

GESTÃO DE ATIVOS: PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE INVESTIMENTO NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO

Camila Ramos da Silva de Vasconcellos – Universidade Candido Mendes

camilarsv@gmail.com

Prof. Dr. Alberto Eduardo Besser Freitag – Universidade Candido Mendes

alberto.besser@professor.ucam.edu.br

Prof^a. Me. Marcelle Candido Cordeiro - Universidade Candido Mendes

marcelle.cordeiro@candidomendes.edu.br

Prof. Dr. Marcelo Jasmim Meiriño – Universidade Federal Fluminense

marcelojm@id.uff.br

Resumo

A manutenção é constantemente vista como um gasto necessário no mundo dos negócios. O retorno do investimento em manutenção não é fácil de quantificar em valor monetário, portanto, geralmente não é avaliado como retorno de investimento em ambiente de negócios. No entanto, se o investimento e a execução estiverem corretos, a manutenção pode efetivamente reduzir os riscos operacionais e potenciais perdas (custos) devido a falhas desnecessárias. Este trabalho tem como objetivo fornecer uma visão da otimização do investimento em manutenção a partir da perspectiva da gestão de ativos e propor uma estrutura para otimizar as decisões de investimento em manutenção alinhada com as metas de negócios da empresa. Como método, adotou-se uma revisão sistemática da literatura, baseada no protocolo PRISMA, permitindo a identificação de um grande volume de registros, dos quais 15 foram incluídos na revisão da literatura, por sua aderência à temática pesquisada.

O principal resultado foi a elaboração de uma proposta de um quadro de otimização, considerando os tópicos: estudo do ciclo de vida de um ativo; custos; estruturar dados; procedimentos mais eficientes e; digitalização e acessibilidade. Para pesquisas futuras, sugere-se o desenvolvimento de modelos de otimização para resolução de vários problemas de gestão de ativos e a aplicação do quadro proposto na empresa que serviu como base para pesquisa, por meio de um estudo de caso.

Palavras-chave: Manutenção; Custos; Investimento; Gestão de ativos; Otimização.

Abstract

Maintenance is constantly seen as a necessary expense in the business world. The return on investment in maintenance is not easy to quantify in monetary value, so it is generally not evaluated as a return on investment in the business environment. However, if the investment and execution are right, maintenance can effectively reduce operational risks and potential losses (costs) due to unnecessary failures. This work aims to provide a view of optimizing maintenance investment from an asset management perspective and propose a structure to optimize maintenance investment decisions in line with the company's business goals. As a method, a systematic literature review was adopted, based on the PRISMA protocol, allowing the identification of a large volume of records, of which 15 were included in the literature review, due to their adherence to the researched theme. The main result was the elaboration of a proposal for an optimization framework, considering the topics: study of the life cycle of an asset; costs; data structure; more efficient procedures and; digitalization and accessibility. For future research, it is suggested that optimization models be developed to solve various asset management problems and that the proposed framework be applied to the company that served as the basis for the research, by means of a case study.

Keywords: Maintenance; Costs; Investment; Asset Management; Optimization.

1 Introdução

1.1 Revisão

Espera-se que gestão de ativos seja uma ferramenta que permita a tomada de decisões e otimização. Uma preocupação especial é a otimização da manutenção. Nel e Jooste (2016) reforçam essa abordagem e indicam em seu estudo que o nível tecnológico dos equipamentos e do gerenciamento de ativos permite alavancar a rentabilidade nas empresas. Têm-se, portanto, que a evolução tecnológica oferece às empresas uma vasta gama de soluções, entretanto o uso e a combinação dessas soluções são pouco explorados, mesmo apresentando um grande potencial para o desenvolvimento dos processos e conseqüente melhoria de resultados (ATTENCIA, 2020).

O IAM – Institute of Asset Management (2011) define Gestão de Ativos como uma ciência de tomar decisões corretas e aperfeiçoar os processos com o objetivo comum de minimizar os custos de operação durante a vida útil de um ativo. Custos do ciclo de vida influenciam na compra do ativo, tais como aumentos de energia, mão de obra e custo de capital (BROWN e YANUCK, 1985).

De acordo com Kardec et al. (2014), gestão de ativos é uma possibilidade de colocar “o mundo da manutenção” em contato com o “mundo das finanças” permitindo, assim, a tomada de decisões estratégicas.

Esta pesquisa pressupõe que o objetivo de uma empresa é gerar o maior retorno possível do investimento. O retorno é um valor entregue durante um período. Assim, dois aspectos devem ser considerados: o significado do valor e o significado do período. O valor pode ser tanto em termos de retorno monetário como de outros benefícios menos facilmente mensuráveis em setores como a defesa e os cuidados de saúde. Os gestores de ativos estão interessados em ativos físicos com um ciclo de vida longo e percebem que investir em um ano pode produzir benefícios noutro ano.

Estudo do The Landman Project - TLP (2014) informa que ativos complexos de capital intensivo geralmente consistem em vários sistemas e componentes fabricados por diferentes fabricantes de equipamentos originais e fornecedores. Como é indesejável parar a operação para manutenção, os operadores de ativos planejam a manutenção para minimizar a interrupção da operação normal e, ao mesmo tempo, procurar não

comprometer a segurança, a confiabilidade e o risco operacional do ativo em geral. A frequência com que a manutenção é realizada é normalmente regulada pelos intervalos de manutenção que são normalmente determinados pelos fabricantes durante a fase de projeto. Uma vez que as condições físicas de operação e as especificações de projeto de cada equipamento são diversas, a deterioração devido a incidentes de uso e operação será diferente. Como resultado, a especificação de manutenção e os intervalos de manutenção de cada sistema podem não ser os mesmos. Além disso, para as indústrias que têm regulamentos rigorosos sobre segurança, os respectivos requisitos de manutenção são ainda mais rigorosos. Para além da complexidade, a função de manutenção requer o apoio de outros recursos, como instalações, equipamentos, recursos humanos e peças sobressalentes (TLP, 2014).

Para Kardec e Nascif (2012), o gerenciamento da manutenção de ativos físicos é um problema complexo e uma abordagem significativa para otimizar as decisões de manutenção alinhadas com os objetivos da empresa é necessária.

De forma geral, o objetivo é otimizar a manutenção, portanto, pretende-se responder à seguinte questão de pesquisa: “Como otimizar o processo de manutenção dos ativos dentro do seu ciclo de vida para que se tenha maior retorno possível do investimento?”

Em geral, todas as empresas envolvidas na gestão de ativos são limitadas por custos, capacidade e conformidade. Ao separar as empresas em categorias na tomada de decisões, o foco da pesquisa será deslocado para um aspecto particular que é sobre a gestão da manutenção. É, portanto, importante nos processos de tomada de decisão que sejam consideradas as três dimensões simultaneamente.

Face ao acima exposto, esta pesquisa tem como objetivo propor um quadro para otimizar a manutenção dos ativos das empresas comerciais de capital intensivo em que o valor é medido em valor monetário ao longo de um longo ciclo de vida, ou seja, empresas que exigem um alto montante de capital para sua operação e tem um retorno financeiro no ciclo de vida em um ativo. Tal trabalho se justifica, porque a estrutura proposta pode auxiliar na formulação de modelos de otimização para otimizar a operação e a manutenção, alinhada com os objetivos de negócio da empresa.

1.2 Literatura

1.2.1 Manutenção e gestão em ativos

A gestão de manutenção é um processo de condução simultânea de duas ações (Kardec e Nascif, 2012), uma é estabilização da rotina e a outra trata da implementação de melhorias. Sabendo trabalhar ambas, o objetivo é a melhoria mantendo um padrão de conduta do time de manutenção, definindo metas e objetivos a serem cumpridos conforme os ciclos estabelecidos (FILHO e SANTOS, 2018).

Viana (2002) traz a definição de manutenção como um conjunto de esforços para manter o bom funcionamento de máquinas, equipamentos, ferramentas, construções, objetos que sofram desgaste e tudo que precise de reparo ou substituição de parte (FILHO e SANTOS, 2018).

De acordo com Santos (2015), manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”.

Brigas (2008) conduz um levantamento da evolução da manutenção desde a revolução industrial, passando pela época da manutenção preventiva baseada no tempo, até às recentes metodologias da manutenção baseada na confiabilidade e no risco. Esta evolução demonstra o desenvolvimento de novas metodologias de manutenção ao longo do tempo (SANTOS, 2015).

A manutenção preventiva originou-se nos Estados Unidos, e passou a ser utilizada no Japão após a Segunda Guerra Mundial, em 1950. Até então, a indústria japonesa atuava apenas com a manutenção corretiva, ou seja, a manutenção que ocorre após a falha, quebra, de uma máquina ou equipamento. A manutenção preventiva é o melhor tipo de manutenção para os gestores de ativos físicos, por causa do controle mais correto e a redução de custos.

A manutenção tem se tornado objeto de estudo constante, tanto na busca pela redução de custos como pela otimização das atividades e melhoria na qualidade para aumentar a disponibilidade operacional dos equipamentos. As empresas mais desenvolvidas nestes estudos tratam a manutenção dos equipamentos não como atividades paralelas, mas inseridas dentro do processo produtivo, e suas ações são

oriundas de uma “Gestão de Ativos” baseada em metodologias baseadas em confiabilidade. Com análises, controles e acompanhamentos qualitativos e quantitativos (GUEDES, 2017).

De acordo com Santos (2015), as tarefas descritas nos manuais de manutenção podem ser concebidas com base em três políticas básicas de manutenção: manutenção preventiva, manutenção corretiva e manutenção preditiva (baseada em condições).

- a) Manutenção preventiva - é realizada para evitar a ocorrência de falhas. Este tipo de política inclui substituição programada, reparo, serviços (como limpeza e lubrificação) e inspeções;
- b) Manutenção corretiva - responde a avarias da máquina. A política de manutenção corretiva substitui os componentes avariados e restaura o sistema de volta à operação; e
- c) Manutenção preditiva (baseada em condições) - é normalmente acionada por controle ou monitorização. É um tipo de manutenção preventiva. O componente ou sistema é monitorado ou inspecionado em intervalos regulares para verificar sua condição para sobreviver à operação até os próximos intervalos de manutenção. Se a condição do componente ou sistema estiver abaixo do standard, a ação de manutenção é executada.

1.2.2 Custos de manutenção

Antes tratada como fator de custos adicionais e com pouca visibilidade para as empresas, a manutenção aos poucos foi sendo aperfeiçoada e ganhando a sua devida importância, sendo atualmente considerada uma função estratégica no ambiente industrial, como um agente de otimização da produção e, conseqüentemente, aumentando a produtividade e gerando lucros (FILHO et al., 2017).

O ideal é que, se necessário, se pratique manutenção corretiva no início de vida de um equipamento pois verifica-se que, a longo prazo, os custos da manutenção preventiva começam a diminuir abruptamente, e o custos de manutenção corretiva aumentam.

Então, é melhor corrigir uma falha no início. Conseqüentemente, os custos de manutenção preditiva e de avarias aleatórias, baixam (RIBEIRO, 2015).

Atualmente, o conceito de manutenção tem mudado e, em alguns setores como terminais portuários, os níveis gerenciais veem a manutenção como investimento e não como um custo. Portanto, é possível afirmar que o RCM (Manutenção Centrada da Confiabilidade) foi adotado como uma das estratégias para uma gestão mais eficaz dos ativos físicos (GUEDES, 2017).

Face aos desafios econômicos atuais e a necessidade que as empresas estão enfrentando para se manterem competitivas e atrativas do ponto de vista do retorno financeiro, a busca constante pela otimização de processos e a redução de custos sem perda de qualidade nos produtos e processos se torna essencial (GUEDES, 2017). O cumprimento dos objetivos associados à manutenção leva a que se associem expectativas econômicas, especificamente:

- ✓ Custos diretos: Prevê-se, com a manutenção, aumentar a produtividade de um determinado equipamento, isto é, se avaria menos vezes, não é necessário despende de tanto tempo e dinheiro para o reparar. Exemplo: Na maioria dos casos é preferível gastar dinheiro a lubrificar um rolamento do que deixá-lo gripar e provocar, conseqüentemente, a paragem de uma linha de produção (RIBEIRO, 2015).

1.2.3 Otimização da manutenção

A evolução da manutenção provocou uma melhoria nas estratégias associadas, para que estas se adaptassem melhor à realidade de cada empresa. Existem muitas ferramentas e informação, de acordo com Ribeiro (2017):

- ✓ Técnicas de manutenção baseada na confiabilidade (RCM);
- ✓ Técnicas de Stock baseado na confiabilidade (RCS);
- ✓ Técnicas de manutenção baseada no negócio (BCM);
- ✓ Técnicas de manutenção baseada nas pessoas (PCM);

- ✓ Técnicas de manutenção baseada no risco (RBM);
- ✓ Manuais do fabricante;
- ✓ Planos de manutenção;
- ✓ Políticas de manutenção; e
- ✓ Experiência ou know-how.

A disponibilidade dos ativos físicos assume um papel fundamental no cumprimento dos objetivos para a maior parte das organizações. Como em qualquer processo, a gestão da manutenção é suscetível a desperdícios. Um processo com desperdício pode sempre ser otimizado. Nesta linha de pensamento, a escolha de um plano de manutenção para reduzir o risco de falha de um equipamento deve ter em atenção a sua eficácia e o seu custo de implementação, que conjugados indicam a eficiência do plano (SANTOS, 2015).

Jardine e Tsang (2006) propuseram que, para gestores de ativos que desejam otimizar o valor do ciclo de vida dos ativos da organização, quatro áreas de decisão devem ser consideradas: substituição de componentes, procedimentos de inspeção, substituição de equipamento de capital e necessidade de recursos.

Tsang et al. (2000) categorizaram as empresas em três cenários operacionais que impactam as estratégias de manutenção, ou seja, custo limitado, capacidade limitada e restrição de conformidade, explicados a seguir:

- ✓ As empresas de custo limitado são aquelas onde mais produtos ou serviços poderiam ser vendidos se os preços forem reduzidos. O foco nesses negócios deve ser baseado no controle de custos, isto é, mão de obra, materiais, custos de empreiteiros e despesas gerais;
- ✓ negócio onde tudo o que produz pode ser vendido é considerado uma capacidade limitada. Para alcançar o máximo de lucros, o foco de tais negócios deve ser maximizando a produção por meio da confiabilidade, disponibilidade e facilidade de manutenção do ativo; e

- ✓ Negócios com restrições de conformidade dependem fortemente da conformidade com regulamentos impostos pelas autoridades governamentais ou pelos clientes.

Apesar de Tsang et al. (2000) propor que as empresas sejam categorizadas em três cenários operacionais principais que afetam o foco e as estratégias utilizadas na manutenção, atualmente as empresas (2020) não estão aderindo à divisão em categorias de custo, capacidade e conformidade limitadas. Portanto, entende-se que todas as empresas envolvidas na gestão de ativos físicos devem considerar todas as restrições acima de forma conjunta e não de forma separada, como proposto por Tsang et al. (2000). A importância destas restrições varia de sistema para sistema.

Os exemplos a seguir categorizam as empresas em diferentes cenários operacionais de acordo com a definição de Tsang et al. (2000). No entanto, no entendimento dos autores deste trabalho, cada uma das categorias de empresas também está "condicionada" pelas outras duas dimensões, conforme explicado a seguir:

- a) Conformidade restrita - com base na definição de Tsang et al. (2000) de um cenário operacional empresarial com restrições em matéria de conformidade, a indústria aeronáutica será classificada como empresa com restrições em matéria de conformidade. No entanto, os aspectos operacionais e os aspectos econômicos também fazem definitivamente parte do quadro de decisão. Os aspectos operacionais na indústria aeronáutica dizem respeito ao cumprimento dos horários dos voos e os aspectos econômicos consistem em reduzir os custos de apoio (como os custos de manutenção) para tornar o preço dos bilhetes competitivo. A segurança (a dimensão da conformidade) é, sem dúvida, uma das principais preocupações, mas pode-se partir do princípio de que as companhias aéreas não vão querer exceder o orçamento ou ser atrasadas porque têm efetuado uma manutenção excessiva das aeronaves;
- b) Custo limitado - de acordo com a definição de Tsang et al. (2000), a indústria transformadora será classificada como o cenário empresarial condicionado pelos custos, em que poderiam ser vendidos mais produtos se os preços fossem reduzidos. No entanto, a segurança do produto e da fábrica, bem como o cumprimento das metas operacionais também podem ser dimensões

de decisão significativas. Alguns centros de produção devem atender às demandas sazonais onde uma taxa de produção teórica deve ser atendida. A qualidade do produto, bem como a segurança da instalação, também é crítica, quando falhas podem resultar em sérias responsabilidades financeiras e legais; e

- c) Capacidade limitada - o setor dos serviços de utilidade pública será classificado como o cenário empresarial com limitações de capacidade, de acordo com a definição de Tsang et al. (2000). Indústrias como o fornecimento de energia, água e gás são alguns exemplos. Tsang et al. (2000) sugerem que, para aumentar o lucro, este tipo de negócio deve concentrar-se em maximizar o produto através da confiabilidade, disponibilidade e capacidade de manutenção do ativo. Melhorar a confiabilidade através da manutenção e do investimento de capital custa dinheiro. Uma vez que existe sempre uma restrição orçamentária, a questão é saber como utilizar este dinheiro de forma sensata para obter o melhor desempenho. Essas indústrias também são obrigadas a cumprir muitos requisitos regulamentares e de segurança.

Por último, a base de uma boa manutenção é ter um Planejamento de Manutenção bem estruturado com conhecimento e que tenha um funcionamento correto que só dará resultados eficazes a partir do momento que a cultura de manutenção estiver inserida na organização. É importante que exista um sistema bem estruturado para que se tenha uma boa qualidade de controle de dados, com garantia para gerar indicadores de desempenho e controle de ordens de serviço (TSANG et al., 2000).

2 Relato circunstanciado

2.1 Métodos

No que tange a natureza da pesquisa, os critérios de classificação dos tipos de pesquisa variam de autor para autor, obedecendo interesses, objetivos e campos. Ander-Egg (1978) classifica em dois tipos: a pesquisa básica pura ou fundamental, que é aquela que procura o progresso científico e tem por meta o conhecimento pelo

conhecimento, e a pesquisa aplicada que, como o próprio nome já diz, tem interesses práticos na solução de problemas. Para Booth et al. (2019), quando a solução de um problema de pesquisa não tem nenhuma aplicação aparente em um problema prático, mas apenas satisfaz o interesse erudito de uma comunidade de pesquisadores, chama-se essa pesquisa de “pura” em vez de “aplicada”. Com base no acima exposto, a natureza desta pesquisa pode ser classificada como aplicada, já que apresenta uma proposta de um quadro de otimização e de um banco de dados do imobilizado, construídos a partir de informações obtidas de um terminal portuário, onde um dos autores deste estudo já trabalhou.

Quanto ao propósito, a pesquisa é considerada exploratória, porque conforme Gil (2002) envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram (ou têm) experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Possui ainda a finalidade básica de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias para a formulação de abordagens posteriores.

O tratamento dos dados se deu por uma abordagem qualitativa, que é um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um problema social ou humano (CRESWELL, 2010). O processo de pesquisa envolve as questões e os procedimentos que emergem, os dados tipicamente coletados no ambiente do participante, a análise dos dados indutivamente construída a partir das particularidades para os temas gerais e as interpretações feitas pelo pesquisador acerca do significado dos dados.

Para a coleta de informações, utilizou-se a estratégia de pesquisa bibliográfica, definida por Gil (2002) como um apanhado constituído, principalmente, por livros e artigos científicos. Sua proposta é analisar diferentes posições que englobam um determinado assunto. Marconi e Lakatos (2003) declaram ainda que essa pesquisa é elaborada a partir de importantes trabalhos realizados com capacidade de enriquecer o material a ser feito com dados atuais e relevantes.

A forma de coleta de dados junto a profissionais do terminal portuário, onde um dos autores deste estudo já trabalhou, se deu por meio de entrevista, que envolve duas pessoas, onde uma pergunta e formula as questões e outra responde. Segundo Gil (2002), ela pode ser de três tipos: focalizada, parcialmente estruturada e totalmente

estruturada. É focalizada quando o tema é específico, havendo a necessidade do entrevistador focar no assunto, que é o caso desta pesquisa.

Os artigos científicos foram coletados ao longo do mês de novembro de 2020 nas fontes Scielo, Portal de Periódicos Capes (buscar assunto) e Google Acadêmico.

A base Scielo - Scientific Electronic Library Online foi escolhida porque é “uma base de dados utilizada por pesquisadores do mundo todo. Ela existe há mais de 15 anos, com o intuito de melhorar o acesso aos periódicos científicos do Brasil e de outros países”.

O Portal de Periódicos Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - faz parte de uma fundação do Ministério da Educação (MEC), que é responsável pela amplificação, desenvolvimento e consolidação sobre os cursos de pós-graduação mestrado e doutorado, atuando também na formação de professores da educação básica no Brasil. O Portal de Periódicos Capes (buscar assunto) foi escolhido porque é uma biblioteca virtual que disponibiliza produção científica internacional a instituições de ensino e pesquisas.

A base Google Acadêmico foi escolhida porque é uma ferramenta virtual capaz de pesquisar variedades de disciplinas e fontes, como artigos, livros e teses que intensificam a literatura acadêmica.

Os artigos científicos foram analisados seguindo o fluxo do protocolo PRISMA (Moher et al., 2009) de uma revisão sistemática da literatura. A revisão da literatura cumpre vários propósitos, entre eles, compartilha com o leitor os resultados de outros estudos que estão intimamente relacionados àquele que está sendo realizado, preenche lacunas ampliando estudos anteriores e proporciona uma estrutura para estabelecer a importância do estudo e também uma referência para comparar os resultados com outros resultados (CRESWELL, 2010).

Para Robson (2011), uma revisão sistemática da literatura é uma forma específica de identificar e sintetizar as evidências de uma pesquisa, com ênfase em:

- ✓ Fornecer cobertura abrangente da literatura disponível no campo de interesse;
- ✓ Qualidade das evidências revisadas;
- ✓ Seguir abordagem detalhada e explícita para a síntese dos dados e;

- ✓ Utilização de processos transparentes e rigorosos ao longo da pesquisa.

A revisão sistemática da literatura foi dividida em quatro fases, a saber: 1) Identificação de registros - nas bases Portal de Periódicos Capes (buscar assunto) e Scielo; 2) Seleção – com critérios de exclusão de registros duplicados, 3) Elegibilidade – com critérios de exclusão de não conter os termos da frase de pesquisa no título; e 4) Inclusão – com critérios de exclusão de texto não alinhado com o escopo deste estudo. Para a busca de registros nas bases, utilizou-se a frase de pesquisa e operadores booleanos ((manutenção) AND (otimização)). Optou-se por aplicar os filtros das pesquisas serem de origem brasileira, idioma português, artigo e monografia, e terem sido publicadas nos últimos cinco anos (2015 a 2020). O Quadro 1 apresenta os principais tópicos identificados, que constituíram a seção secundária 1.2 Literatura deste trabalho, com suas respectivas referências.

Quadro 1 - Tópicos e referências

Tópicos	Referências (ano)
Manutenção e gestão de ativos	KARDEC e NASCIF (2012); (FILHO e SANTOS, 2018); VIANA (2002); SANTOS (2015); BRIGAS (2008); GUEDES (2017).
Custos de manutenção	FILHO et al. (2017); RIBEIRO (2015); GUEDES (2017).
Otimização da manutenção	RIBEIRO (2017); SANTOS (2015); JARDINE e TSANG (2006); TSANG et al. (2000).

2.2 Resultados e discussões

2.2.1 Revisão da literatura

A Tabela 1 apresenta os resultados da revisão sistemática da literatura, ao longo das quatro fases do protocolo PRISMA (Moher et al., 2009).

No Portal de Periódicos CAPES (buscar assunto), a frase de pesquisa ((manutenção) AND (custos) AND (otimização)) não retornou nenhum registro, de forma que a busca se baseou na frase de pesquisa (manutenção AND otimização), com identificação de 56 registros.

Tabela 1 – Fluxo de informações através das fases de uma revisão sistemática da literature

Base científica	Frase de pesquisa	1. Identificação	2. Seleção	3. Elegibilidade	4. Inclusão
			Registros duplicados (#65)	Não contém a frase de pesquisa no título (# 14.049)	Texto não alinhado com o escopo do estudo (# 35)
Periódicos CAPES	(manutenção AND otimização)	56	56	4	
SciELO		8	8	1	1
Google Acadêmico		14.100	14.035	45	14
	Total	14.164	14.099	50	15

Fonte: Os próprios autores (2020).

Na base SciELO, a frase de pesquisa ((manutenção) AND (custos) AND (otimização)) retornou apenas um registro, de forma que a busca se baseou na frase de pesquisa (manutenção AND otimização), com identificação de oito registros.

Para incrementar a pesquisa, foi utilizada a plataforma Google Acadêmico, em que foram identificados 14.100 registros com base na frase de pesquisa (manutenção AND otimização).

Na primeira fase, identificaram-se 14.164 registros sendo que, após eliminação de duplicações, restaram 14.099 registros na segunda fase. Dos 14.099 registros selecionados para análise na segunda fase, foram excluídos 14.049 registros, cujos documentos não continham a frase de pesquisa “manutenção” e “otimização” no título, restando 50 registros.

Após análise dos 50 registros na terceira fase, excluíram-se aqueles que não eram coerentes com a pesquisa em si (título, resumo e palavra-chave), restando 15 registros, que foram incluídos na seção secundária 1.2 Literatura.

2.2.2 Síntese qualitativa

A partir da síntese qualitativa dos 15 estudos incluídos na seção secundária 1.2 Literatura, constata-se que:

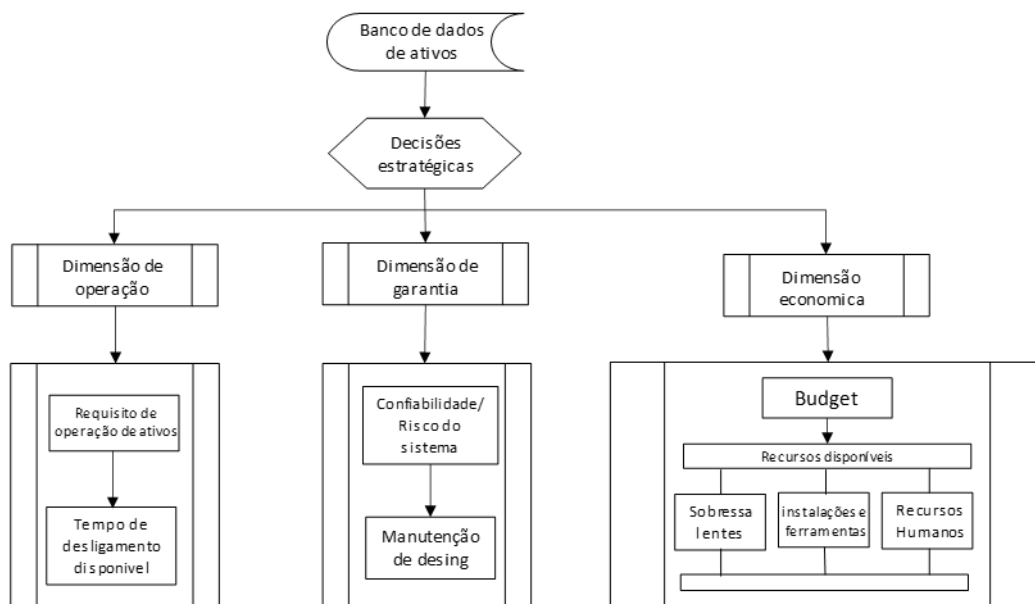
- ✓ Ano – o primeiro estudo remonta a 2015 e o mais recente a 2020. Em função dos 15 registros identificados, percebe-se um interesse por esse tema de estudo, e existe um potencial a ser explorado a cada vez que a tecnologia for avançando;
- ✓ Referências – todos os autores dos estudos são diferentes, portanto, existe espaço para que um pesquisador interessado em estudos de otimização da manutenção se destaque nesse campo de pesquisa;
- ✓ Fonte – da mesma forma que as referências, não há uma publicação que se destaque em pesquisas envolvendo manutenção;
- ✓ Objetivo – todos os autores buscavam otimizar a manutenção de um determinado negócio;
- ✓ Método – entre os diversos métodos descritos, o que se destaca é o estudo feito em campo, em especial, estudos de caso;
- ✓ Resultados – a maioria das pesquisas realizadas tratavam da otimização da manutenção de uma determinada empresa e obtiveram resultados positivos, onde os autores conseguiram atingir o objetivo;
- ✓ Pesquisas Futuras – os autores propuseram a continuação do estudo para que os resultados se proloquem, sugerindo melhorias conforme avanços tecnológicos e/ou mudanças no negócio.

2.2.3 Proposta conceitual

Kardec (2014) propõe que, para um bom sistema de gestão de ativos, a estrutura deve incluir os seguintes elementos: gestão de riscos, orçamento e custeio, gestão de dados, monitoramento de condições, planejamento tático, recursos humanos, ciclo de vida de uso de ativos, medidas de desempenho, sistemas de informação, gestão financeira, planejamento estratégico, propriedade de ativos.

No entanto, a proposta de Kardec (2014) não pode ser tratada como um quadro, uma vez que não existe uma abordagem clara que indique como os diferentes elementos devem ser integrados e utilizados para resolver o problema de manutenção. Adicionalmente, a preocupação de um tal "quadro" é de ordem prática, uma vez que o quadro abrange uma área demasiado vasta. A otimização integrada só pode ocorrer quando todos estes elementos são expressos nas mesmas unidades. Para implementar tal quadro, a primeira questão que se coloca é a necessidade de quantificar todos estes elementos. Portanto, a partir desta análise foi possível estabelecer uma proposta de um quadro geral de otimização, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Proposta de quadro de otimização



Fonte: Os próprios autores (2020).

O quadro de otimização será discutido ao longo desta seção separado por subseções.

2.2.3.1 Banco de dados de ativos

A disponibilidade de dados úteis é fundamental para tomar a melhor decisão na administração de ativos. Os processos de modelagem e de tomada de decisão começam com a investigação da disponibilidade dos dados e da sua qualidade.

O banco de dados de ativos fornece a referência básica das propriedades físicas e funções dos ativos para decisões estratégicas em nível gerencial sênior. As orientações estratégicas fornecem um objetivo comum que todas as dimensões da decisão terão de cumprir.

A partir das experiências de um dos autores, bem como entrevistas, workshops e relatório interno da empresa de terminal portuário (ICTSI Rio Brasil 1), desenvolveu-se o Quadro 2, em que é apresentado um resumo dos dados necessários para a otimização da gestão de ativos, considerando as dimensões Operação, Garantia e Econômica (expressas na Figura 1).

Pesquisas anteriores apontaram a importância da coleta abrangente de dados (SHERWIN, 2004). Para armazenar e analisar dados, são necessários sistemas de TI. No entanto, como mostrado no Quadro 2, construído com base em informações obtidas da empresa ICTSI RIO BRASIL 1, há pouca integração nos sistemas de TI, o que resultou em vários sistemas de TI dentro de uma empresa fazendo trabalhos sem se comunicar entre si. Com integração limitada, uma grande quantidade de dados é armazenada e, por vezes, duplicada, sendo pouco utilizada na sua totalidade. Verificou-se frequentemente que, várias fontes são necessárias para compilar um arquivo para um determinado exercício, já que a inconsistência em vários sistemas precisava ser resolvida antes que uma análise útil pudesse começar (SHERWIN, 2005). Como apontado por Al-Najjar (1996) e Al-Najjar e Alsyouf (2000), é necessário um banco de dados comum e um sistema de TI integrado para gerenciar a manutenção de ativos físicos.

2.2.3.1.1 Sistema informático necessário

A maioria dos sistemas de Tecnologia da Informação (TI) tem um papel na gestão de ativos, mas normalmente não está bem integrada para esse fim. Normalmente, as decisões em nível de conselho de administração, são muitas vezes emitidas apenas em papel. Esta seção discute alguns exemplos de sistemas chave de TI. Os sistemas chave são (RIBEIRO, 2015):

- ✓ Sistema de planejamento de necessidades de material (MRP) - é um sistema de TI desenvolvido para administrar o fluxo de material dentro de uma empresa. O sistema deve garantir que os materiais fluam sem problemas dentro da empresa, para reduzir o nível de estoque e para auxiliar no planejamento de programações e compras;

Quadro 2 – Banco de dados do imobilizado

Dimensão da decisão Relevância	Dados	Usos	Importância	Prioridade para otimização a nível da empresa	Onde é capturado?	
Operação	Taxa de produção/operação	Calcular a taxa de deterioração	Para determinar quando um componente deve ser atualizado	A	Sistema MRP* Sistema individual	
	Disponibilidade necessária	Calcular o tempo de paralisação permitido	Para determinar se há tempo suficiente para a manutenção	A	Estratégia de gestão	
	Dados operacionais (vibração, pressão, temperatura, ruído)	Monitoramento de condições	Para monitorar a condição dos sistemas para determinar os intervalos de manutenção	B (usado para manutenção detalhada planejamento)	Sala de controle em papel, SGI	
	Lucro por unidade de tempo ou por unidade de produção	Calcular o custo de interrupções	Parâmetro para quantificar listas expandidas	A	Estratégia de gestão	
	Manual de manutenção	Especificar tarefas de manutenção e programação	Operação diária detalhada	B	Fabricantes e operadores manuais (cópias em papel ou digital)	
Garantia	Manutenção sugerida pelo fabricante intervalos	Programar a manutenção e desligamento	O guia básico para formular programa de manutenção	A	SGI ou cópia impressa	
	Recursos humanos (nível de competências e formação)	Necessidade de garantir que o pessoal é qualificado e treinado para um determinado trabalho	Garantia de qualidade do trabalho de manutenção	C	Sistema de Recursos Humanos	
	Dados históricos do imobilizado	Avaliar a performance do ativo e a resposta do ativo ao programa de manutenção	Para verificar a eficácia do programa de manutenção, Avaliação de custos e expectativa de vida	B	SGI/ cópia impressa	
Econômico	Cálculo	Custos de recursos humanos	Orçamentação	Quantificar os custos de manutenção	A	Sistema de contabilidade de gestão
		Custo unitário de peças de reposição	Orçamentação	Quantificar os custos de manutenção		
		Custo da participação de peças	Orçamentação	Para quantificar o custo de manutenção das peças		
		sobressalentes				
		Tempo de espera de peças de reposição	Determinar estoque em depósito e ponto de pedido	Para justificar a quantidade de peças em estoque (principalmente para não reparáveis)		
		Tempo de viragem (para reparáveis)	Determinar o nível de estoque e a programação de manutenção	Para justificar a quantidade de peças em estoque (para reparáveis)		
		Disponibilidade de equipamentos e instalações	Planejamento de manutenção pesada	Para determinar a programação de falta de energia	B	Sistema MRP

Fonte: Os próprios autores (2020).

- ✓ Sistema de Contabilidade de Gestão - a contabilidade de gestão é um software de contabilidade que lida com pagamentos e contas numa empresa;
- ✓ Sistema de Gestão Integrada (SGI) - é uma base de dados que coleta informações sobre uma empresa. A intenção do SGI é aumentar a eficácia dos profissionais de manutenção e ajudar a gestão na tomada de decisões. Diferentes pacotes oferecem uma ampla gama de características e a maioria deles inclui os seguintes:
 - a) Emissão de ordens de serviço;
 - b) Acompanhamento da manutenção preventiva;
 - c) Controle dos inventários de manutenção (peças sobressalentes e consumíveis); e
 - d) Dados do equipamento de gravação, dados históricos da máquina, especificações da máquina, garantia.
- ✓ Sistema de Recursos Humanos - deve manter um registro de todos os níveis de habilidades, salários, listas e históricos do pessoal. Treinamento atualizado e outras habilidades técnicas específicas, os níveis de treinamento individuais podem não ser armazenados;

Os sistemas informatizados receberam nomes genéricos no Quadro 2: MRP (Materiais e Planejamento de Recursos), SGI (Sistema de Gestão Integrada). Os dados são categorizados em relevância de dimensão de decisão nesta pesquisa. Os usos e a importância de cada fonte de dados são discutidos. Na última coluna, é dada uma classificação de prioridades. Esta classificação (A a C) foi definida com base na experiência de um dos autores, que trabalha com gestão de manutenção.

Tsang (2000) categoriza o nível de significância desses dados específicos para este quadro de otimização. Uma fonte de dados com uma classificação C só significa que o nível de significância para a otimização da empresa neste quadro de tomada de decisão proposto, é de menor significância do que aqueles com a classificação A. O

planejamento detalhado de interrupções não é considerado como um fator significativo para a empresa, mas o custo total de uma interrupção é significativo para a empresa.

2.2.3.2 Decisões estratégicas

As decisões estratégicas são decisões em nível do conselho de administração relativas à utilização futura ou aos ativos e despesas em ativos. As decisões estratégicas podem ser de longo ou curto prazo e são tomadas em nível gerencial sênior, normalmente envolvendo o CEO e uma equipe de diretores. Na tomada de decisões estratégicas, é necessário o input das visões da empresa e da demanda dos clientes, bem como o estudo do desempenho histórico da empresa. A estratégia empresarial resultante formula os diferentes requisitos e objetivos que devem ser cumpridos através da implementação das estratégias

2.2.3.3 Dimensões da decisão

Qualquer empresa que se envolva no gerenciamento de ativos físicos precisa considerar várias dimensões críticas de decisão, conforme mostrado no Quadro 2. Nesta pesquisa são utilizadas as seguintes dimensões: Operação, Garantia e Econômica. Estas são baseadas em Tsang et al. (2000), mas também foram desenvolvidas de forma independente após uma ampla consulta. As três dimensões de decisão para a gestão de ativos consideradas neste trabalho são definidas como se segue:

- a) Dimensão da operação - alcançar os objetivos de produção da organização para o ativo;
- b) Dimensão da garantia - cumprimento dos regulamentos, da segurança e dos requisitos de qualidade da empresa; e
- c) Dimensão econômica - permite obter o maior retorno possível sem exceder a dotação monetária das empresas. Uma vez que as dimensões de decisão têm relações diretas ou indiretas entre si, os trade-offs entre estas dimensões devem ser analisados de forma a otimizar o retorno sobre o

investimento das empresas. Esta pesquisa considera que cada dimensão de decisão é constituída por uma família de parâmetros que podem eventualmente ser quantificados em valores monetários.

2.2.3.3.1 Dimensões da operação

A dimensão da operação está relacionada à operação dos imobilizados para criar as saídas necessárias. No contexto da gestão da manutenção, a dimensão "exploração" contribui com várias variáveis e condicionalismos para o problema da manutenção, incluindo a taxa de produção exigida, a taxa de envelhecimento do equipamento e o tempo disponível para a manutenção.

✓ Taxa de saída necessária

O plano de operações é determinado pelo departamento de negócios da sociedade, que se torna um objetivo a ser alcançado pelos administradores de imobilizados ao atingir zero paradas não planejadas. Isso só é possível com a avaliação dos trade-offs entre as metas de operação e os recursos disponíveis para apoiar a restauração do ativo por meio da manutenção de ativos.

✓ Taxa de Envelhecimento

A frequência de operação, a condição operacional e o ambiente, bem como a forma como está sendo operada, são fatores que afetam a taxa de deterioração dos ativos. A deterioração reduz a confiabilidade do sistema e aumenta o risco operacional, o que resultará em custos de penalidades indesejáveis. Como as falhas devido à deterioração podem ser restauradas e algumas podem ser evitadas pela manutenção, a taxa de deterioração será um parâmetro fundamental para determinar o cronograma de manutenção planejada ideal.

2.2.3.3.1.1 Manuais de manutenção

A manutenção destina-se a evitar a ocorrência de falhas e, no caso de ocorrer uma falha, corrigir a respectiva falha.

Muitos equipamentos são fornecidos com manual do fabricante que especifica tarefas de manutenção e cronogramas. A base destas instruções é muitas vezes obscura. O fabricante pode executar o Modo de Falha, Efeito e Análise Crítica (FMEAC) antes que o sistema entre em serviço, e as tarefas são projetadas com base nessa análise. O manual interno (ao contrário dos manuais do fabricante), contém tarefas que são especificadas pelos operadores. Este documento normalmente consiste em dados do fabricante, mas pode incluir experiências acumuladas pelos operadores durante a operação dos sistemas.

Os manuais de manutenção contêm informações sobre as ações a serem executadas no sistema. As informações tais como os intervalos, o tempo necessário, as peças sobressalentes, as instalações e o equipamento, os níveis de qualificação do pessoal, os procedimentos e a organização do trabalho, bem como as referências adequadas, devem ser descritos na íntegra no manual de manutenção.

2.2.3.3.2 Dimensões da garantia

A dimensão da garantia diz respeito ao cumprimento dos regulamentos, à segurança e aos requisitos de qualidade da empresa. A operação deteriora os ativos, e esta deterioração reduz a confiabilidade e aumenta o risco de falha. As consequências associadas a alguns fracassos podem ser catastróficas e o respectivo custo de penalização é da magnitude de milhões de reais e alguns danos não são mensuráveis. Isto é especialmente verdade para indústrias como a aviação civil e as centrais nucleares, onde as falhas durante a operação podem ser fatais. Existem normas rígidas que exigem que os proprietários de ativos tenham procedimentos detalhados de manutenção e análise de risco para garantir que a operação desses ativos seja adequadamente segura.

Confiabilidade e risco são as duas medidas da dimensão da garantia:

- ✓ Confiabilidade - é definida como a probabilidade de que uma unidade esteja funcionando adequadamente para suas funções e especificações projetadas em um determinado momento, t . A falta de confiabilidade é, portanto, a probabilidade de que a unidade seja incapaz de funcionar em um determinado momento;
- ✓ Risco - está relacionado a eventos potencialmente perigosos causados por falhas. Por exemplo: explosões em instalações químicas, acidentes aéreos e ferroviários. As consequências destes incidentes são normalmente catastróficas, incluindo a perda de vidas humanas, danos graves para o ambiente e sanções financeiras graves na ordem dos milhões de dólares. Nesta pesquisa é utilizado o risco quantificável, que é definido como o produto de consequência e frequência. A consequência é quantificada para um valor monetário e a frequência é a probabilidade condicional que tem uma unidade de falha por unidade de tempo. O aumento da probabilidade de falhas e do risco pode ser controlado e reduzido através de uma manutenção adequada.

2.2.3.3.3 Dimensão econômica

Quintella (2016) explica que a dimensão econômica diz respeito à obtenção da maior rentabilidade sem exceder a dotação orçamentária monetária das empresas. A função de manutenção requer recursos de apoio como pessoal de manutenção, instalações, peças de reposição e equipamentos. Todos estes recursos têm um custo e a dimensão econômica está preocupada em saber se o orçamento atribuído é capaz de apoiar estes recursos e de garantir que são plenamente otimizados para obter os melhores resultados.

O orçamento alocado para manutenção do imobilizado é preparado anualmente, normalmente determinado pelo departamento financeiro sem muita consideração com o aspecto de engenharia. Esta quantia será a despesa real máxima admissível que a empresa pode suportar na manutenção.

A ação de manutenção requer pessoal de manutenção, instalações, equipamentos e peças de reposição. Os custos associados a estes recursos são agrupados em duas partes: o custo de manutenção e o custo de recursos.

Os gastos de manutenção são despesas diretas relacionadas com a ação de manutenção que é o HH (homem-hora), as peças sobressalentes, o arrendamento de instalações e equipamento especial (algumas empresas possuem estes recursos).

Os custos dos recursos são o custo das despesas indiretas, tais como o custo de detenção de peças sobressalentes (que pode ser muito significativo para alguns reparáveis), o custo de funcionamento das instalações, a formação do pessoal.

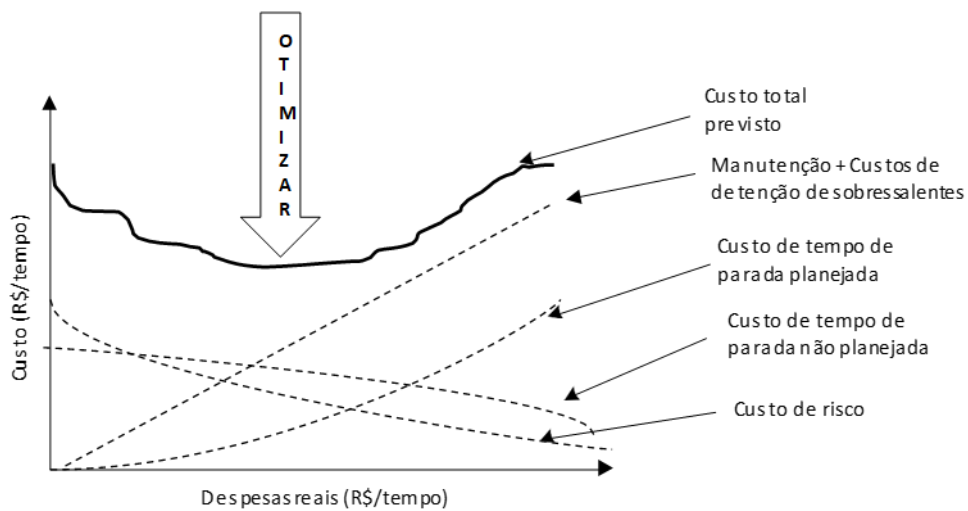
O orçamento, se gasto de forma sensata e adequada, pode reduzir diretamente as perdas potenciais (devido a falhas) que estão sendo categorizadas nesta pesquisa como a dimensão de garantia. O desafio é:

- a) Determinar qual é o orçamento necessário para um desempenho ótimo;
- b) Determinar como gastar um determinado orçamento para alcançar o melhor resultado.

São duas abordagens em que a primeira é quando o objetivo é determinar o orçamento e a segunda é quando um orçamento já está preparado. Na maioria dos casos, a segunda abordagem é mais popular e realista, uma vez que o orçamento é normalmente pré-determinado pelo departamento financeiro.

A questão principal é, então, buscar um equilíbrio ótimo entre todos esses custos, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Equilíbrio ótimo entre custos



Fonte: Os próprios autores (2020).

3 Conclusões

O sucesso do gerenciamento de ativos requer um sistema de TI devidamente desenvolvido e integrado em toda a empresa, que aumente a velocidade e a precisão da otimização da manutenção de ativos, mas que ainda não existe.

A pesquisa alcançou o seu objetivo, pois o quadro de otimização apresentado proporciona uma melhor compreensão da relação inerente entre os custos de manutenção e os retornos do investimento. Os gestores de ativos da empresa ICTSI RIO BRASIL 1, que serviu como base para a pesquisa, conseguiram visualizar de uma forma mais clara e ampla as suas necessidades e falhas para que a manutenção trabalhe da forma correta, ao invés de ter uma visão de “apagar incêndios”. Foi possível aos gestores de ativos enxergar a importância do retorno do ativo investido.

Como método, adotou-se uma revisão sistemática da literatura, baseada no protocolo PRISMA, em quatro fases, envolvendo a identificação de registros nas bases científicas SciELO, Portal de Periódicos CAPES (buscar assunto) e Google Acadêmico, e sua posterior seleção, elegibilidade e inclusão de 15 registros na seção secundária 1.2 Literatura.

A partir da síntese de resultados qualitativos, foi possível responder à questão de pesquisa sobre como o processo de manutenção dos ativos pode ser otimizado para

que se tenha maior retorno possível do investimento, por meio de uma proposta conceitual de um quadro de otimização, considerando os tópicos: estudo do ciclo de vida de um ativo; custos; estruturar dados; procedimentos mais eficientes e; digitalização e acessibilidade.

Uma limitação deste estudo são as bases científicas pesquisadas, que não considerou bases de abrangência mundial como Scopus e Web of Science, mas isso não diminui a importância dos resultados encontrados.

Para pesquisas futuras, sugere-se o desenvolvimento de modelos de otimização para resolução de vários problemas de gestão de ativos e a aplicação do quadro proposto na empresa que serviu como base para pesquisa, por meio de um estudo de caso.

Referências bibliográficas

AL-NAJJAR, B. "Total quality maintenance An approach for continuous reduction in costs of quality products". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2, 4-20, 1996.

AL-NAJJAR, B.; ALSYOUF, I. "Improving effectiveness of manufacturing systems using total quality maintenance". *Integrated Manufacturing Systems*, 11, 267-276, 2000.

ANDER-EGG, E. *Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales*. 7. ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.

ATTENCIA, G. F. "Transformação digital na gestão dos ativos: Análise das tecnologias adotadas e o processo de gestão". *Revista Espacios*, [S.l.], v. 41, n. 17, p. 28, mai. 2020.

BACALHAU, E. "Otimização de Políticas de Manutenção em Redes de Distribuição de Energia Elétrica por Estratégias Híbridas Baseadas em Programação Dinâmica". Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 129. 2015.

BLUHM, B. "Otimização de atividades críticas de parque eólicos: redução de custos através de modelagem de logística, cronograma, manutenção, pavimentação e concretagem". Tese (Mestrado em Engenharia da Mecânica) – Departamento de

Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 94. 2017.

BOOTH, W. C.; COLOMB, G. G.; WILLIAMS, J. M. A arte da pesquisa. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2019.

BRIGAS, J. J. C. “RBIM - Inspeção e Manutenção Baseada no Risco”. Dissertação de Mestrado Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2008.

BROWN, R.; YANUCK, R. Introduction to Life Cycle Costing, The Fairmont Press, INC, 1985.

CENDON, B. V. et al. “Satisfação dos usuários do Portal de Periódicos da Capes: um estudo sobre a obtenção de sucesso no uso do sistema”. *Perspect. ciênc. inf.*, Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 67-100, jun. 2011.

CNEG - Congresso Nacional de Excelência em Gestão (ISSN 1984-9354), 11, Rio de Janeiro. Ferramentas da qualidade auxiliando na otimização dos processos do setor de manutenção: um estudo de caso na indústria automobilística, 2015.

CORAZZA, C. “Otimização de processos produção em uma empresa de manutenção predial com base na produção mais limpa”. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Passo Fundo, p. 171. 2019.

CORRÊA, R. “Otimização de periodicidade nos planos de manutenção preventiva: uma modelagem matemática”. Tese (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 203, 2015.

COUTINHO, R. “Otimização de Recursos com a aplicação de técnicas de manutenção preditiva”. Programa de especialização em gerência de manutenção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p. 53, 2017.

CRESWELL, J. C. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FIGUEIREDO, A. “Otimização do planejamento num sistema de controlo de gestão da atividade de manutenção”. Tese (Mestrado em Controlo de Gestão) – Instituto Superior

de Contabilidade e Administração de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra. Coimbra, p. 77, 2015.

FILHO, E. et al. “Otimização da performance da linha de produção mediante a implantação da Manutenção Produtiva Total”. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, Curitiba, v. 5. n. 7. p. 03-18, 2017.

FILHO, U.; SANTOS, C. “Proposta de otimização do planejamento de manutenção corretiva em uma indústria farmacêutica: pesquisa-ação junto à linha de envase”. Tese (Graduação em Engenharia Mecânica) – FAE, Centro Universitário. Curitiba, p. 23, 2018.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. Quarta edição. Editora Atlas, 2002.

GUEDES, C. “A Aplicação da engenharia de confiabilidade para para otimização da manutenção e redução de falhas de um sistema de bombeamento de água”. Tese (Especialidade em Engenharia da Confiabilidade) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p. 75, 2017.

IAM - INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT. Asset Management – an Anatomy, 2011.

JARDINE, A. K. S.; TSANG, A. H. C. Maintenance, Replacement, and Reliability Theory and Application, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006.

KARDEC, A. et al. Gestão de Ativos. Editora Qualitymark, 2014.

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção – Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

LOPES, M. “Otimização da rede de transportes interna da TAP manutenção e engenharia”. Tese (Mestrado em Gestão de Serviços e Tecnologia) – Universidade de Lisboa. Lisboa, p. 82, 2017.

LUCIANO, E. et al. “Visitantes otimização da manutenção produtiva total (TPM) no setor administrativo de uma empresa de manutenção elétrica”. South American Development Society Journal, [S.l.], v. 6, n. 17, p. 21, ago. 2020.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J., ALTMAN, D. G., & THE PRISMA GROUP. "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement". PLoS Med, 6(7), 2009.

QUINTELLA, L. "Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM) na otimização do programa de manutenção de centrais termonucleares". Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Gestão e Otimização) Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, p. 157, 2016.

RIBEIRO, J. "Desenvolvimento de estratégia de Manutenção Preditiva e otimização do Armazém de Peças". Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, p. 74, 2015.

RIBEIRO, L. Otimização de Planos de Manutenção para Equipamentos Mecânicos. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, p. 134, 2017.

ROBSON, C. Real World Research: a resource for users of social research methods in applied settings. 3rd Ed. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2011.

SANTOS, F. "Metodologia para Otimização da Manutenção". Tese (Mestrado em Engenharia de Manutenção) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. São Paulo, p. 93, 2015.

SHERWIN, D. "The case for more comprehensive data collection and how it might be achieved: part 2". Maintenance and Asset Management, 20, 34-40, 2005.

SHERWIN, D. "The Case For More Comprehensive Data Collection And How It Might be Achieved". Maintenance Journal, 17, 43-54, 2004.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p. Disponível em: https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf. Acesso em: 17/01/2021.

TLP - THE LANDMARK PROJECT. Citation Machine. [S.l.], 2014.

TSANG, A. H. C. et al. Reliability Centred Maintenance: A Key to Maintenance Excellence, Hong Kong, City University of Hong Kong, 2000.

VIANA, H. R. G. PCP: planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.