura (ou INFRA), que é o departamento responsável pelos serviços de manutenção na instituição. Um trabalho inicial de apresentação sobre a importância da gestão de ativos e de implantação de um sistema de gestão da manutenção foi

realizado. E a partir do contato inicial, um projeto de pesquisa foi criado formalmente.

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PEP) criou o projeto chamado “estudo e desenvolvimento de sistema de gestão da manutenção de ativos para empresas dos setores públicos”, que é ligado ao grupo de pesquisa de engenharia de operações, otimização e inovação organizacional.

Com a parceria criada entre o PEP e a INFRA foi possível, então, iniciar um trabalho de diagnóstico da gestão da manutenção na universidade. Esse trabalho foi realizado de forma paralela à presente pesquisa, no mesmo projeto de pesquisa. As informações encontradas nesse diagnóstico serão úteis para analisar e comparar os dados encontrados após a implantação inicial do sistema de gestão da manutenção aqui proposto.

As principais partes interessadas da INFRA, representadas pela Diretoria de Manutenção (DIMAN) da superintendência, foram integradas ao projeto de implantação, e um trabalho de identificação de oportunidades de melhoria foi iniciado. Uma rotina de reuniões foi estabelecida para entender o cenário da manutenção na instituição, e um modelo de gestão de projetos foi criado para gerenciar o que seria trabalhado na implantação inicial o SGM.

Foi realizada uma apresentação do macroprocesso da gestão da manutenção aos envolvidos no projeto, e os principais pontos para uma implantação inicial foram escolhidos. Esses pontos foram integrados ao sistema de gestão de projetos sendo utilizado, o Canvas, e um cronograma de entregas foi estabelecido. Essas entregas deveriam ser realizadas pelos membros do PEP e aprovadas pelos membros da INFRA.

Os gestores da INFRA consideraram importante implementar primeiramente o processo de controle inicial, aliado a um CMMS e a uma boa gestão de indicadores. O controle inicial foi escolhido pois representa o primeiro passo para uma boa estrutura de gestão da manutenção, onde todos os ativos são catalogados e suas estratégias de manutenção são estabelecidas. Para apoiar esse processo, um CMMS deveria ser criado e integrado ao sistema informatizado já existente na organização. Além disso, os indicadores da manutenção deveriam ser medidos, para comparar o estado da manutenção antes, durante e depois da implantação do SGM.

Para apoiar a implantação do CMMS, foi necessário solicitar apoio à Superintendência de Informática da UFRN (SINFO). Esta parceria foi firmada para que o SGM implantado fosse integrado ao Sistema Integrado de Gestão de Patrimônio, Administração e Contratos (SIPAC), que já possuía módulos voltados à gestão da manutenção, que deveriam ser otimizados.

Os módulos de gestão da manutenção no sistema informatizado já existente eram a forma como todas as áreas da universidade se comunicavam com a INFRA para solicitações de serviços voltados à manutenção corretiva. O sistema cadastrava apenas a solicitação e todo o trabalho intermediário de geração de ordens de serviço, acompanhamento do andamento do serviço, e planejamento, provisionamento, programação e execução da demanda era feito de forma “*off-line*”. Muitas vezes, esse trabalho não era padronizado e não acompanhado de forma centralizada pela INFRA, já que as diferentes áreas da manutenção possuem diferentes equipes de trabalho, como manutenção hidráulica, elétrica e predial.

Foi constatado que, por muitas vezes, as administrações locais de cada um dos prédios ou áreas realizava ações de manutenção por conta própria, sem realizar solicitações de serviços para a INFRA. Isso ocorria por diversos motivos, como: dificuldade de utilização do sistema informatizado existente; demora no atendimento da solicitação; disfunções de encaminhamento da solicitação para a área correta da manutenção; desconhecimento do fluxo correto de solicitação de serviço de manutenção; entre outros.

A implantação do SGM, portanto, deveria visar a integração de todas as áreas atuantes na organização, e atuar para que todas as solicitações fossem integradas e atualizadas no sistema informatizado sendo implantado de forma paralela. Sendo assim, o projeto possuiu duas principais frentes: a implementação administrativa dos conceitos do macroprocesso da manutenção sendo implantados no SGM e a tradução desses conceitos a uma linguagem informatizada para que o CMMS pudesse ser replicador do SGM de forma ampla a todos os usuários da organização.

Uma das principais deficiências da gestão da manutenção na instituição foi a ausência de ações preventivas ou preditivas nas operações da INFRA. Por conta disso, um dos principais focos da implantação do SGM deveria ser gerar

rotinas preventivas periódicas e de inspeção preditivas, para que as perdas geradas pela manutenção exclusivamente corretiva fossem reduzidas.

A fim de realizar um estudo inicial com porte reduzido e controlado, foi definido que uma área específica do Campus Central da UFRN seria escolhida como a planta piloto para aplicação do SGM. Essa planta deveria ter seus ativos analisados e cadastrados de acordo com os conceitos da etapa do controle inicial, e posteriormente seria a primeira área a ter suas rotinas de manutenção gerenciadas pelo CMMS a ser implantado. Essa área, ou prédio, deveria ter atividades bem definidas e específicas, bem como um corpo administrativo que apoiasse a implantação do SGM nas suas instalações. Sendo assim, deveria haver uma ponte de comunicação entre PEP, INFRA e a diretoria da planta piloto, com envolvimento da Pró-reitoria de Pós-Graduação, que é o órgão responsável pela administração dos cursos de pós-graduação da instituição.

Após as reuniões iniciais e avaliações das necessidades das partes envolvidas, os principais pontos da implantação do SGM foram definidos, como objetivos, entregas, equipes e prazos. Esses requisitos foram definidos utilizando a metodologia Life Cycle Canvas, discutida anteriormente, e são demonstrados na Apêndice A. Os pontos principais definidos pela iniciação do projeto são:

- Justificativas para a implantação:
 - Ineficiência do SGM atual;
 - Otimização de uso de recursos públicos;
 - Alto volume de serviços devido ao crescimento da universidade;
- Objetivo:
 - Criar e executar um sistema de gestão da manutenção na UFRN;
- Benefícios:
 - Redução no tempo para atendimento de manutenção;
 - Melhoria na qualidade do atendimento;
 - Melhoria da imagem da INFRA dentro da UFRN;
 - Valorização da equipe de manutenção;
- Produto final:
 - Sistema de gestão da manutenção implementado;
- Requisitos:
 - Cadastro e classificação dos ativos da instituição;

- Identificação dos tipos de demanda da manutenção;
- Identificação dos indicadores de manutenção;
- Sistema informatizado de gestão da manutenção eficiente;
- Restrições:
 - Equipe da SINFO limitada;
 - Tempo curto;
 - Equipe de manutenção possivelmente limitada;
- Partes interessadas:
 - Direção da área piloto a ser definida;
 - Comunidade acadêmica;
 - Superintendência de Infraestrutura;
 - Superintendência de Informática;
 - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção;
 - Pró-Reitoria de Pós-Graduação;
- Equipe:
 - Superintendência de Infraestrutura;
 - Superintendência de Informática;
 - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção;
- Comunicações
 - Reuniões presenciais;
 - Mensagens por redes sociais;
 - E-mail;
 - Ligações telefônicas;
- Gerente do Projeto:
 - Professor Herbert Viana (orientador do grupo de estudos “estudo e desenvolvimento de sistema de gestão da manutenção de ativos para empresas dos setores públicos”, docente do PEP);
- Premissas:
 - Apoio técnico da SINFO;
 - Apoio administrativo da direção da planta piloto;
 - Apoio administrativo da INFRA;
 - Apoio de especialistas em SGM;
- Entregas:

- Diagnóstico operacional;
- Sistema informatizado;
- Tratamento da demanda;
- Planos de manutenção e inspeção;
- Manual de indicadores;
- Cadastro técnico de ativos;
- Organização da manutenção;
- **Aquisições:**
 - Bolsista de apoio técnico da SINFO;
 - Bolsista de apoio técnico da INFRA;
 - *Software* de manutenção (se necessário);
- **Riscos:**
 - Não ter apoio de tecnologia da informação;
 - Não ter apoio da área de manutenção da INFRA;
 - Resistência dos usuários da organização;
 - Possibilidade de redução e/ou mudança da equipe do projeto de implantação do SGM;
- **Tempo:**
 - Entregas realizadas até 30 de dezembro de 2018;
- **Custo:**
 - Bolsistas;
 - Custos de *software* (se necessário);
- **Cliente:**
 - Diretoria de manutenção, pertencente à superintendência de infraestrutura.

Inicialmente, havia a possibilidade de adquirir um *software* pago no mercado, como mostram alguns tópicos do projeto mencionados acima. Porém, foi definido que a SINFO deveria desenvolver adaptações ao sistema informatizado já utilizado, para acomodar os preceitos em implantação na pesquisa. Além disso, o orçamento do projeto não permitia esse tipo de aquisição, e a universidade conta com profissionais qualificados para realizar este tipo de trabalho de informática.

Como o trabalho foi realizado em parceria com a Diretoria de Manutenção da Superintendência de Infraestrutura, as atividades de responsabilidade dessa diretoria deveriam ser mapeadas, com as especialidades da manutenção divididas de acordo com as equipes designadas pela execução das atividades em campo. Dessa forma, a gestão da manutenção foi classificada de acordo com a atividade fim realizada, e as principais áreas da manutenção foram assim encontradas. Essas áreas representam as intervenções realizadas pela diretoria de manutenção de forma centralizada, que é o processo padrão de manutenção de ativos adotado pela administração central da universidade. Porém, essas áreas não representam necessariamente todos os tipos de manutenção realizados na instituição. As áreas encontradas são explicitadas no Quadro 5:

Quadro 5: Aplicações da Manutenção do Estudo

Tipo de Manutenção	Descrição dos ativos
Manutenção hidrossanitária	Ativos hidráulicos relacionados ao fornecimento de água e captação de esgoto e águas pluviais dos prédios da universidade. Exemplos: Registros de torneiras, chuveiros, descargas e caixas d'água.
Manutenção elétrica	Ativos de fornecimento e distribuição de energia elétrica de baixa e alta tensão na universidade. Exemplos: transformadores, geradores e quadros elétricos.
Manutenção civil	Ativos das instalações físicas dos prédios diretamente ligados à manutenção predial. Exemplos: fachadas, portas, janelas e coberturas dos prédios.

Fonte: Autor (2019)

Os usuários dos prédios, através de servidores designados para cada área específica, solicitavam algum serviço de manutenção, através de um sistema integrado ao SIPAC, e as equipes executantes de uma dessas três áreas deveria atender. Essas áreas atuavam de forma relativamente independente e não havia fluxo padronizado estabelecido para atender essas requisições. Também não havia forma de medir a eficiência desse fluxo de trabalho, já que o sistema informatizado utilizado não gravava estados de trabalho, datas, tempo de atendimento, ou outros indicadores. Havia somente uma indicação da etapa atual do processo, quando a requisição foi inicialmente solicitada e quando foi finalizada, sendo que todos os processos intermediários não possuíam histórico.

A adoção do SGM, com etapas de controle inicial, identificação da demanda e adoção de indicadores deveria otimizar todos esses processos.

A partir das informações colhidas, foi diagnosticado que as áreas com maior possibilidade de sucesso na aplicação inicial do SMG seriam a manutenção hidrossanitária e a manutenção civil. Portanto, essas seriam as áreas focadas no estudo inicial de aplicação do macroprocesso, em uma área a ser definida como a planta piloto da pesquisa.

Outros tipos de manutenção também são realizados na organização, como manutenção de equipamentos de laboratório e sistemas de ar-condicionado. Essas atividades, porém, não são controladas pela administração central da INFRA, e possuem responsabilidades dispersadas pelas gerências locais de prédios e campi da universidade. A estruturação e centralização dessas atividades de manutenção poderão ser alvo de futuros trabalhos na universidade, porém, o trabalho atual visa estruturar o escopo de trabalho da Superintendência de Infraestrutura.

4.2 ADAPTAÇÃO DO MACROPROCESSO

Um trabalho já iniciado durante o estudo da situação da manutenção na organização foi definir quais etapas do macroprocesso da manutenção seriam priorizadas para a implantação inicial do SGM. A partir do diagnóstico realizado inicialmente, foi possível detectar o nível de estruturação da manutenção na organização, para então definir quais processos deveriam ser implantados inicialmente.

Como os principais ativos físicos da instituição, tanto equipamentos quanto instalações prediais, não estavam devidamente catalogados e classificados, a etapa de controle inicial foi considerada primordial para a implantação inicial do SGM. Esse processo deveria focar em uma área específica da instituição, a ser escolhida como planta piloto, para ter seus ativos “tagueados”, classificados por nível de importância operacional e aplicados a uma rotina de planos de manutenção preventiva e inspeções. Essas atividades deveriam ser controladas por um processo de acompanhamento de projetos, de acordo com os conceitos do controle inicial apresentados anteriormente.

Para que o controle inicial pudesse vislumbrar uma adoção ampla e *online* por diversas áreas da universidade, a integração do SGM a um módulo administrativo do sistema informatizado da universidade foi considerado primordial. Portanto, a etapa de “sistemas informatizados” do processo de suporte ao tratamento da demanda foi priorizada, utilizando o apoio da SINFO já previamente explicitado.

Além do processo de controle inicial e do *software*, as partes interessadas consideraram importante aplicar de forma paralela um conjunto de indicadores, para que a equipe de manutenção consiga medir o sucesso do SGM desde a sua implantação inicial. Para tal, os principais KPI's de manutenção deveriam ser integrados ao sistema informatizado desde a sua primeira versão, seguindo os conceitos da etapa “indicadores da manutenção”, do processo de controle da manutenção do macroprocesso.

Adicionalmente, apesar de não possuir grande foco de aplicação nesta pesquisa, o processo de identificação da demanda também deveria ser abordado, já que era de grande importância durante a criação do CMMS a ser aplicado. Sua importância advém do fato de que é primordial que a geração de ordens de serviço de manutenção seja estruturada desde o início dos trabalhos de implantação do SGM, e as origens dessas ordens deve ser bastante detalhada e prevista durante a utilização do *software*.

Com a delimitação da aplicação do macroprocesso à pesquisa, também foram definidas as principais entregas a serem realizadas pela equipe do projeto nas próximas etapas. Essas entregas são relacionadas às etapas a serem implantadas, e poderiam se dar em formato de documentação, criação de procedimentos ou processos a serem aplicados ao CMMS em implantação. A partir do item “Entregas” da seção anterior, algumas considerações foram feitas a respeito do meio por onde os itens mencionados seriam integrados ao SGM, e algumas modificações foram feitas. Por fim, as seguintes entregas foram acordadas:

- Procedimentos de fluxo de trabalho integrados ao CMMS em implantação: cadastro de ativos, cadastro de planos de manutenção preventiva e geração de ordens de serviço;

- Manual do controle inicial, contendo: parâmetros de gestão de projetos para implantações futuras do controle inicial; guia para procedimento

padronizado de criação de *tags*; guia para procedimento padrão de criação de planos de manutenção preventiva sistemática e inspeções; e estruturação de um algoritmo de decisão para definição da criticidade dos ativos sendo cadastrados;

- Manual de indicadores, contendo explicação detalhada de quais indicadores da manutenção deveriam ser acompanhados para uma gestão eficaz futura na organização e em aplicações em outras áreas.

As entregas dos manuais fazem parte do esforço para replicação da implantação do SGM em outras áreas, e também funciona como um treinamento inicial para que as equipes de manutenção se familiarizem com os conceitos trazidos pelo projeto de implantação. Esses documentos, em conjunto com o CMMS, deveriam ser a principal forma de aprimorar a gestão do conhecimento gerado na corrente implantação, para que outras áreas e organizações possam aperfeiçoar os procedimentos em futuros projetos.

4.3 PLANTA PILOTO

Com os conceitos da aplicação do SGM definidos, foi necessário escolher um local para a sua implantação inicial. A ideia inicial da equipe do projeto foi escolher uma área com os seguintes requisitos:

- Prédio com área bem delimitada fisicamente;
- Administração local receptiva a melhorias operacionais;
- Arquitetura relativamente simples, para facilitar o “tagueamento”;
- Facilidade de acesso ao local pela equipe do projeto.

Assim que esses requisitos foram analisados, o prédio do Centro Tecnológico de Engenharia (CTEC) passou a ser considerado para a planta piloto. Esse prédio, além de apresentar os quatro parâmetros citados, é um prédio relativamente novo na universidade, com seus processos administrativos ainda sendo aprimorados. Além disso, é nesse prédio que os colaboradores e bolsistas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção estão alocados, portando há grande facilidade de acesso.

O CTEC é um prédio com administração local, porém responde à administração do Centro de Tecnologia (CT) da UFRN. É uma construção de 2016, e comporta salas de aula, laboratório, salas de professores, salas de

grupos de estudos, entre outras. É o centro administrativo para diversos cursos de engenharia, e é fruto do REUNI, Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, implantado pelo governo federal a partir de 2008, que expandiu diversos campi universitários no Brasil. O prédio possui cerca de 8000 m² de área construída, 80 salas e 49 laboratórios. Os ambientes de trabalho são salas de estudos, secretarias e coordenações de cursos, sedes de empresas juniores e centros acadêmicos, grupos de pesquisa, salas de reuniões e auditórios.

A administração do CT foi informada sobre as intenções de implantação do SGM, e através de reuniões o projeto de pesquisa foi apresentado e a planta piloto foi proposta. O CT possui atividades claras relacionadas à manutenção, e a adoção de novas práticas no prédio do CTEC foi considerada uma adição positiva à operação do prédio por parte dos responsáveis.

Uma das principais observações realizadas ao analisar o fluxo de trabalho da manutenção nesse prédio foi a existência de trabalhos de reparos realizados por equipes locais de manutenção. Executantes locais, utilizando peças de reposição armazenadas em um almoxarifado específico do CT, trabalhavam em ações corretivas pontuais, e passavam requerimentos de manutenção para a INFRA somente se não fossem capazes de realizar os trabalhos por conta própria. A implantação do SGM deveria parar com essa prática e unificar todas as demandas de manutenção do CTEC.

As atividades do controle inicial aplicadas ao *software* em implantação deveriam ser inicialmente implantadas na planta piloto, e todos os aprimoramentos possíveis deveriam ser realizados para este prédio em específico. Então, a expansão gradativa às outras áreas da organização deveria ser realizada. Sendo assim, após definir e delimitar o escopo do projeto da área da planta piloto, o trabalho específico de gestão da manutenção pôde ser iniciado.

4.4 IMPLANTAÇÃO DAS ETAPAS DO MACROPROCESSO

Após a definição de quais etapas do macroprocesso seriam utilizadas nessa implantação e onde seria a planta piloto a receber as modificações de

gestão e operações, deveria ser realizada a fase da implantação de fato. Controle inicial, criação e utilização de um CMMS e monitoramento por indicadores deveriam ser aplicados à realidade do CTEC, e essas etapas são descritas a seguir.

4.4.1 CONTROLE INICIAL

A implantação do controle inicial na planta piloto deveria servir como fundação para a estruturação da gestão de ativos da organização como um todo, então alguns procedimentos já utilizados na universidade deveriam ser mantidos ou aprimorados. O primeiro passo nesse processo foi realizar um mapeamento dos ativos físicos do prédio, para que *tags* pudessem ser atribuídos a todos os ativos passíveis de manutenção. Esse mapeamento deveria levar em consideração todas as informações necessárias para localizar e identificar o ativo, bem como a forma como os ativos já são localizados dentro do padrão de identificação patrimonial da instituição.

Um código foi criado para identificar os ativos, com campos que podem ser replicáveis em qualquer outra área da UFRN. Esses códigos foram criados de forma que também possam servir de padrão para utilização em outras instituições federais, já que utilizam um padrão de identificação patrimonial utilizado por todas as universidades federais brasileiras.

Os principais dados de localização do prédio dentro da instituição foram alinhados e utilizados na composição da *tag*. Sendo assim, as porções das *tags* destinadas à localização do prédio dentro da universidade, como campus, zona do campus e código do prédio, foram retiradas de um registro central da organização, que faz parte de um banco de dados de todas as universidades federais brasileiras. Isso garante que poderá haver replicação dos códigos em atividades de “tagueamentos” futuros dentro da UFRN e em outras instituições. Além disso, promove-se maior integração aos sistemas informatizados já em operação na instituição.

Para a definição de localização do ativo, então, foi utilizado um código de dezesseis caracteres padronizado pela universidade, que identifica campus, área do campus e prédio específico. Além disso, definiu-se que o *tag* deveria possuir informações de localização de andar e sala, dentro do prédio em

questão. Estas últimas informações não estão no cadastro geral da organização, e deveriam ser criadas especificamente para a planta piloto, e, subsequentemente, o padrão criado deveria ser replicado em outras áreas.

Além das informações de localização do ativo, foi definido que o código criado também deveria ter dois campos de identificação específica: área responsável pela manutenção do ativo (como hidrossanitária ou elétrica, por exemplo) e um identificador específico para o tipo de ativo (como válvulas específicas, quadros de energia ou elementos de acabamento predial).

Todos os componentes das *tags* criadas são mostrados no Quadro 6:

Quadro 6: Componentes das *Tags* e suas Descrições

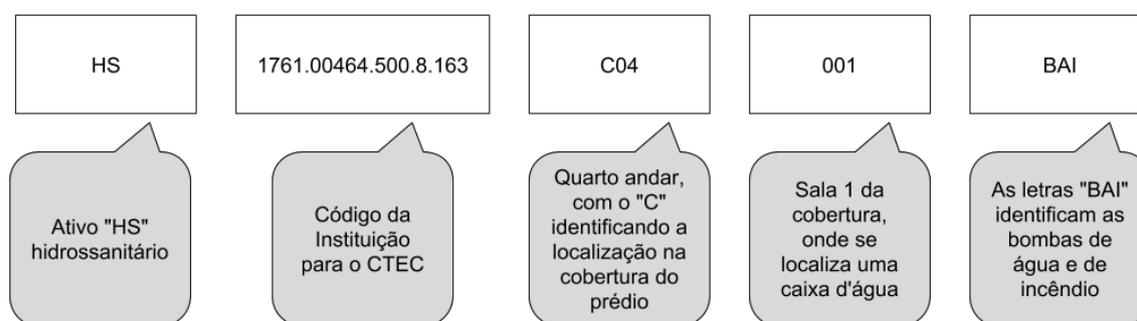
Componente da Tag	Descrição
Tipo de Ativo	Dois caracteres alfabéticos que determinam a área da manutenção à qual o ativo pertence. Algumas das áreas aplicadas foram: hidrossanitária (HS), elétrica de baixa tensão (EB) e coberturas e fachadas (CF).
Código da Instituição para o Prédio	Dezesseis caracteres numéricos que adotam o padrão de localização patrimonial de instituições federais.
Andar	Três caracteres alfanuméricos que indicam o andar onde o ativo está localizado dentro do prédio em questão. Pode conter somente números ou, adicionalmente, alguma indicação alfabética para determinar andares subterrâneos.
Sala ou área	Três caracteres alfanuméricos que apontam a localização da sala ou área do ativo em questão dentro do andar selecionado. Pode conter somente números, de acordo com a numeração específica do prédio trabalhado, ou caracteres alfabéticos para criação de um padrão de salas não numeradas, como banheiros e laboratórios. Exemplo: o código “B03” pode indicar o terceiro banheiro de uma área ou andar.
Identificação do Ativo	Três caracteres alfabéticos que identificam o ativo em questão dentro de uma sala ou área. Se houver diversos ativos com a mesma descrição na mesma sala, todos eles são identificados pelo mesmo <i>tag</i> , o que torna a localização da sala nível mais alto de identificação do ativo. Todas as duchas sanitárias de um banheiro, por exemplo, são identificadas como “DUC”.

Fonte: Autor (2019)

A elaboração das *tags* resultou em um código com 27 caracteres, que serviriam como modelo para identificar todos os ativos físicos da organização. As partes interessadas do prédio da planta piloto e da superintendência de infraestrutura consideraram esse código satisfatório e aprovaram a criação do padrão para aplicação na área. A composição do código, a forma de criar os campos e as origens dos códigos foram descritas no manual do controle inicial, que é um dos documentos que servirão para replicar de forma padronizada a corrente aplicação em outras áreas.

O código criado foi, portanto, base para identificação de todos os itens dos planos de manutenção a serem elaborados, a partir de uma análise de criticidade, que seria realizada na sequência da criação das *tags*. Um exemplo de *tag* para uma bomba hidráulica para água e incêndio é HS-1761.00464.500.8.163-C04-001-BAI. O campo “1761.00464.500.8.163” é o código padrão de localização do CTEC dentro das diretrizes patrimoniais da UFRN e das instituições federais de educação. Todos os campos da *tag* são descritos na Figura 14:

Figura 14: Descrição dos Campos das *Tags*



Fonte: Autor (2019)

Inicialmente, os ativos que sofreriam manutenção hidrossanitária e manutenção predial de coberturas, fachadas e esquadrias foram identificados. Essas foram as áreas consideradas, pela equipe do projeto, como mais suscetíveis a aplicação do SGM com sucesso durante as etapas iniciais de implantação. As partes interessadas de PEP e INFRA consideraram que essas áreas possuíam melhores oportunidades de adoção dos procedimentos do SGM, por questões de receptividade das equipes e limitações técnicas (como

necessidade de contratos externos para manutenção de ar-condicionado). Outras áreas, como manutenção elétrica, seriam trabalhadas em intervenções futuras e durante a expansão para outras áreas da universidade. O Quadro 7 indica quais tipos de ativos foram codificados no trabalho de controle inicial na planta piloto, bem como seus caracteres identificadores dentro da *tag*:

Quadro 7: Códigos dos Tipos de Ativos Codificados na Planta Piloto

Código na Tag	Tipo de Ativo
HS	Hidrossanitário
CF	Cobertura e Fachada
ES	Esquadrias

Fonte: Autor (2019)

As áreas escolhidas para serem mapeadas inicialmente receberam códigos específicos a serem utilizados nos *tags*, bem como as áreas para criação futura de codificação e aplicação do controle inicial. Essas informações, assim como todas as outras informações que deveriam ser replicadas em outras áreas, foram compiladas em um manual específico do trabalho de controle inicial. As codificações escolhidas para as categorias de manutenção encontram-se no Apêndice B.

Algumas atribuições dos códigos gerados poderiam ser específicas da planta piloto, e passíveis de modificações em outros locais, como a forma de identificar andares e salas. No caso específico do CTEC, foi definido que a forma mais lógica de identificar o andar térreo seria como “P01”, mas em outros locais as numerações específicas de salas e andares poderiam ser respeitadas e utilizadas na composição da *tag*. Em alguns casos, pode haver ativos em áreas não numeradas oficialmente, e um novo padrão deverá ser criado. Na planta piloto, a codificação especial de andar e sala para os ativos já mapeados encontra-se no Apêndice C.

No caso do código de três letras que identificam o ativo específico sendo codificado, um padrão foi criado e aplicado à planta piloto. Esse padrão deveria ser replicado em todas as outras áreas da organização, através da utilização do manual do controle inicial aplicado ao CMMS a ser implementado, que deveria contar com um glossário para criação futura de *tags*. Todas as janelas da

instituição, por exemplo, deveriam ter seus códigos identificados pelas letras “JAN”. O Apêndice D mostra todos os padrões de três letras criados e aplicados ao CTEC, nas áreas: hidrossanitária; cobertura e fachada; e esquadrias.

No processo de atribuição de *tags*, poderia haver situações onde um mesmo ativo, ou tipo de ativo, se repetia em diversas áreas do prédio. Um exemplo dessa situação é o ativo “Ralo Sifonado”, que é um equipamento presente em todos os banheiros do prédio. Nesta situação, a mesma identificação de três letras seria utilizada em todas as *tags*, que no caso do ativo em questão foi definida como “RAS”. Os campos anteriores de localização de andar e sala seriam exclusivos de cada banheiro, sempre respeitando a limitação de especificidade máxima do campo “sala”, ou seja, independentemente da quantidade de ralos sifonados em um banheiro, todos esses ralos estariam sob a mesma *tag*. Exemplos desse caso são HS-1761.00464.500.8.163-P01-B01-RAS, HS-1761.00464.500.8.163-P02-B03-RAS e HS-1761.00464.500.8.163-P04-B04-RAS, que representam, respectivamente, os ralos sifonados do primeiro banheiro (considerando a ordem norte-sul, oeste-leste) do térreo, do terceiro banheiro do primeiro andar, e do quarto banheiro do terceiro andar.

A criação da padronização das *tags* proporcionou o início da próxima etapa do controle inicial: a classificação de criticidade dos ativos. Assim como foi descrito na seção 3.2.4.1, os ativos deveriam ser classificados entre as criticidades A, B e C, de acordo com os seus impactos nas operações do prédio em caso de necessidade de manutenção corretiva. Nessa etapa, as necessidades da gestão de instalações deveriam ser levadas em consideração para classificação de equipamentos e instalações prediais em processo de análise.

Parâmetros de funcionalidade, segurança, satisfação do usuário, rentabilidade, meio ambiente e estrutura organizacional foram considerados ao classificar os ativos de acordo com os três itens do algoritmo de decisão da criticidade: impacto em custos, histórico de falhas e interdição da área em caso de falha. Reuniões foram realizadas com as partes interessadas para definir as categorias de todos os ativos catalogados, e as classificações foram então atribuídas.

Os ativos que foram classificados como A ou B, receberiam planos de manutenção com ações preventivas ou preditivas, ou um conjunto dos dois tipos,

de acordo com a sua classificação final. Os ativos com classificação final C não teriam planos associados, e seriam utilizados até a falha. O papel desses ativos dentro do SGM em implantação foi de fornecer um padrão para geração de *tags* em outras áreas futuramente, através do seu posterior cadastro no CMMS em implementação.

Um exemplo de tomada de decisão para um ativo específico para sua classificação de criticidade foi o do ativo “Reservatório de Água Potável”, que recebeu a *tag* HS-1761.00464.500.8.163-C03-R01-RAP. Dentro do processo decisório de criticidade, foi definido que este ativo seria classificado como “A”. Sendo assim, as seguintes considerações podem ser feitas sobre o ativo em questão:

- “HS” diz respeito a um ativo de manutenção hidrossanitária;
- “C03” indica que o ativo se localiza na cobertura do terceiro andar do prédio;
- “R01” indica que este é o reservatório de número 1, no pavimento indicado;
- “RAP” é a identificação específica para o reservatório de água potável;
- No processo decisório, foi constatado que este ativo possuía as três características do fluxo de definição da criticidade, portanto a sua classificação seria “A”;
- A classificação “A” determina que deveria haver ações de inspeção e de manutenção preventiva associadas a este ativo.

Uma outra situação que poderia ocorrer durante a classificação de criticidade é a classificação “B”, que demanda uma escolha por parte dos responsáveis da INFRA: definir se deveria haver uma ação de inspeção ou de manutenção preventiva. Ativos como a “Caixa de Inspeção de Esgoto” sofreria somente manutenção preventiva, e outros, como “Vasos Sanitários” passariam por inspeções.

Existem, portanto, três situações advindas das classificações de criticidade “A” e “B”, que serviriam de base para a criação subsequente dos planos de manutenção: ativos com ações preventivas e de inspeção; ativos somente com ações de inspeção; e ativos somente com ações preventivas.

Exemplos desses três casos, acompanhados das suas ações associadas propostas pelas equipes da pesquisa, são:

- Ativo: Reservatório de Água Potável;
 - Tag: HS-1761.00464.500.8.163-C03-R01-RAP;
 - Criticidade: A;
 - Ações: Inspeção e preventiva;
 - Atividades:
 - Inspeção: Testar se a torneira da boia permite o fluxo de água para os reservatórios, quando estes estiverem com o nível abaixo do ideal; verificar se a torneira da boia bloqueia o fluxo de água para os reservatórios, quando estes estiverem no nível ideal; confirmar se as boias de nível acionam automaticamente as bombas de recalque, quando os reservatórios estiverem com o nível abaixo do ideal; e conferir se as boias de nível desligam as bombas, quando estiverem no nível ideal;
 - Preventiva: Conferir se o reservatório apresenta pontos de vazamento ou umidades (do lado externo); observar se o reservatório apresenta descascamento do reboco ou da pintura, impermeabilização (manta asfáltica), fissuras, rachaduras, e/ou degradação de elementos construtivos; realizar a limpeza do reservatório, efetuando a secagem total do mesmo e descartando a água de lavagem através da tubulação de limpeza;
- Ativo: Caixa de Inspeção de Esgoto;
 - Tag: HS-1761.00464.500.8.163-P01-X01-CXI;
 - Criticidade: B;
 - Ação: Preventiva;
 - Atividades: Remover tampa da caixa; examinar as condições físicas da caixa de inspeção de sua tampa; verificar o fluxo de esgoto na caixa. Inclusive o da canaleta de direcionamento do esgoto; efetuar limpeza da caixa

(remoção de detritos, objetos, animais, etc); e efetuar o fechamento da tampa da caixa com argamassa de cimento e areia (se necessário).

- Ativo: Vasos Sanitários;

- *Tag*: HS-1761.00464.500.8.163-P01-B01-VSA (exemplo de um banheiro no térreo, mas aplica-se a todos os banheiros do prédio);
- Criticidade: B;
- Ação: Inspeção;
- Atividades: Inspecionar estado físico da caixa acoplada, da tampa, do assento e do vaso sanitário; acionar descarga e verificar funcionamento dos mecanismos; e verificar se o elemento inspecionado apresenta algum vazamento (interno ou externo).

Uma quarta situação seria a classificação de criticidade “C”, onde os ativos associados a uma *tag* seriam utilizados até a necessidade de manutenção corretiva. Para esse caso, na implantação inicial do SGM na planta piloto, a equipe do projeto de pesquisa, em conjunto com as partes interessadas do CTEC e da INFRA, definiu que tais ativos não seriam ainda catalogados e inseridos no SGM. Essa decisão foi tomada devido à necessidade de focar em ações preventivas e de inspeção, para reduzir o número total de ações corretivas, que representavam a totalidade das ações de manutenção da universidade antes do início do projeto de implantação.

É possível ter um panorama geral do trabalho realizado até a finalização da classificação de criticidade ao observar a Tabela 1. Esse quadro mostra informações de números totais de ativos codificados, bem como a quantidade de ativos classificados como “A” ou “B” na escala de criticidade, divididos pelo tipo de manutenção aplicada. Além disso, há também um número indicativo da quantidade de *tags* associadas a cada tipo de manutenção, já que um mesmo ativo pode se repetir em várias áreas do prédio, o que gera diversas *tags*. Os dados brutos totais de ativos e *tags* podem ser encontrados no Apêndice E.

Tabela 1: Quantidades de Ativos e Tags Identificados na Planta Piloto

Área da Manutenção	Ativos			Tags		
	Criticidade A	Criticidade B	Total	Criticidade A	Criticidade B	Total
Cobertura e Fachada	1	6	7	6	25	31
Esquadrias		5	5		489	489
Hidrossanitária	1	14	15	2	260	262

Fonte: Autor (2019)

Ao término da etapa de definição da criticidade dos ativos da planta piloto, iniciou-se, então, a etapa de criação dos planos de manutenção preventiva e inspeção. Nessa etapa, de acordo com os requisitos apresentados nos procedimentos metodológicos, foi necessário criar planos de manutenção preventiva e inspeção para os ativos classificados como “A”, e plano de manutenção preventiva ou de inspeção para os ativos classificados como “B”.

Nessa etapa, foi possível observar que a aplicação do método de trabalho não define com muita clareza se os ativos “B” deveriam sofrer inspeção ou manutenção preventiva, nem quão determinante essa decisão seria para o bom desempenho operacional do ativo. Os tomadores de decisão participantes do projeto decidiram, caso a caso, qual deveria ser a ação de manutenção a ser empregada. Esse ponto, portanto, deve ser analisado e revisto em futuras iterações de aplicação desse método de implantação, de forma que em uma subsequente implantação, a decisão sobre inspeção ou preventiva torne-se mais clara e estruturada durante o processo de definição de criticidade.

Seguindo o fluxo de trabalho de criação dos planos de manutenção, cada um dos ativos das áreas hidrossanitária, cobertura e fachada e esquadrias foi estudado, e a suas ações de manutenção definidas. Os itens que um plano de manutenção deve conter foram listados nos procedimentos metodológicos, e são, em resumo: tipo de manutenção; tipo de ação (inspeção ou preventiva); descrição do ativo; tarefas; materiais; equipamentos de proteção; ferramentas; especialidade do executante; frequência de aplicação do plano; tags associadas ao plano; fotografia de exemplo do ativo.

Um padrão de planilha foi criado para aninhar essas informações, de forma que as mesmas possam alimentar o CMMS da forma mais eficiente

possível. Além disso, a planilha deve ser facilmente replicável por outras áreas da organização. Foi criado, adicionalmente, um campo de “Código SIPAC”, para incluir numerações de materiais, ferramentas e equipamentos já incluídas no sistema de informação em uso na organização. Esse código foi retirado do banco de dados já em uso pela manutenção da UFRN, que seria também o mesmo banco de dados integrado ao CMMS a ser implantado.

Para melhor organização, foi estabelecido que cada ativo seria um item dentro da gestão dos planos. Ou seja, cada código de três letras (como “BAI” para bombas d’água) seria um item no plano, e todas as *tags* associadas a esse ativo dentro da planta piloto estariam dentro desse item do plano.

O item do plano estabelece a mesma rotina de manutenção preventiva ou de inspeção para todas as *tags* e todas as suas localizações, bem como a mesma frequência. Tecnicamente, o ativo é o mesmo, e o que muda é a quantidade de trabalho necessária para seguir as atividades do plano. As atividades listadas no plano correspondem ao trabalho necessário para 1 unidade do ativo, assim como a quantidade de pessoas executantes. Cabe aos responsáveis pela etapa de tratamento da demanda, nas atividades de planejamento, provisionamento, programação e execução da demanda, determinar a quantidade de horas-homem necessária para cumprir o trabalho associado a todas as *tags* do plano.

A lista de tarefas desempenhada em cada ação de manutenção dos planos precisou ser ajustada às necessidades de cada tipo de ativo. Como o tipo de ativo nessa implantação inicial envolveu um pequeno número de equipamentos, e um grande número de ativos estruturais e prediais, diversos preceitos da gestão de instalações foram seguidos na criação das tarefas de manutenção inseridas nos planos. As condições físicas e de deterioração dos ativos prediais são especiais, e variam de acordo com o local de uso, quantidade de usuários e atividade fim do local onde o ativo está instalado. Sendo assim, as equipes especialistas da INFRA trabalharam com seus históricos de manutenção corretiva, em conjunto com os conceitos de revisão de literatura de gestão de instalações, para criar as tarefas mais adequadas para inspeções e intervenções preventivas nos ativos do estudo.

Por ser uma atividade muito específica da implantação em questão, a definição das tarefas dos planos de manutenção seguiu um caminho altamente

baseado no histórico das atividades das partes interessadas da organização. Isso também se aplica a outros itens dos planos de manutenção, como materiais, equipamentos e ferramentas. Porém, para implantações futuras e atualizações dos métodos propostos por este trabalho, será necessário estabelecer parâmetros mais restritos e que possam guiar de forma mais clara como os campos dos planos de manutenção deverão ser preenchidos. Esses parâmetros podem ser retirados, por exemplo: da experiência da implantação da planta piloto; dos indicadores extraídos após um tempo significativo de operação da planta piloto; do histórico de manutenção corretiva de outras áreas da organização; entre outros.

Todos os dados gerados a partir da criação dos planos de manutenção deveriam estar prontos para inserção no CMMS a ser implantado. Um exemplo de um item do plano de manutenção encontra-se no Apêndice F. Com todos os planos criados, a próxima etapa da implantação, portanto, é a utilização do software para armazenar e disseminar as melhorias operacionais trabalhadas. O desenvolvimento do CMMS seguiu em paralelo com as etapas do controle inicial, e será abordado na seção 4.4.3.

4.4.2 DEFINIÇÃO DE INDICADORES

Uma vasta gama de indicadores da manutenção foram estudados durante a implantação do presente trabalho. A principal tarefa da equipe da pesquisa na etapa de definição de indicadores foi escolher quais seriam os indicadores mais adequados para implantação na planta piloto e nas primeiras etapas de trabalho do CMMS, bem como como seria realizada a replicação da utilização dos indicadores e seus dados de origem através da organização.

Os indicadores usados após a implantação deveriam ser relacionados às informações sendo alimentadas no CMMS, para que relatórios informatizados pudessem ser gerados a partir do trabalho realizado nas etapas de controle inicial. Sendo assim, um trabalho de identificação dos indicadores mais adequado foi realizado, analisando os KPIs da manutenção mais utilizados. Nesse trabalho, a equipe do projeto definiu que, inicialmente, somente os indicadores com dados de entrada mais simples seriam utilizados. Portanto, o trabalho de escolha foi focado na simplificação da geração dos indicadores.

Durante o processo de definição, foi definido que alguns dados seriam considerados simples o suficiente para serem utilizados desde a implantação do SGM. Esses dados são:

- Data e horário de abertura da ordem de serviço;
- Data e horário de fechamento da ordem de serviço;
- Tipo de manutenção sendo realizado na OS (corretiva ou preventiva);
- Quantidade de ordens de serviço na carteira de serviços do CMMS;
- Tamanho e especialidades das equipes de manutenção trabalhando nas áreas estudadas.

A partir dessas informações, um conjunto inicial de indicadores poderia ser gerado, para passar a medir o sucesso operacional da implantação do SGM na planta piloto. O trabalho inicial de medição dos indicadores foi considerado primordial pela equipe do projeto, pois com esses números seria possível mostrar resultados mensuráveis à administração da instituição, e assim expandir a implantação do SGM para outras áreas.

Foi possível, então, gerar os seguintes indicadores a partir das informações sendo medidas:

- **MTBF (Tempo Médio Entre Falhas):** com as informações de data e horário de abertura de ordens de serviço de manutenção corretiva, para cada *tag*, é possível determinar o tempo médio entre falhas de determinado ativo (ou conjunto de ativos, quando eles são agrupados em uma só *tag*);

- **MTTR (Tempo Médio Até o Reparo):** com as informações de data e horário de abertura e fechamento de ordens de serviço de manutenção corretiva, para cada *tag*, é possível determinar o tempo médio que um ativo ou *tag* permanece em estado de falha. Portanto, é possível determinar o tempo médio dos seus reparos;

- **Backlog:** a partir de informações de quantidade de ordens de serviço cadastradas no CMMS e quantidade de executantes das ordens de serviço na área sendo trabalhada, é possível determinar o *backlog* dos serviços de manutenção para a planta piloto. Ou seja, a relação entre quantidade de horas-homem necessárias para realizar os serviços e horas-homens disponíveis pela área de manutenção da organização resulta em um indicador de tempo necessário para realizar todas as ordens de serviço registradas;

- Disponibilidade física: utilizando informações de data e horário de abertura e fechamento de ordens de serviço de manutenção corretiva, é possível calcular o tempo em que uma *tag* não estava disponível para operação, em relação ao tempo total esperado. Ou seja, uma porcentagem de disponibilidade operacional pode ser calculada a partir do período em que o ativo não estava totalmente disponível para os usuários;

- Índice de Corretiva e Índice de Preventiva: as quantidades de ordens de serviço de manutenção corretiva e manutenção preventiva, somadas, resultam em uma proporção entre as ações de manutenção. Este índice utiliza uma soma simples da quantidade de ordens de serviço para determinar a quantidade de trabalho sendo direcionada para cada tipo de manutenção.

A proporção entre ações de manutenção corretiva e preventiva foi considerada particularmente importante pela equipe da INFRA, pois antes da implantação do SGM, 100% das ações de manutenção eram direcionadas a ações corretivas. Com a adoção de planos de manutenção preventiva, a intenção da equipe de manutenção é reduzir custos e aumentar a disponibilidade física dos ativos da organização. Porém, na presente etapa de implantação, ainda não é possível calcular ou inferir o impacto de redução de custos, já que não houve, ainda, implantação de ferramentas integradas relacionadas aos custos de mão-de-obra e materiais, dentro do CMMS. Esse tipo de informação deverá ser integrado ao *software* em futuras iterações.

O processo metodológico proposto pela presente pesquisa indica que os indicadores de desempenho devem ser escolhidos e inseridos no SGM durante o processo de implantação. Sendo assim, os indicadores devem fazer parte do CMMS desde a sua concepção, para que os resultados da implementação do sistema de gestão possam ser medidos o mais rápido possível. Porém, para a presente pesquisa, não foi possível incorporar os indicadores ao sistema informatizado desde a sua concepção e subsequente implantação. Após 18 meses de projeto, os primeiros módulos do *software* passaram a ser testados pela equipe do projeto contando apenas com a criação e cadastro de *tags* e planos de manutenção, sem inclusão de relatórios provenientes da geração e processamento de ordens de serviço. Estes relatórios, porém, estarão disponíveis em etapas futuras de estruturação do CMMS, e fazem parte do trabalho de melhorias a serem aplicadas.

Para criar um fluxo de gestão do conhecimento de qualidade, foi definido que as definições sobre os indicadores deveriam gerar um manual de indicadores. Esse documento foi concebido para trabalhar como guia de disseminação das informações necessárias para gerar os indicadores, bem como a importância de realizar este tipo de medição. Essa documentação seguiu o padrão criado pelo manual do controle inicial, contém todas as informações sobre KPIs abordadas no presente trabalho, e suportará futuras implantações do SGM em outras áreas da universidade.

4.4.3 DESENVOLVIMENTO DO CMMS

O principal produto do presente trabalho, sob o prisma da rotina operacional da universidade, é a aplicação dos conceitos implantados pelo SGM em um sistema informatizado. Esse sistema, apesar de possuir operacionalização após as etapas discutidas anteriormente, deveria ter seu estudo e desenvolvimento realizados em paralelo com as etapas de controle inicial e escolha de indicadores.

Primeiramente, durante reuniões do projeto acerca do que deveria ser incluído na implantação do SGM na planta piloto, o cenário de utilização de sistemas informatizados pela UFRN foi analisado. A gestão da manutenção da organização usa um módulo dentro do sistema SIPAC para gerenciar seus processos. Esse sistema é integrado a diversos outros sistemas gerenciados pela SINFO e utilizados na UFRN, e também é base para diversos outros sistemas, não integrados entre si, em outras universidades brasileiras.

Havia um déficit de informações que esse sistema poderia gerar e gerenciar, como foi constatado durante a etapa de diagnóstico da situação da manutenção na instituição. Não era possível tratar de pontos críticos do SGM, como cadastro de ativos e de planos de manutenção preventiva, além de não gerar relatórios gerenciais com indicadores de manutenção. O sistema existente era somente uma maneira informatizada de formalizar requisições de serviço de manutenção, que seriam administradas e realizadas de acordo com as rotinas cada área de manutenção da universidade, somente com ações corretivas.

Foi necessário, portanto, realizar um estudo de como incluir os preceitos do SGM sendo implantado na rotina informatizada da organização. Em um

primeiro momento, foi considerado adotar algum CMMS existente no mercado, como os *softwares* SIGMA ou OpenMaint, entre outros. Essa solução precisou ser descartada, devido aos seguintes motivos:

- Era necessário implantar um CMMS gratuito, ou que pelo menos não necessitasse de desembolso direto da organização, pois o projeto não possuía capital financeiro aprovado para implantar um programa pago;

- Os *softwares* gratuitos existentes no mercado não comportavam, de forma satisfatória, a quantidade de usuários que deveriam utilizar o CMMS na organização. Esses usuários deveriam ser utilizadores dos ativos da universidade requisitando serviços e trabalhadores da área de manutenção, com decisões e ações diretamente relacionadas às ações de manutenção da universidade;

- As soluções de código aberto demandariam um esforço de programação muito grande, que deveria iniciar do zero, para criar um programa a ser implantado e utilizado por toda a universidade, fora do ambiente informatizado já estabelecido.

Com esses pontos estudados, ficou claro que o CMMS a ser implantado deveria ser um módulo adicional às funcionalidades já existentes no SIPAC, já que:

- Todos os usuários poderiam acessar o sistema utilizando suas credenciais já existentes;

- O histórico dos trabalhos de manutenção da organização poderia ser integrado ao novo sistema;

- A SINFO trabalha com esse sistema, bem como sua linguagem de programação, e possuía capital humano e experiência para desenvolver um aprimoramento para ser adicionado ao fluxo de trabalho de manutenção já existente na organização.

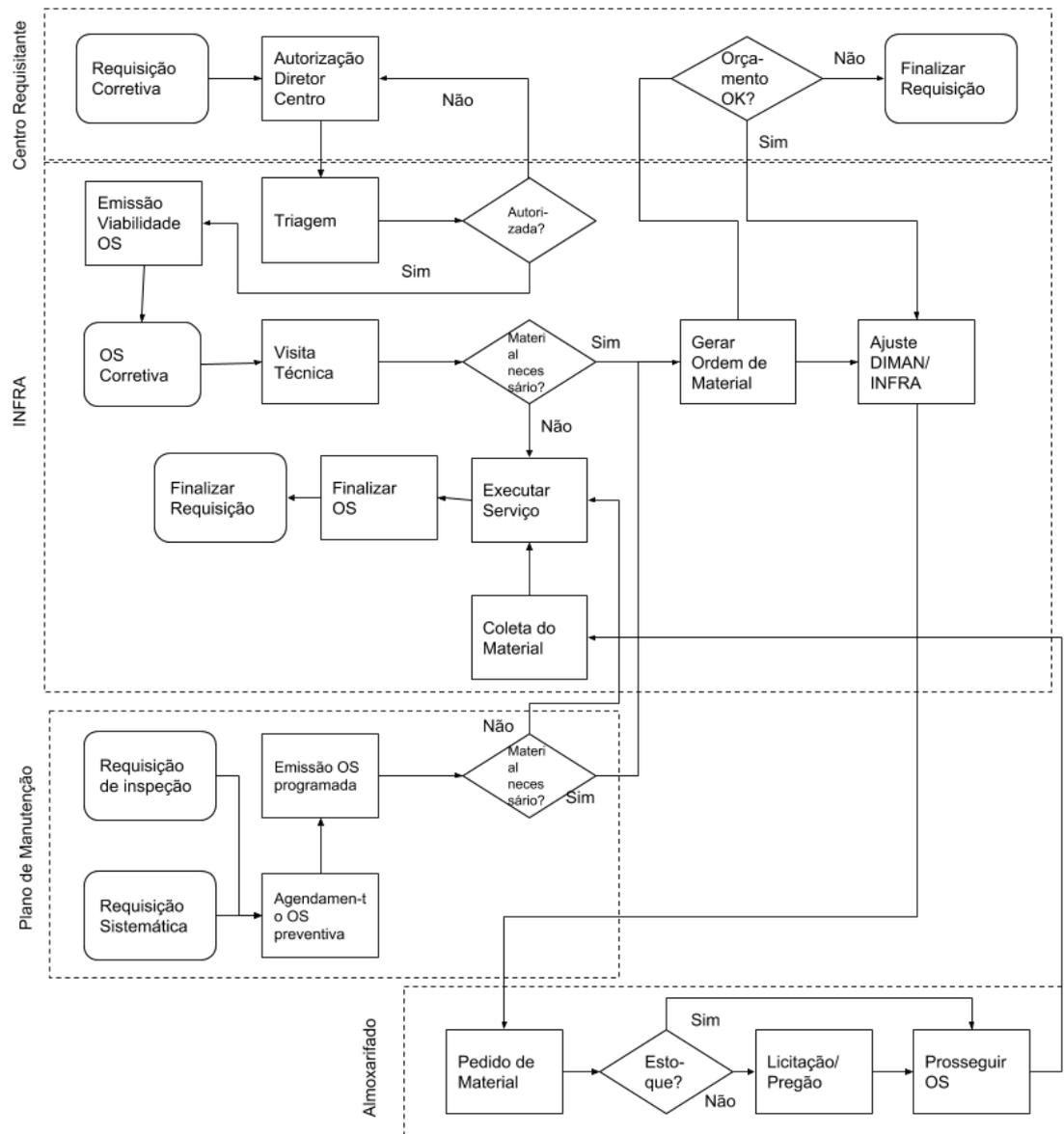
Sendo assim, foi estabelecido que o desenvolvimento do CMMS deveria seguir o fluxograma apresentado na Figura 12, apresentada na seção 3.2.4.3 deste trabalho. Esse sistema seria desenvolvido pela Superintendência de Informática da UFRN, a fim de ser integrado ao sistema SIPAC já existente, para futura utilização por todos os usuários relacionados aos trabalhos de manutenção na organização.

Para esse trabalho, uma das atividades primordiais foi realizada ao traduzir as necessidades gerenciais do fluxo de trabalho para uma linguagem lógica de trabalho de programação. Esse trabalho foi realizado pela SINFO, após reuniões e apresentações sobre como o SGM deveria funcionar, em conjunto com todas as partes interessadas do projeto. Durante esse processo, foi definido que dois pontos principais deveriam ser atingidos após a primeira fase desenvolvimento do CMMS: cadastramento de ativos e cadastramento de planos de manutenção. Essas atividades deveriam ser priorizadas no desenvolvimento do *software* inicialmente, e outras atividades, como cadastro de equipes, geração de relatórios de indicadores, entre outras, deveriam ser realizadas em um segundo momento.

Todos os conceitos definidos pelas etapas de controle inicial, especialmente nas etapas de criação de *tags* e de planos de manutenção, bem como a geração de ordens de serviço, foram compartilhados com a equipe desenvolvedora do CMMS, para serem incorporados de forma simultânea ao programa. Esse trabalho deveria integrar os conceitos do SGM à estrutura operacional e administrativa de gestão da manutenção da instituição, e gerou diversos diagramas de proposta de fluxo de trabalho.

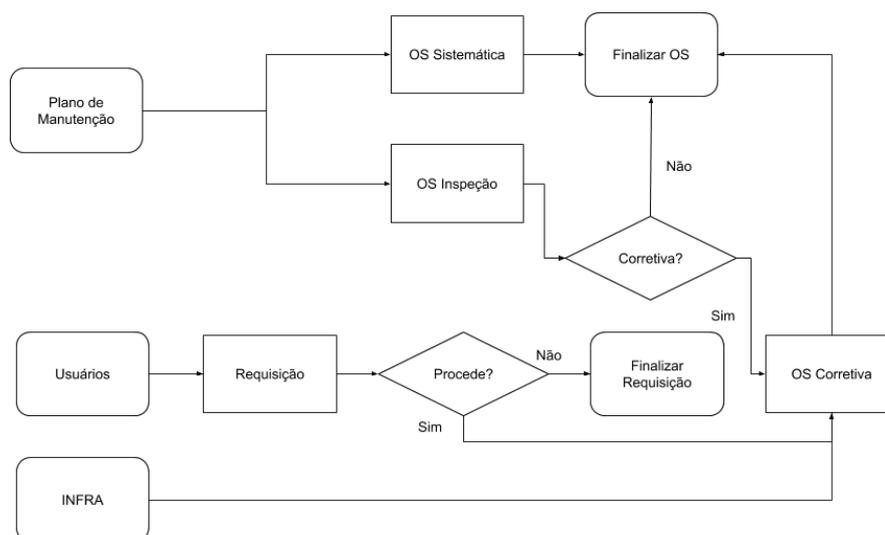
Um dos diagramas mostra as diferentes áreas da organização que se relacionam para executar um serviço de manutenção, e é mostrado na Figura 15, que no exemplo mostrado pode ter origem em uma solicitação de serviço de manutenção corretiva, por uma OS corretiva emitida pela INFRA, ou dos planos de manutenção. A ação de manutenção pode ter origem no usuário, chamado de “centro requisitante”, que abre uma solicitação de serviço, e deve ser aprovada pela Diretoria de Manutenção. A OS também pode ser emitida pelo setor de manutenção, que tem autonomia e conhecimento técnico para tal. A ação também pode ter origem nos planos de manutenção preventiva periódica (ou sistemática) ou de inspeção. As ações, nesse diagrama, devem ter interação com o almoxarifado, para verificação de material em estoque. Porém, nas duas funcionalidades iniciais do CMMS, esse tipo de verificação não foi realizada, pois somente existia cadastramento de *tags* e planos. Essa funcionalidade deverá ser adicionada futuramente.

Figura 15: Origens e Fluxo Geral das Ordens de Serviço no CMMS



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Figura 16: Criação das Ordens de Serviço no CMMS



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

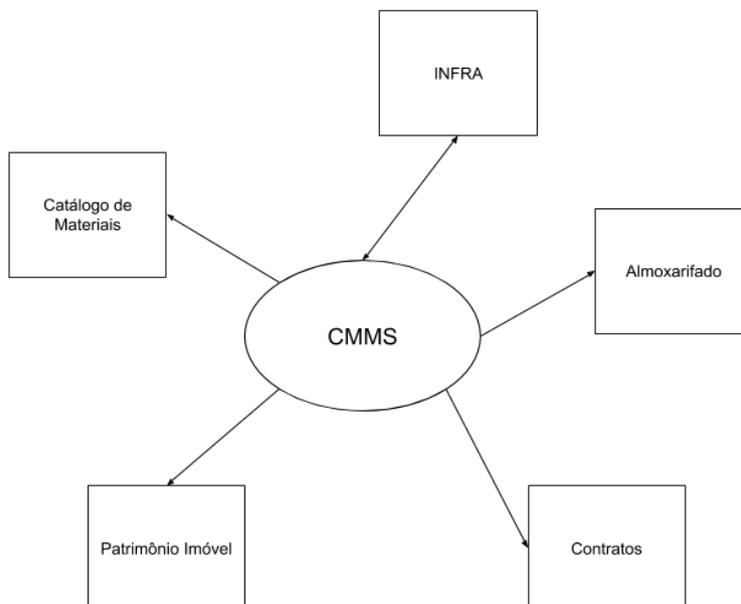
Outra funcionalidade considerada básica para a implantação do SGM, através do CMMS, foi o fluxo de trabalho diferenciado entre ordens de serviço de manutenção corretiva e ordens de serviço de manutenção preventiva. A forma como essa funcionalidade deve ser trabalhada é exibida na Figura 16. O sistema anterior somente considerava ordens corretivas, sem a existência de ações preventivas. Sendo assim, todo o desenvolvimento do *software* foi pensado para que uma visão preventiva fosse adotada. Algumas dessas etapas só serão implantadas em um momento futuro, com a adoção dos conceitos de tratamento da demanda, contidos no macroprocesso. Essas etapas consistem na diferenciação entre etapas de planejamento, aprovisionamento, programação e execução, que deverão fazer parte do fluxo de atividades da ordem de serviço.

Os fluxos de trabalho da manutenção sistemática e das inspeções foram descritos e transformados em uma linguagem lógica mais detalhada, para que a programação do *software* fosse mais eficiente. Esses fluxos reúnem todas as condições operacionais descritas ao longo deste trabalho, e apresentam pontos de decisão e atribuições de tarefas a agentes específicos da instituição. As principais decisões a serem tomadas no andamento do trabalho sendo implantado foram mostradas nas figuras anteriores, onde deve-se definir se a requisição do usuário deve virar ordem de serviço, e se uma inspeção preventiva

encontrou uma falha ou não, para que então uma ordem de serviço corretiva seja gerada.

Após indicar os fluxos de trabalho que devem estar contidos no CMMS, também foram definidas quais informações de bancos de dados deveriam existir para compor as atividades trabalhadas no sistema. Essas informações deveriam ser inseridas manualmente dentro do ambiente do novo sistema, ou serem retiradas de fontes de dados já existentes em outros sistemas da instituição. Essa foi a maneira encontrada para integrar de forma eficiente o novo sistema à rotina de manutenção já existente na organização. A equipe da SINFO definiu que alguns módulos já existentes no funcionamento do sistema da organização deveriam ser usados nessa integração, e a Figura 17 mostra essas informações. Os módulos de almoxarifado, catálogo de material, patrimônio imóvel e contratos deveriam ter seus bancos de dados disponibilizados para o CMMS, enquanto que o módulo da INFRA deveria ter entradas e saídas no *software*, pois seria fonte de informações e usuário do sistema.

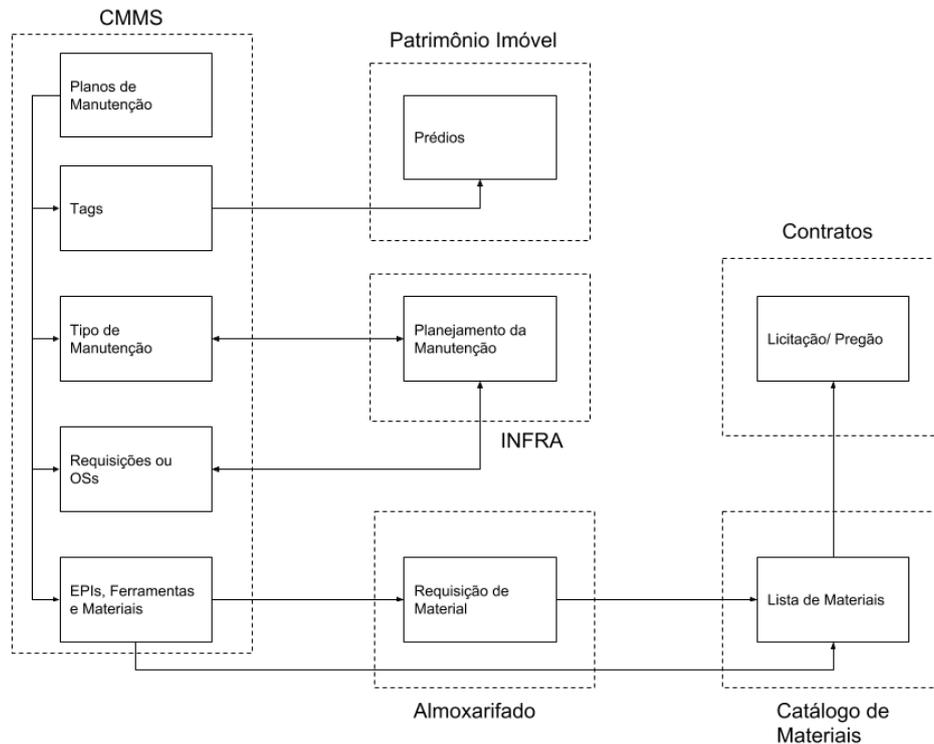
Figura 17: Integrações de Dados Necessárias para as Atividades do CMMS



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Ao determinar quais fontes de dados deveriam ser utilizadas para compor o fluxo de trabalho do CMMS, também foi definido quais dados exatamente seriam retirados dessas fontes. Essas informações estão na Figura 18:

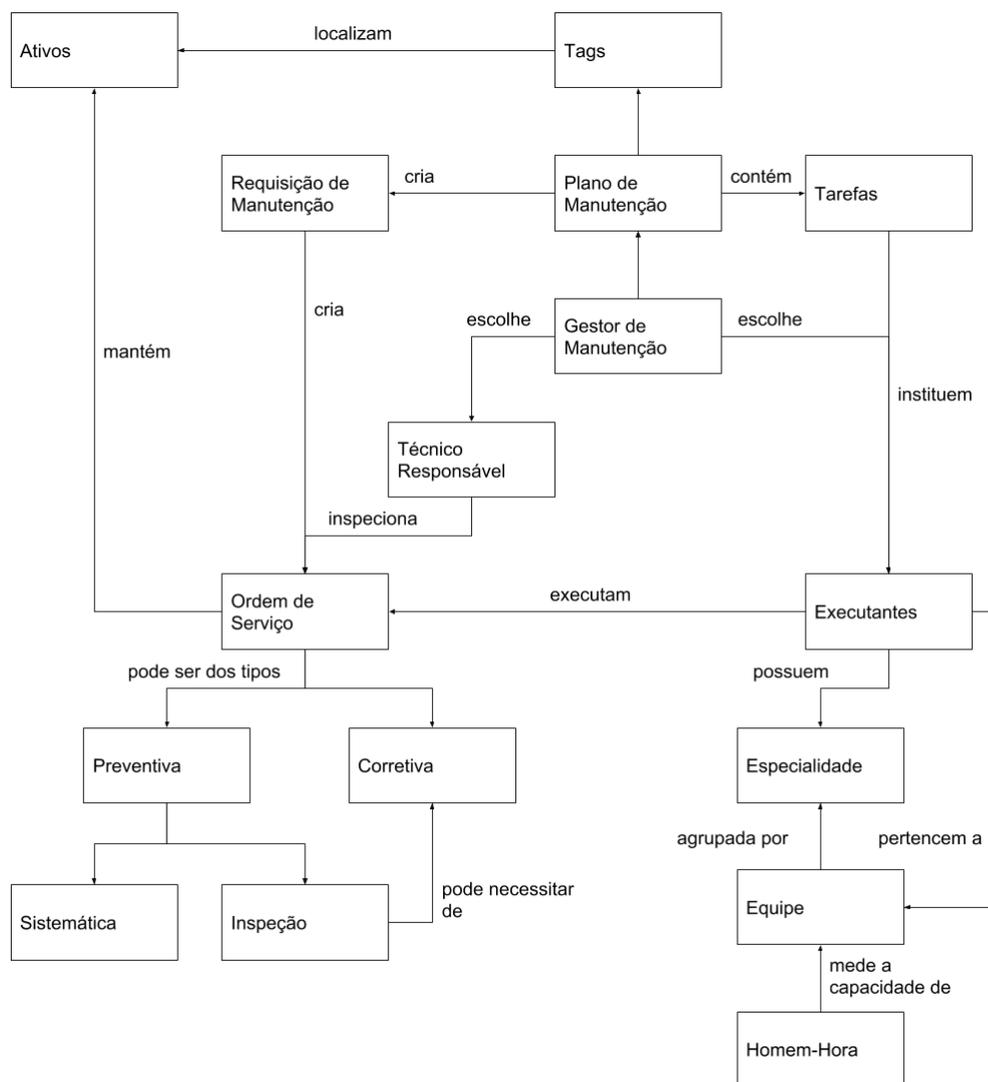
Figura 18: Dados Retirados de Outros Módulos do Sistema da Organização



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Utilizando todas as informações apresentadas, a equipe da SINFO responsável pela concepção do programa construiu um diagrama de atividades que devem ser integradas à versão inicial do CMMS. Esse diagrama, chamado de “mapa conceitual de manutenção” mostra atividades e responsabilidades dos agentes dentro do SGM a ser implantado, e é mostrado na Figura 19. As relações mostradas no mapa não correspondem, necessariamente, a um fluxo de trabalho definido com etapas sequenciais, e sim relações encadeadas de cada agente no trabalho de manutenção a ser implementado. Essas são as informações que deveriam estar contidas na versão de testes do CMMS a ser disponibilizada pela equipe da Superintendência de Informática ao fim da etapa inicial de implantação.

Figura 19: Mapa Conceitual do CMMS



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A partir desse tipo de integração, o programa passou a ser modelado e a sua incorporação ao fluxo de trabalho da UFRN foi idealizada. Esse trabalho não foi linear ou estruturado de forma muito eficaz, sofrendo diversas trocas de equipe e mudanças de prazo ao longo da implantação. Os detalhes de como o *software* foi criado permaneceram com a equipe de programação, e o resultado final foi disponibilizado à equipe de projeto para realização de testes e indicação de melhorias, antes que o CMMS fosse disponibilizado à rotina operacional da planta piloto e da organização.

Como acordado previamente, o programa foi incorporado aos módulos de manutenção existentes no SIPAC, e as suas duas funcionalidades iniciais foram

criadas. Dentro desse módulo, dois fluxos de trabalho principais foram adicionados, chamados de “planos de manutenção” e “cadastros auxiliares”, como mostra a Figura 20:

Figura 20: Tela Inicial do CMMS



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Nota-se a divisão entre as duas principais funcionalidades, dentro do módulo chamado de “Manutenção Preventiva”, adicionado aos outros módulos relacionados à manutenção da organização. Cada um dos fluxos de trabalho desse módulo trabalha um ponto específico de implantação do controle inicial do SGM.

O menu de “Cadastros Auxiliares” diz respeito às etapas de criação de *tags* estruturados, de forma automática, ao cadastrar equipamentos e edificações dentro de um banco de dados patrimonial já existente. Dentro desse menu, a ordem do que deve ser cadastrado não é mostrada sequencialmente de acordo com o que deve ser cadastrado, mas sim em ordem alfabética. A reorganização dessas etapas deve ser indicada como uma melhoria a ser aplicada ao sistema.

No ambiente de “Edificações” o usuário deve escolher, dentro do banco de dados da organização, uma edificação para cadastrar no CMMS e passar a criar *tags* para os seus ativos a serem inseridos no fluxo de trabalho do SGM. O prédio do CTEC, por exemplo, é uma edificação atrelada aos prédios do Centro de Tecnologia e possui uma entrada nesse banco de dados. Nesse fluxo de trabalho, devem ser cadastrados os pavimentos dos prédios e as nomenclaturas atribuídas a cada um deles, e corresponde ao campo de três caracteres alfanuméricos da *tag* chamado de “andar”. Essa nomenclatura deve seguir os preceitos criados no manual de controle inicial, e deverão ser padronizadas

sempre que possível em todas as áreas da organização. A Figura 21 mostra a forma como as edificações são cadastradas no sistema.

Figura 21: Tela de Cadastro de Edificações

The screenshot displays the 'Cadastro de Pavimentos' interface. At the top, there are tabs for 'Patrimônio Imóvel' and 'Pavimentos'. The main area is titled 'CADASTRO DE PAVIMENTOS' and shows the building name 'Edificação: CT - LABORATORIOS DAS NOVAS ENGENHARIAS'. Below this, there are three dropdown menus for 'Denominação', 'Tag do Pavimento', and 'Ordem de exibição'. A button 'Adicionar Pavimento' is located below the form. The main part of the screen is a table titled 'LISTA DE PAVIMENTOS (6)'. The table has four columns: 'Denominação', 'Tag Pavimento', 'Seqüência de Empilhamento', and an icon column. The data rows are as follows:

Denominação	Tag Pavimento	Seqüência de Empilhamento	Ícone
Cobertura do Terceiro Andar	C04	6	🏠
Cobertura do Segundo Andar	C03	5	🏠
Terceiro Andar	P04	4	🏠
Segundo Andar	P03	3	🏠
Primeiro Andar	P02	2	🏠
Térreo	P01	1	🏠

At the bottom of the table, there are navigation buttons: '<<<', '>>>', and 'Adicionar Pavimento'. Below the table, there are two buttons: 'Concluir alteração' and 'Cancelar'.

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Em “Sistemas”, devem ser cadastrados os tipos de equipamentos que sofrerão ações de manutenção, de forma a identificar as *tags* a serem associadas aos mesmos. Nesse campo que são identificadas a manutenção hidrossanitária ou de esquadrias, por exemplo, bem como seus identificadores “HS” e “ES”. Em “Locais de Manutenção”, todas as salas da edificação devem ser cadastradas, para que seus ativos possam ser localizados, e seja atribuída uma identificação ao campo “sala ou área” da *tag*. Deve haver uma descrição do local e o código alfanumérico de três caracteres deve ser criado.

No campo “Equipamentos”, cada tipo de equipamento sendo cadastrado no sistema deve ser incluído, com sua descrição e código alfabético de três caracteres. Este equipamento não precisa estar atrelado a um local específico do prédio ou da organização, e deverá compor um banco de dados de equipamentos para serem incluídos em *tags* e planos em toda a instituição. É necessário escolher a qual tipo de manutenção o equipamento está atrelado, dentre os cadastrados no campo “Sistemas”. A Figura 22 mostra a tela de cadastro de equipamento, que também inclui telas para cadastro de tarefas a serem incluídas nos planos de manutenção preventiva e de inspeção, bem como os materiais a serem utilizados nessas tarefas. As tarefas podem ser atribuídas

a cada um dos planos separadamente, e os materiais são ligados ao banco de dados central do almoxarifado da instituição, utilizando os códigos e quantitativos padronizados do estoque de materiais utilizados.

Figura 22: Tela de Cadastro de Equipamentos

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Em “*Tags*”, as informações geradas nos cadastros anteriores são organizadas de forma a criar os códigos específicos dos ativos em cada local da edificação. Deve-se escolher um prédio e um equipamento a ser cadastrado, bem como todos os locais onde o equipamento se encontra, dentro da edificação, dentre os cadastrados no campo “Locais de Manutenção”. Sendo assim, diversas *tags*, para um mesmo equipamento que se repete em diversos locais, podem ser criadas e adicionadas à lista de *tags* cadastradas. A Figura 23 mostra a tela desse cadastro. Já a Figura 24 mostra como a lista de *tags* no sistema é exibida após o cadastro completo de equipamento e locais de manutenção, que no exemplo mostra dois códigos para “Reservatório de Água Potável”, que no CTEC se encontram em dois locais da cobertura do prédio.

Figura 23: Tela de Cadastro de *Tags*

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Figura 24: Lista de Tags Cadastradas

TAGS ENCONTRADAS					
Denominacao	Equipamento	Edificação	Pavimento	Local	Quantidade
HS-1761.00464.500-8-163-C03-R01-RAP	RESERVATÓRIO DE ÁGUA POTÁVEL	CT - LABORATORIOS DAS NOVAS ENGENHARIAS	Cobertura do Segundo Andar	RESERVATÓRIO 1	1
HS-1761.00464.500-8-163-C04-R01-RAP	RESERVATÓRIO DE ÁGUA POTÁVEL	CT - LABORATORIOS DAS NOVAS ENGENHARIAS	Cobertura do Terceiro Andar	RESERVATÓRIO 1	1

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Adicionalmente, o sistema apresenta telas de cadastro de “Especialidades”, “Ferramentas” e “Equipamentos de Proteção Individual”. Esses cadastros dizem respeito aos dados utilizados em conjunto com os dados das *tags* para compor um plano de manutenção. As especialidades dos executantes da manutenção são cadastradas para definir o tipo de trabalhador a realizar a manutenção em um certo equipamento. E ferramentas e equipamentos de proteção individual são cadastrados, utilizando uma lista padronizada utilizada em toda a instituição, em sincronia com os estoques dos almoxarifados, para determinar tipos e quantidades desses itens que serão utilizados em cada plano.

Quando as *tags* de um prédio estiverem devidamente cadastradas, os planos de manutenção devem ser designados. Grande parte das ações e dados relacionados aos planos de manutenção já foram cadastrados na criação do banco de dados de equipamentos, mas informações como especialidades, ferramentas e equipamentos de proteção individual devem ser atribuídos individualmente a cada plano, utilizando o cadastro realizado para cada um desses itens. Ações sistemáticas (ou periódicas), de inspeção e materiais já foram associados a cada equipamento quando do seu cadastro.

O cadastro de planos determina a frequência de ações de manutenção sistemática e/ou de inspeção, gerando um calendário de emissão de ordens de serviço. A tela desse cadastro pode ser vista na Figura 25. A partir desse cronograma, o planejamento de ações para todo o ano é realizado, e as atividades de provisionamento, programação e execução podem ser realizadas. Porém, o CMMS ainda não lida com essa integração, e somente emite ordens de serviço de acordo com a frequência desejada. A mesma figura também mostra todos os outros campos que são necessários para criar um plano: *tags*, dados básicos (de frequência e tipo de plano), tarefas (já

previamente associadas à *tag*), materiais (também já associados à *tag*), ferramentas, equipamentos de proteção individual e equipe.

Figura 25: Tela de Cadastro de Plano

DADOS GERAIS

Tipo do Plano: Sistemático Inspeção

Segunda
 Terça
 Quarta
 Quinta
 Sexta

Dias Permitidos: Segunda
 Terça
 Quarta
 Quinta
 Sexta

Observações:

ETAPAS

Frequência: ?

Data Inicial: 📅

Descrição	Data
Etapa 1	04/12/2018 (Terça-feira)
Etapa 2	04/02/2019 (Segunda-feira)
Etapa 3	05/04/2019 (Sexta-feira)
Etapa 4	04/06/2019 (Terça-feira)
Etapa 5	05/08/2019 (Segunda-feira)
Etapa 6	04/10/2019 (Sexta-feira)
Etapa 7	03/12/2019 (Terça-feira)

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Por fim, o sistema exibe uma lista de todos os planos cadastrados, que pode ser filtrada por equipamento ou tipo de manutenção, que é também chamado de “sistema” pelo CMMS. Essa lista deve ser um banco de dados de todas as ações preventivas planejadas para um tipo de equipamento, e lista todas as *tags* associadas a cada um dos planos, por equipamento. Isso significa que os planos de manutenção devem ser iguais, em qualquer lugar da instituição, para um mesmo equipamento que é utilizado em diversos locais. Esse não é necessariamente um preceito ditado pelo SGM em implantação, e deve ser revisto em iterações futuras do *software*, caso a organização defina que ativos iguais devam ter planos diferentes em locais diferentes. A Figura 28 mostra essa lista, que possui dois ativos no exemplo.

Figura 26: Lista de Planos Cadastrados no CMMS

BUSCA PLANO DE MANUTENÇÃO

Identificador:
 Equipamento:
 Sistema: -- Seleccione um Sistema --

Cadastrar Novo Plano de Manutenção
 Imprimir Plano de Manutenção
Duplicar
 Visualizar Detalhes
 Alterar
 Remover

PLANOS DE MANUTENÇÃO ENCONTRADOS				
Identificador	Sistema	Equipamento	Data Inicial	
SISHS00012018	HIDROSSANITÁRIO	RESERVATÓRIO DE ÁGUA POTÁVEL	04/12/2018	
INSHS00022018	HIDROSSANITÁRIO	RESERVATÓRIO DE ÁGUA POTÁVEL	04/12/2018	

Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Com todos os processos do CMMS prontos para teste e implantação, todas as áreas da instituição, e não somente a planta piloto, poderiam acessar o sistema. Sendo assim, apesar de ter rotinas operacionais detalhadas somente para o prédio do CTEC, a concepção do *software* foi voltada para utilização em toda a UFRN. A INFRA, ao término do presente trabalho, estava coordenando as validações do programa e apresentando outras áreas da universidade ao novo sistema computadorizado.

Quando do fim do cronograma de trabalho do projeto de implantação deste trabalho, o CMMS encontrava-se em processo de validação das partes interessadas da INFRA e do CTEC. As rotinas em implantação estavam sendo testadas, e os módulos de cadastro de ativos e de plano de manutenção deveriam ser validados. Além disso, o próximo item de implantação no sistema seria a geração automática de ordens de serviço a partir dos planos de manutenção preventiva. Outras áreas da universidade estavam sendo avisadas sobre o novo SGM, e devem futuramente integrar suas rotinas de manutenção ao novo sistema.

4.4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a implantação do Sistema de Gestão da Manutenção proposto, com o CMMS na planta piloto rodando em estado de teste, é possível realizar algumas análises acerca do trabalho realizado. Três tipos de considerações podem ser feitos: análises a respeito dos procedimentos metodológicos do trabalho, focando na forma como o projeto de pesquisa foi estruturado, bem

como na proposta dos métodos; análises do SGM e do CMMS, utilizando um ponto de vista de melhoria operacional dos produtos encontrados na aplicação da pesquisa-ação; e análise das contribuições acadêmicas retiradas do trabalho desempenhado.

4.4.4.1 ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A aplicação do SGM seguiu os conceitos apresentados no terceiro capítulo do presente trabalho, respeitando a realidade encontrada na organização de aplicação da pesquisa-ação. Esses conceitos foram elaborados a partir das melhores práticas de gestão da manutenção encontradas na literatura, reunidas em um macroprocesso que visa o melhor gerenciamento possível das ações de manutenção de uma empresa ou instituição.

Ao longo do trabalho de implantação, foi possível notar que o método adotado possui diversos pontos positivos, que dizem respeito principalmente à flexibilidade que este traz aos agentes da sua implementação. O macroprocesso, por possuir diversos processos e atividades individuais, permite que a organização defina quais são os processos prioritários para uma implantação inicial. Dessa forma, foi possível, de maneira eficaz, definir quais atividades seriam implantadas inicialmente, e quais etapas serão implantadas futuramente. O macroprocesso juntamente com a proposta de procedimentos metodológicos do trabalho proporcionaram essa flexibilidade, o que tornou o trabalho dinâmico e aberto a mudanças processuais específicas da implantação na UFRN.

Dois pontos relevantes, porém, devem ser atentados, para futuras implantações do SGM e iterações futuras dos procedimentos metodológicos aqui propostos. Esses pontos dizem respeito a como os métodos apresentados definem a maneira que a implementação é realizada, ou seja, são sugestões de melhorias para implantações futuras em outras áreas da instituição, em outras organizações ou em outras pesquisas acadêmicas.

Primeiramente, foi percebido, que na etapa de implantação do controle inicial, a atribuição de criticidade dos ativos foi realizada de forma subjetiva em alguns pontos, e o fluxo de decisão deve ser aprimorado para futuras implementações. Essa subjetividade surgiu a partir do momento que os gestores da organização deveriam definir se um ativo com criticidade de classificação “B”

deveria ter planos de manutenção periódica ou de inspeção. Esse tipo de decisão deveria ser definido pelo método, e não pelo gestor.

O gestor, ou qualquer agente da organização implantando o SGM, deve se apoiar no método aplicado para todas as ações sendo tomadas, e a definição de criticidade não indica um caminho claro nesse momento da implantação. Dessa forma, para utilizações futuras de implementação do macroprocesso, sugere-se que as etapas de definição de criticidade de ativos possuam matrizes de decisão com algoritmos mais estruturados, de forma que a tomada de decisão seja mais objetiva e menos sujeita a juízos de valores subjetivos.

O segundo ponto a ser notado no método de implementação é a forma como o CMMS foi criado. Muitas atividades realizadas na etapa de criação do sistema informatizado foram definidas ao longo da implantação, e não retiradas do macroprocesso e do seu método de implantação. Essas atividades levaram em consideração os conceitos determinados pelo SGM, mas a maneira que foram implementadas foi subjetiva e definida pela Superintendência de Informática da UFRN. Ou seja, os procedimentos metodológicos não determinaram, de forma objetiva, os passos a serem tomados durante o desenvolvimento do CMMS, e somente definiram o que um *software* dessa categoria deve apresentar no momento em que estiver em funcionamento. É sugerido que essa estruturação objetiva, focada no desenvolvimento do CMMS, seja realizada em implantações futuras da metodologia aqui apresentada.

4.4.4.2 ANÁLISE DO SGM E CMMS IMPLEMENTADOS

Além das observações e sugestões realizadas a respeito da metodologia adotada no presente trabalho, é também possível realizar análises sobre o produto final da implantação do sistema de gestão na organização em questão. Especificamente, em relação ao CMMS, é possível realizar alguns comentários e sugestões de melhorias pontuais:

- Os menus do CMMS, da forma como são apresentados na tela do programa, para o usuário, não possuem uma estruturação lógica. Os itens estão organizados em ordem alfabética, e deveriam estar organizados em uma estrutura lógica para cadastro de equipamentos e planos, para que a geração de

tags e posteriores ordens de serviço seja agilizada, quando o sistema passar a ser utilizado em escala maior;

- A busca de planos de manutenção cadastrados não está otimizada. Não é possível encontrar planos por edificação específica, nem por lista de equipamentos e *tags*. Existe somente uma lista única de todos os planos de manutenção preventiva, e só é possível realizar um filtro sobre o tipo de manutenção sendo realizada (como hidrossanitária ou elétrica de baixa tensão, por exemplo). Deve haver melhores formas de encontrar planos cadastrados no sistema;

- O trabalho realizado para definição de indicadores de desempenho e seus dados de origem está alocado somente no Manual de Indicadores. O CMMS não incorporou a geração de relatórios de indicadores, e essa é uma função primordial para uma operação de qualidade. O sistema deve incluir, o mais rápido possível, os indicadores mostrados no Manual de Indicadores;

- O CMMS não está integrado ao almoxarifado da organização, apesar de possuir uma lista integrada dos itens sendo geridos pelos seus estoques. Mecanismos de solicitação de materiais e ferramentas de provisionamento devem ser inseridos em melhorias futuras do sistema, para que as etapas de tratamento da demanda do macroprocesso possam ser realizadas de forma satisfatória;

- O cadastro do equipamento, dentro do sistema, une diversas informações, como localização e materiais necessários para sua manutenção. Porém, ferramentas e equipamentos de proteção individual são cadastrados de forma independente, e só podem ser associados a um equipamento ou *tag* durante a criação do plano de manutenção preventiva sistemático ou de inspeção. Sugere-se que ferramentas e equipamentos de proteção individual sejam cadastrados juntamente com os equipamentos, assim como os materiais já o são;

- O fluxo de trabalho da classificação de criticidade dos equipamentos é indicado somente no Manual do Plano Inicial, e todas as suas decisões são tomadas fora do ambiente do CMMS implementado. Não há maneira de realizar esse trabalho dentro do sistema. Sugere-se que o sistema seja capaz de

cadastrar equipamentos e realizar o processo de definição de criticidade, para integrar todo o processo de controle inicial ao ambiente computadorizado;

- O CMMS foi implantado de forma que todos os equipamentos iguais na organização possuem os mesmos planos de manutenção sistemática e de inspeção. Ou seja, se um mesmo equipamento é utilizado em diversas áreas da UFRN, ele sempre terá o mesmo plano de manutenção. Sugere-se que seja possível modificar os planos de manutenção de acordo com o local onde o equipamento está instalado, se isto se mostrar necessário para o bom andamento da manutenção preventiva.

Deve-se considerar que os procedimentos descritos no presente trabalho foram realizados a partir de um esforço de implantação inicial de um sistema de gestão robusto, e todos os métodos aplicados na pesquisa foram voltados à criação de atividades operacionais antes não existentes. Sendo assim, as oportunidades de melhoria e as análises realizadas levaram em consideração que a implantação realizada é um trabalho ainda em andamento, no momento da finalização do presente trabalho de pesquisa.

4.4.4.3 ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS

O trabalho de implantação do Sistema de Gestão da Manutenção foi realizado apoiando-se no conceito de proposta de uma metodologia específica, e a otimização dessa melhoria deve ser a contribuição acadêmica principal a ser retirada da pesquisa. A partir de conceitos encontrados na literatura e experiência profissional de alguns membros do projeto, foi possível estabelecer uma cadeia de procedimentos que puderam ser seguidos no caso específico do trabalho, mas que também podem ser utilizados por diversas outras organizações com necessidade de melhoramento na sua gestão da manutenção de ativos.

Os dois tópicos anteriores estudaram os resultados de análises da metodologia e do resultado da aplicação do SGM, e todas essas considerações devem ser retroalimentadas à metodologia aplicada, para que utilizações futuras obtenham resultados cada vez mais aprimorados. Sendo assim, é possível afirmar que o principal resultado acadêmico do presente trabalho é a criação de um método de aplicação de um Sistema de Gestão da Manutenção que pode

ser aprimorado e reaplicado em diversas outras organizações, além de uma universidade federal.

Essa replicação é possível devido à natureza não restritiva do método, que não define se a manutenção deve ser somente predial ou de equipamentos, tampouco se a organização em estudo deve ser uma empresa da área de produção ou de serviços. Portanto, a contribuição acadêmica do trabalho foi dar início a um estudo de aplicações do método aqui proposto, bem como realizar análises da aplicação e sugestões de melhorias futuras.

4.5 DISCUSSÃO DAS BOAS PRÁTICAS NO MODELO

IMPLEMENTADO

As boas práticas de gestão da manutenção estudadas neste trabalho foram traduzidas em um modelo de implantação de um Sistema de Gestão da Manutenção. Sendo assim, um paralelo pode ser realizado ao comparar o que foi estudado com o que de fato foi implementado na pesquisa-ação.

A análise comparativa do estudado e do implantado na realidade pode ser aplicada aos resultados esperados decorrentes da implantação do SGM, descritos ao final do capítulo de métodos propostos. A pesquisa deveria analisar se algumas condições esperadas ocorreram ou não. Uma análise qualitativa a respeito do atingimento dos resultados pode ser vista no Quadro 8:

Quadro 8: Resultados Esperados e suas Análises Conclusivas

Resultado Esperado	Análise Conclusiva
O SGM implantado segue os principais conceitos e processos apresentados pelo macroprocesso da manutenção escolhido para implementação	A implementação das etapas do macroprocesso foi realizada dentro do escopo inicial proposto de controle inicial, indicadores e CMMS. Todas as etapas relacionadas a essas áreas foram implantadas.
Usuários do CTEC e os técnicos de manutenção estão familiarizados e treinados para utilização do novo SGM	Devido ao estágio inicial de utilização do CMMS e do SGM, quando do fim do presente trabalho, somente os técnicos de manutenção participantes do projeto de implantação

	possuíam familiaridade com o novo sistema. Os usuários do CTEC serão treinados futuramente.
As rotinas de manutenção no CTEC estão otimizadas, e se a maior eficácia das suas ações é perceptível pela coordenação do prédio	As rotinas de manutenção do prédio estão planejadas, com as melhores práticas contidas nos planos de manutenção preventiva. Não havia implantação e mensuração das novas rotinas ao fim do trabalho.
O <i>software</i> desenvolvido está otimizado para a planta piloto e pronto para expansão a outras áreas	O CMMS foi criado para implantação na universidade como um todo, portanto a expansão não será necessária. Todas as áreas da organização terão acesso ao sistema após a finalização do seu período de testes.
As melhorias são mensuráveis	O manual de indicadores foi concebido para pedir objetivamente todas as melhorias. Porém, como as rotinas não estavam totalmente implantadas no dia-a-dia da organização ainda, a mensuração não foi possível.
A replicação da implantação do SGM a outras áreas da UFRN e a outras pesquisas e organizações está clara e pronta para aproveitamento	Os procedimentos metodológicos foram concebidos com clara possibilidade de replicação. A replicação em outras áreas da organização já havia iniciado, com coordenação da INFRA, antes mesmo do final da validação do CMMS.

Fonte: Autor (2019)

A partir dessas análises qualitativas, é possível utilizar informações para melhorar futuras aplicações do método de implantação do SGM. Os resultados que eram esperados após o referencial teórico puderam ser colocados à prova em uma situação prática, e de forma geral todos foram atendidos, mesmo que de forma parcial para alguns deles. Os comentários no Quadro 8 devem ser utilizados como lições aprendidas para futuras aplicações e melhoramentos nos métodos de implantação propostos pelo presente trabalho.

5 CONCLUSÕES

Para concluir o trabalho, é possível analisar como cada um dos objetivos propostos inicialmente foram desenvolvidos. Dessa forma, deve-se entender se a pesquisa atingiu suas metas e como esses objetivos impactam as lições aprendidas e os resultados gerados pelo projeto. Além disso, deve-se também apontar se os resultados esperados, apresentados no terceiro capítulo, foram alcançados.

Primeiramente, ao analisar o objetivo principal do trabalho, que foi “identificar boas práticas e desenvolver métodos para implantação de um Sistema de Gestão da Manutenção (SGM) em uma universidade federal”, é possível afirmar que o estudo das boas práticas da gestão da manutenção proporcionou o desenvolvimento e aplicação de métodos de implantação de acordo com o esperado. Esses métodos, apesar de não terem sido aprimorados ao máximo, como discorrido no capítulo anterior, tornaram viáveis uma primeira aplicação de procedimentos inéditos na Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Ainda a respeito do objetivo principal, é possível também afirmar que o objetivo foi atingido e ampliado, já que o SGM implantado foi aplicado em uma universidade federal, mas os seus métodos de implantação permitem aplicação nas mais diversas áreas. Sendo assim, o desenvolvimento dos processos metodológicos de aplicação do sistema de gestão pode ser estudado e aplicado por outras instituições e organizações.

Ao considerar o primeiro objetivo específico, que definiu que o trabalho deveria “realizar pesquisa sobre as melhores práticas de manutenção para implantação em uma organização pública com instalações em operação”, é possível afirmar que a pesquisa de melhores práticas foi realizada com sucesso. A partir do levantamento realizado, os procedimentos metodológicos de aplicação puderam ser elaborados, bem como a consequente implantação do SGM.

O levantamento bibliográfico, ainda que possa ser aprimorado, com adições de novos conceitos e metodologias, foi suficiente para a criação dos procedimentos metodológicos da pesquisa. Futuramente, em novas aplicações dos métodos propostos, novas pesquisas devem ser realizadas, para que os procedimentos de implantação propostos possam ser constantemente melhorados.

O segundo objetivo específico apontou que deveria haver um apontamento de “como a implantação de um sistema de gestão da manutenção pode impactar nas operações de uma universidade, com enfoque na eficiência operacional, utilizando dados do estado corrente da gestão da manutenção na organização”. Nesse sentido, a aplicação do macroprocesso em forma de um SGM estabeleceu condições operacionais que deveriam ser atingidas, através dos métodos propostos, principalmente via implantação de um *software* específico de gerenciamento da manutenção. A análise de como a implantação do SGM impactou as operações da organização não foi realizada de forma completa, por falta de tempo hábil dentro do cronograma do projeto de pesquisa. Porém, é possível afirmar que este objetivo foi atingido, ao adaptar os métodos propostos à realidade da organização, durante a fase de implantação do sistema de gestão.

O terceiro objetivo específico determinou que o trabalho deveria “estabelecer uma área para a aplicação inicial do sistema de gestão, de forma que as ações da pesquisa sejam analisadas e replicáveis em outras áreas da instituição e em outras organizações”. Este conceito de implantação foi atingido através da utilização de uma planta piloto, que foi um dos pontos propostos procedimentos metodológicos. Sendo assim, o objetivo foi atingido, já que a planta piloto foi o ponto central da aplicação do trabalho, e a utilização do SGM em outras áreas e organizações sempre foi prevista durante a implantação inicial.

O último objetivo específico ditou que o trabalho deveria “definir, aplicar e analisar as etapas iniciais de implantação do sistema de gestão trabalhado, para posterior continuação da implantação em outros setores da instituição, replicação em outras organizações e estudo dos métodos aplicados”. Apesar de ter sido aplicado inicialmente somente em uma área da instituição, todas as melhorias operacionais propostas pelo método de implantação do SGM

englobam todas as áreas da instituição. Os manuais de controle inicial e indicadores, o fluxo de trabalho proposto para ordens de serviço, os modelos de planos de manutenção preventiva e o CMMS em implantação são prontamente expansíveis a todas as áreas da UFRN, e seus conceitos primordiais são replicáveis em outras organizações.

É possível concluir que houve, identificação, criação e aplicação de um método de implementação de um Sistema de Gestão da Manutenção, dentro do escopo proposto. O estudo realizado cumpriu seus objetivos, e as análises qualitativas conclusivas indicam que todos os pontos de melhorias são factíveis para futuras implantações da metodologia proposta. Esse conjunto de métodos é justamente a principal contribuição do presente trabalho para a comunidade acadêmica e empresarial. Os procedimentos aqui propostos podem, a partir da conclusão do trabalho, sofrer melhoramentos e expansões, para que a replicação dos conhecimentos gerados seja máxima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFEFY, I. H. Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study. **Engineering**, v. 02, n. 11, p. 863–873, 2010.
- ARTS, J. J. **Spare Parts Planning and Control for Maintenance Operations**. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5462 - Confiabilidade e manutenibilidade**. 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 55000 - Gestão de ativos-Visão geral, princípios e terminologia**. 2014.
- BAPTISTA, J. A. **Manutenção Industrial: Técnicas, contos e causos**. 1. ed. São Paulo: Lura Editorial, 2016.
- BARBOSA, A. M. S. **A gestão de facilities como suporte à manutenção de imóveis na Universidade Federal de Pernambuco: uma abordagem sob a perspectiva de adequação ao uso**. Dissertação (Mestrado profissional em Administração)—Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- BASRI, E. I. et al. Preventive Maintenance (PM) planning: a review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 23, n. 2, 2017.
- BATAVIA, R. Front-End Loading for Life Cycle Success. 2001. In: Offshore Technology Conference. **Anais...** 2001. Disponível em: <<http://www.onepetro.org/mslib/servlet/onepetropreview?id=OTC-12980-MS>>
- BONIFÁCIO, M. A.; BONIFÁCIO, M. R. C. Pilar de controle inicial do TPM como ferramenta de maximização de projetos – proposta de modelo de implantação. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 3, n. 1, 2011.
- BRADY, M. K.; CRONIN JR, J. J. Conceptualizing Perceived Service Quality : A Hierarchical Approach. **Journal of Marketing**. v. 65, n. July, p. 34–49, 2001.
- BRANCO FILHO, G. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- BUDAI, G.; DEKKER, R.; NICOLAI, R. P. A Review of Planning Models for Maintenance & Production. **Econometric Institute Report**, 2006.
- CARNERO, M. C. Selection of diagnostic techniques and instrumentation in a predictive maintenance program. A case study. **Decision Support Systems**, v. 38, n. 4, p. 539–555, 2003.
- CAVALCANTE, R. C.; FARIAS FILHO, J. R. Inserção Da Manutenibilidade No Gerenciamento Dos Projetos Complexos : Proposta De Modelagem Utilizando a Metodologia FEL. 2015. In: XIII SEGet- Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Anais...** 2015.

CHINESE, D.; GHIRARDO, G. Maintenance management in Italian manufacturing firms matters of size and matters of strategy. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 16, n. 2, p. 156–180, 2010.

CUBE, J. P. VON; SCHMITT, R. Execution of ramp-up projects in day-to-day operations through a quantitative risk management approach. **Procedia CIRP**, v. 20, n. C, p. 26–31, 2014.

DEKKER, R. Applications of maintenance optimization models: A review and analysis. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 51, n. 3, p. 229–240, 1996.

DEKKER, R.; WILDEMAN, R. E.; VAN DER DUYN SCHOUTEN, F. A. A review of multi-component maintenance models with economic dependence. **Mathematical Methods of Operations Research**, v. 45, n. 3, p. 411–435, 1997.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Condition based maintenance plus America Depatments of Defence guidebook**. 2008.

DICKERSON, D. E.; ACKERMAN, P. J. Risk-based Maintenance Management of U.S. Public School Facilities. 2016. In: *Procedia Engineering*. **Anais...Virginia Tech, Myers-Lawson School of Construction, Blacksburg, VA, United States: 2016**. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84999693673&doi=10.1016%2Fj.proeng.2016.04.069&partnerID=40&md5=756826fd0a8834ada2a5fabb7e8253a8>>

DUTA, L. Bayesian network for decision aid in maintenance. **Proceedings of the Romanian Academy Series A - Mathematics Physics Technical Sciences Information Science**, v. 13, n. 4, p. 387–394, 2012.

ENSHASSI, A. A.; EL SHORAF, F. Key performance indicators for the maintenance of public hospitals buildings in the Gaza Strip. **Facilities**, v. 33, n. 3/4, p. 206–228, 2015.

FACCIO, M. et al. Industrial maintenance policy development: A quantitative framework. **International Journal of Production Economics**, v. 147, n. PART A, p. 85–93, 2014.

FERNANDEZ, O. et al. A decision support maintenance management system: Development and implementation. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 20, n. 8, p. 965–979, 2003.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manuntenção Industrial**. [s.l: s.n.],.

FRASER, K. Facilities management: the strategic selection of a maintenance system. **Journal of Facilities Management**, v. 12, n. 1, p. 18–37, 2014.

GAHLEITNER, G. Hydrogen from renewable electricity: An international review of power-to-gas pilot plants for stationary applications. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 5, p. 2039–2061, 2013.

GARG, A.; DESHMUKH, S. G. Maintenance management: Literature review and directions. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12, n. 3, p. 205–238, 2006.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GLORIA JUNIOR, I.; GONÇALVES, R. F. As Barreiras e Motivações Para o Uso da Abordagem Canvas. 2016. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** João Pessoa: 2016.

GRUBISIC, M.; NUSINOVIC, M.; ROJE, G. Towards Efficient Public Sector Asset Management. **Financial Theory & Practice**, v. 33, p. 329–362, 2009.

HORNER, R. M. W.; EL-HARAM, M. A.; MUNNS, A. K. Building maintenance strategy: A new management approach. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 3, n. 4, p. 273–280, 1997.

International Facility Management Association - IFMA. What is FM - Definition of Facility Management. Disponível em: <<https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>>. Acesso em: 24 set. 2018.

JONSSON, P. The status of maintenance management in Swedish manufacturing firms. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 3, n. 4, p. 233–258, 1997.

JONSSON, P. Towards an holistic understanding of disruptions in Operations Management. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 6, p. 701–718, 2000.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KUMAR, D.; WESTBERG, U. Some Reliability Models for Analyzing the Effect of Operating Conditions. **International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering**, v. 4, n. 2, p. 133–148, 1997.

KUMAR, U. et al. Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 19, n. 3, p. 233–277, 2013.

LABIB, A. W. World-class maintenance using a computerised maintenance management system. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 4, n. 1, p. 66–75, 1998.

LABIB, A. W. A decision analysis model for maintenance policy selection using a CMMS. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 10, n. 3, p. 191–202, 2004.

LAVY, S. Performance-Based Facility Management – An Integrated Approach. **International Journal of Facility Management**, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2010.

LAVY, S.; JAWADEKAR, S. A Case Study of Using BIM and COBie for Facility Management. **International Journal of Facility Management**, v. 5, n. 2, p. 13–27, 2014.

LI, N.; NI, J. Reliability estimation based on operational data of manufacturing systems. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 24, n. 7, p. 843–854, 2008.

LIFE CYCLE CANVAS. **Gestão Dinâmica de Projetos com Life Cycle Canvas**. Disponível em: <<https://www.lifecyclecanvas.com.br/contentdetail.php?inf=UxmSXVlbwdXTWpEWRxmUYdFSnlXW31TP>>. Acesso em: 29 out. 2017.

LIMA, F. A.; CASTILHO, J. C. N. DE. **Aspectos da manutenção dos equipamentos científicos da universidade de Brasília**. Dissertação (Especialização). Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2006.

LINDHOLM, A.-L.; NENONEN, S. A conceptual framework of CREM performance measurement tools. **Journal of Corporate Real Estate**, v. 8, n. 3, p. 108–119, 2006.

MAGGARD, B. N.; RHYNE, D. M. Total productive maintenance. A timely integration of production and maintenance. **Production and Inventory Management Journal**, v. 33, n. 4, p. 6–10, 1992.

MASLESA, E.; JENSEN, P. A.; BIRKVED, M. Indicators for quantifying Environmental Building Performance: A systematic literature review. **Journal of Building Engineering**, v. 19, n. May, p. 552–560, 2018.

MEDEIROS, B. C. et al. Planejando projetos com o Life Cycle Canvas (LCC): um estudo sobre um projeto de infraestrutura pública estadual. **Exacta**, v. 15, n. 1, p. 155–170, 2017.

MEEKER, W. Q.; ESCOBAR, L. A. **Statistical Methods for Reliability Data.pdf**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

MELLO, C. H. P. et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 1–13, 2012.

MENDES, A. A.; RIBEIRO, J. L. D. Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT. **Production**, v. 24, n. 3, p. 675–686, 2014.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. A democratização e expansão da educação superior no país 2003 – 2014. **Ministério da Educação**, p. 106, 2015.

MOBLEY, R. K. **An Introduction to Predictive Maintenance**. 2. ed. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2002.

MONTGOMERY, N.; BANJEVIC, D.; JARDINE, A. K. S. Minor maintenance actions and their impact on diagnostic and prognostic CBM models. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 23, n. 2, p. 303–311, 2012.

MUCHIRI, P. et al. Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 295–302, 2011.

MURTHY, D. N. P.; ATRENS, A.; ECCLESTON, J. A. Strategic maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 8, n. 4, p. 287–305, 2002.

NEELAMKAVIL, J. Condition-based Maintenance Management in Critical Facilities. **National Research Council Canada**, 2010.

PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A.; BERRY, L. L. A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. **American Marketing Association**, v. 49, n. 4, p. 41–50, 1985.

PEINADO, J.; GRAEMI, A. R. Administração da produção: operações industriais e de serviços. **UnicenP**, p. 748, 2007.

PINTO, R. L.; GOUVÊA, M. A.; OLIVEIRA, B. Avaliação da qualidade de serviço terceirizado de manutenção em edifício comercial: o caso de uma organização pública. **Gestão & Produção**, v. 21, n. 2, p. 389–403, 2014.

PISA, B. J.; OLIVEIRA, A. G. DE. Gestão De Projetos Na Administração Pública : Um Instrumento Para O Planejamento E Desenvolvimento. **1º Seminário Nacional de Planejamento e Desenvolvimento**, p. 15, 2014.

PORTIOLI-STAUDACHER, A.; TANTARDINI, M. Integrated maintenance and production planning: a model to include rescheduling costs. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 18, n. 1, p. 42–59, 2012.

PRAJAPATI, A.; BECHTEL, J.; GANESAN, S. Condition based maintenance: A survey. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 18, n. 4, p. 384–400, 2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamto de Projetos (Guia PMBOK)**. 6. ed. [s.l.] Project Management Institute, 2018.

PUROHIT, B. S.; KUMAR LAD, B. Production and maintenance planning: an integrated approach under uncertainties. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 86, n. 9–12, p. 3179–3191, 2016.

RASILA, H. M.; GERSBERG, N. F. Service quality in outsourced facility maintenance services. **Journal of Corporate Real Estate**, v. 9, n. 1, p. 39–49,

2007.

ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS. **Public sector asset management guidelines: a guide to best practice**. Coventry: Royal Institution of Chartered Surveyors, 2008.

SCOPUS. **Scopus**. Disponível em: <www.scopus.com>. Acesso em: 30 out. 2018.

ŠELIH, J. et al. Multiple-criteria decision support system in highway infrastructure management. **Transport**, v. 23, n. 4, p. 299–305, 2008.

SETHIYA, S. Condition Based Maintenance (CBM). **Secy. to CME/WCR/JBP**, 2006.

SHERWIN, D. A review of overall models for maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 6, n. 3, p. 138–164, 2000.

SHERWIN, D. J.; BOSSCHE, A. **The Reliability, Availability and Productiveness of Systems**. 1. ed. Hong Kong: Chapman & Hall, 1993. v. 46

SHIN, H. et al. Facility Management Process of an Office Building. **J. Infrastruct. Syst.** v. 24, n. 3, 2018.

SHLOPAK, M.; EMBLEMSVÅG, J.; OTERHALS, O. Front End Loading as an Integral Part of the Project Execution Model in Lean Shipbuilding. 2014. In: 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Anais...2014**. Disponível em: <<http://iglc.net/Papers/Details/1014/pdf%0Ahttp://iglc.net/Papers/Details/1014>>

SOUZA, J. B. DE. **Alinhamento das Estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as Finalidades e Funções do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma Abordagem Analítica**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2008.

SWANSON, L. An information-processing model of maintenance management. **International Journal of Production Economics**, v. 83, n. 1, p. 45–64, 2003.

THE BUSINESS ROUNDTABLE. **The Business Stake in Effective Project Systems: Construction Cost Effectiveness Task Force**. 1997.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

THUN, J.-H. Maintaining preventive maintenance and maintenance prevention: Analysing the dynamic implications of Total Productive Maintenance. **System Dynamics Review**, v. 22, n. 2, p. 163–179, 2006.

TSANG, A. H. C. Strategic dimensions of maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 8, n. 1, p. 7–39, 2002.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia**

de produção.2012.

VENKATARAMAN, K. **Maintenance Engineering and Management.** Delhi: PHI Learning Private Limited, 2007.

VERAS, M. **Gestão dinâmica de projetos: Life Cycle Canvas.** Rio de Janeiro: Brasport, 2016.

VIANA, H. R. G. **PCM, Planejamento e Controle de Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

VIANA, H. R. G. **Fatores de sucesso para gestão da manutenção de ativos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Bookstart, 2016.

WAEYENBERGH, G.; PINTELON, L. A framework for maintenance concept development. **International Journal of Production Economics**, v. 77, n. April 2000, p. 299–313, 2002.

WAEYENBERGH, G.; PINTELON, L. Maintenance concept development: A case study. **International Journal of Production Economics**, v. 89, n. 3, p. 395–405, 2004.

WAEYENBERGH, G.; PINTELON, L. CIBOCOF: A framework for industrial maintenance concept development. **International Journal of Production Economics**, v. 121, n. 2, p. 633–640, 2009.

WESTBROOK, R. Action research : a new paradigm for research in. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 12, p. 6–20, 1995.

WIREMAN, T. **Maintenance Work Management Processes.** Ft. Meyers: Reliability Web, 2013.

WIREMAN, T. **Benchmarking best practices in maintenance, reliability and Aasset management: Update for ISO 55000.** 3. ed. South Norwalk: Industrial Press, 2015.

WYREBSKI, J. **Manutenção Produtiva Total: Um Modelo Adaptado.** Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** 2. ed. Nova Lima: Falconi, 2014.

YEO, K. T.; NING, J. H. Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 4, p. 253–262, 2002.

YOU, M.-Y.; MENG, G. Updated proportional hazards model for equipment residual life prediction. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 28, n. 7, p. 781–795, 2011.

YOU, M.-Y.; MENG, G. A predictive maintenance scheduling framework utilizing

residual life prediction information. **Journal of Process Mechanical Engineering**, v. 227, n. 3, p. 185–197, 2012.

YOU, M. Y. et al. Statistically planned and individually improved predictive maintenance management for continuously monitored degrading systems. **IEEE Transactions on Reliability**, v. 59, n. 4, p. 744–753, 2010.

APÊNDICE

Apêndice A: Definições iniciais de implantação do projeto via LifeCycle Canvas



Apêndice B: Codificação das Categorias da Manutenção dos Ativos nas *Tags*:

Codificação	Tipo de Ativo
HS	Hidrossanitário
CF	Cobertura e Fachada
ES	Esquadrias
EB	Elétrica: baixa tensão (tensão abaixo de 1000V)
EA	Elétrica: alta tensão (tensão maior de 1000V)
AC	Ar-condicionado

Apêndice C: Codificações Especiais de Localização de Ativos nas *Tags*:

Andar	Sala	Localização
Todos	B01, B02...	Banheiro 01, Banheiro 02, etc...
C03	Todas	Cobertura do Terceiro Nível
C04	Todas	Cobertura do Quarto Nível
S01	Todas	Primeiro Nível do Subsolo
J01	Todas	Junta Estrutural 01
J02	Todas	Junta Estrutural 02
N01	Todas	Setor Norte Fachada
S01	Todas	Setor Sul Fachada
E01	Todas	Setor Leste Parte 01 Fachada
E02	Todas	Setor Leste Parte 02 Fachada
W01	Todas	Setor Oeste Parte 01 Fachada
W02	Todas	Setor Oeste Parte 02 Fachada
P03	03A	Lado A da Sala 303
P03	03B	Lado B da Sala 303
P04	E01	Escada 01 do Quarto Nível
P01	X01, X02	Áreas externas 1 e 2

Apêndice D: Códigos Identificadores dos Ativos nas Áreas de Implantação na Planta Piloto

Tipo de Ativo	Codificação	Identificação do Ativo
Hidrossanitário	RGV	Registro de Gaveta – Banheiro
	RPC	Registro de Pressão – Chuveiro
	RGB	Válv. Gaveta no Barrilhete - Reservatórios Superiores
	VMT	Válv. Mictório ou Torneira de Bancada Semi - Automática
	SIF	Sifão
	DUC	Ducha Higiênica
	RAS	Ralo Sinfonado
	RAP	Reservatório de Água Potável
	BMB	Bomba Hidráulica (D'Água e Incêndio)
	CXI	Caixa de Esgoto – Inspeção
	CXG	Caixa de Esgoto – Gordura
	CLO	Chuveiro Lava - Olhos de Emergência
	TLB	Torneira de Laboratório (Pescoço de Ganso)
	VSA	Vaso Sanitário
Cobertura e Fachada	CBA	Clarabóia
	MAS	Manta Asfáltica
	MAL	Manta Asfáltica Aluminizada
	RVC	Revestimento Cerâmico
	BRS	Brise
	CES	Colunas Estruturais
	CBG	Elemento Vazado (Cobogó)
Esquadrias	POT	Portas (Todas, excluindo madeira e metálica)
	PMD	Portas de Madeira
	PMT	Portas Metálicas
	JAN	Janelas
	FCH	Fechaduras
	DBR	Dobradiças

Apêndice E: Dados de ativos e *tags* criados, catalogados e classificados no processo de controle inicial

Área da Manutenção	Ativo	Quantidade de Tags Associadas	Criticidade	Ações de Manutenção
Hidrossanitária	Válvula (ou Registro) de Gaveta - Banheiro	26	B	Inspeção
Hidrossanitária	Válvula (ou Registro) de Pressão - Chuveiro	26	B	Inspeção
Hidrossanitária	Válvula (ou Registro) de Gaveta no Barrilete - Reservatórios Superior e Inferior	2	B	Inspeção
Hidrossanitária	Válvula (ou Registro) de Mictório ou Torneira para Lavatório de Bancada Semi - Automática	26	B	Inspeção
Hidrossanitária	Sifão	26	B	Inspeção
Hidrossanitária	Engate	26	B	Inspeção
Hidrossanitária	Ducha Higiênica	26	B	Inspeção
Hidrossanitária	Ralo Sifonado	26	B	Preventiva
Hidrossanitária	Reservatório de Água Potável	2	A	Inspeção e Preventiva
Hidrossanitária	Bomba Hidráulica (D'Água e Incêndio)	1	B	Inspeção
Hidrossanitária	Caixas de Esgoto (Caixa de Inspeção)	1	B	Preventiva
Hidrossanitária	Caixas de Esgoto (Caixa de Gordura)	1	B	Preventiva
Hidrossanitária	Chuveiro Lava - Olhos de Emergência	2	B	Inspeção
Hidrossanitária	Torneira de Laboratório (Pescoço de Ganso)	45	B	Inspeção
Hidrossanitária	Vaso Sanitário	26	B	Inspeção

Cobertura e Fachada	Clarabóia	1	B	Inspeção
Cobertura e Fachada	Manta Asfáltica	2	B	Inspeção
Cobertura e Fachada	Manta Asfáltica Aluminizada	6	B	Inspeção
Cobertura e Fachada	Revestimento Cerâmico	6	A	Inspeção e Preventiva
Cobertura e Fachada	Brise	6	B	Inspeção
Cobertura e Fachada	Colunas Estruturais (vigas, pilares e lajes)	6	B	Inspeção
Cobertura e Fachada	Elemento Vazado (Cobogó)	4	B	Inspeção
Esquadrias	Portas de Madeira	121	B	Inspeção
Esquadrias	Portas Metálicas	2	B	Inspeção
Esquadrias	Portas	124	B	Preventiva
Esquadrias	Janelas	118	B	Inspeção
Esquadrias	Fechaduras e dobradiças	124	B	Inspeção

Apêndice F: Exemplo de um item do plano de manutenção aplicado à pesquisa

TAGs:	HS-1761.00464.500.8.163-001-B01-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-001-B04-RGV	Foto 	
	HS-1761.00464.500.8.163-001-B02-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-001-B05-RGV		
	HS-1761.00464.500.8.163-001-B03-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-001-B06-RGV		
	HS-1761.00464.500.8.163-002-B01-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-002-B05-RGV		
	HS-1761.00464.500.8.163-002-B02-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-002-B06-RGV		
	HS-1761.00464.500.8.163-002-B03-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-002-B07-RGV		
	HS-1761.00464.500.8.163-002-B04-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-002-B08-RGV		
	HS-1761.00464.500.8.163-003-B01-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-003-B05-RGV		
	HS-1761.00464.500.8.163-003-B02-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-003-B06-RGV		
	HS-1761.00464.500.8.163-003-B03-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-003-B07-RGV		
HS-1761.00464.500.8.163-003-B04-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-003-B08-RGV			
HS-1761.00464.500.8.163-004-B01-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-004-B03-RGV			
HS-1761.00464.500.8.163-004-B02-RGV	HS-1761.00464.500.8.163-004-B04-RGV			
Tipo de Plano:	Inspeção	Código:	Quantidade:	Unidades:
Equipamento:	Válvula (ou Registro) de Gaveta - Banheiro	302400001658		
Lista de Tarefas:	1. Verificar se existe alguma resistência ao girar o volante /alavanca do registro. 2. Observar se existe algum tipo de vazamento no elemento inspecionado. 3. Testar se ocorre perda de abertura ou fechamento (gira rosca).			
Lista de Materiais:				
EPI	Uniforme Capacete Bolas de Segurança			Und Und Und
Lista de Ferramentas:				
Lista de Especialidades:	Encanador Auxiliar de Encanador		0,1 0	HH HH
Frequência:			60	Dias