

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ana Carolina Gandini Panegossi

**GESTÃO DE ATIVOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE
MÉDIO PORTE DO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Prof. Dra. Ethel Cristina Chiari da Silva
Orientadora

Araraquara, SP – Brasil
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

P218g Panegossi, Ana Carolina Gandini

Gestão de ativos: estudo de caso em uma empresa de médio porte do interior do estado de São Paulo/Ana Carolina Gandini Panegossi. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2020.
190f.

Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Engenharia de Produção – Universidade de Araraquara - UNIARA

Orientador: Profa. Dra. Ethel Cristina Chiari da Silva

1. Gestão de ativos. 2. ISSO 55001:2014. 3. ISO 5502:2018. 4. ISO 55010:2019. 5. NBR ISO 55002:2020. 6. Substituição de equipamentos.
I. Título.

CDU 62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PANEGOSSI, A. C. G. **Gestão de ativos: estudo de caso em uma empresa de médio porte do interior do estado de São Paulo.** 2020. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade de Araraquara, Araraquara-SP.

ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: ANA CAROLINA GANDINI PANEGOSSI

TÍTULO DO TRABALHO: GESTÃO DE ATIVOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MÉDIO PORTE DO INTERIOR DE SÃO PAULO.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação /2020

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede a Universidade de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



Ana Carolina Gandini Panegossi

Universidade de Araraquara – UNIARA

Rua Carlos Gomes, 1217, Centro. CEP: 14801–340, Araraquara-SP

Email (do autor): carolinagandini@uol.com.br



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara – UNIARA – para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

NOME DO AUTOR: ANA CAROLINA GANDINI PANEGOSSO

TÍTULO DO TRABALHO:

"GESTÃO DE ATIVOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE MÉDIO PORTE NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO".

Assinatura do(a) Examinador(a)

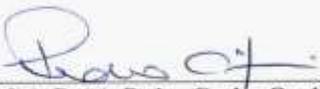
Conceito


Prof(a). Dr(a). Ethel Cristina Chiari da Silva (orientador(a))
Universidade de Araraquara - UNIARA

(X) Aprovado () Reprovado


Prof(a). Dr(a). Claudio Luis Piratelli
Universidade de Araraquara - UNIARA

(X) Aprovado () Reprovado


Prof(a). Dr(a). Pedro Carlos Oprime
Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

(X) Aprovado () Reprovado

Versão definitiva revisada pelo(a) orientador(a) em: 11/11/2020


Prof(a). Dr(a). Ethel Cristina Chiari da Silva (orientador(a))

A minha mãe, luz que não (me) apaga.

Aos meus sobrinhos.

À Ethel, por sempre acreditar em mim, permitindo assim, que eu também sempre acreditasse.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do mestrado, pelo privilégio.

À Luciana, secretária do programa e o melhor ativo da Universidade.

Ao Professor Fernando Hagihara Borges (*in memoriam*), pela orientação no início desse trabalho.

Ao Igor Gimenes Cesca, por toda ajuda.

Ao Jarbas Cesar de Mattos, consultor da empresa estudada, que contribuiu com a sua experiência em sistemas de gestão.

Aos profissionais da empresa estudada.

A todos os profissionais que prontamente responderam minhas dúvidas.

Aos profissionais e aos colegas dos cursos de Gestão de Ativos.

A todas as pessoas que contribuíram com a construção dessa pesquisa.

Aos meus colegas do programa, que sinto muita admiração e sentirei muita saudade.

À Ethel, minha orientadora; ao Dr. Claudio Luís Piratelli e ao Dr. Pedro Carlos Oprime, membros da Banca Examinadora. Aos três, pelas contribuições. Aos três, pela honra de ter meu trabalho avaliado por três engenheiros de produção, três veteranos e três professores.

“Põe quanto és no mínimo que fazes.”

Ricardo Reis

RESUMO

A substituição de equipamentos é uma decisão importante que todas as empresas de manufatura devem enfrentar, devido aos custos crescentes de operação e manutenção ou aos avanços tecnológicos de novos ativos. Ao mesmo tempo, a substituição de equipamentos está entre as decisões financeiras mais relevantes, porque a compra de novos ativos geralmente é uma ação irreversível, envolve custos elevados e compromete o capital da empresa. Embora existam métodos de análise que indicam se e quando um equipamento deve ser descartado ou substituído, são necessários dados do desempenho e dos custos dos equipamentos existentes. A empresa do estudo de caso possui equipamentos produtivos a serem substituídos, mas seus dados eram insuficientes e incompletos à devida aplicação dos métodos de análise. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi desenvolver uma política de gestão de ativos, com ênfase na substituição dos ativos críticos, integrada ao sistema de gestão, baseada na norma ISO 55001:2014, com as diretrizes da NBR ISO 55002:2020 e alinhamento financeiro da ISO 55010:2019. Para isso, foram realizadas uma pesquisa bibliográfica e um estudo de caso em uma empresa de médio porte do setor metal mecânico, localizada no interior de São Paulo. Como resultado, esse trabalho traz uma política de gestão de ativos, um plano estratégico de gestão de ativos e um sistema de gestão integrado, que devem orientar e garantir que os ativos críticos tenham o desempenho assegurado, para entregarem valor à organização, até a total substituição. O desenvolvimento deste estudo forneceu à empresa uma estrutura de suporte às tomadas de decisão de substituição de seus equipamentos e possibilitou aos gestores perceberem como a disponibilidade de dados de qualidade e a inserção de ferramentas organizacionais podem tornar o processo de decisão mais seguro e profissional.

Palavras-chave: Gestão de ativos. ISO 55001:2014. ISO 55002:2018. ISO 55010:2019. NBR ISO 55002:2020. Substituição de equipamentos.

ABSTRACT

Equipment replacement is an important decision that all manufacturing companies must face, motivated by rising operating and maintenance costs or the technological advances of new assets. At the same time, equipment replacement is among the most relevant financial decisions, because the purchase of new equipment usually is an irreversible action, involving high costs and compromising the company's capital. Although there are methods that indicate if and when equipment should be discarded or replaced, performance and costs data of existing equipment are required. The studied company has productive equipment to be replaced, but its data was insufficient and incomplete for the due application of the analysis methods. So, the purpose of this study was to develop an asset management policy, with an emphasis on critical assets replacement, integrated to the management system, based on specifications of ISO 55001:2014, with the guidelines of NBR ISO 55002:2020 and financial alignment of ISO 55010:2019. Therefore, bibliographic research and a case study have been carried out in a metal mechanic medium-sized company, located in the interior of São Paulo. As a result, this work brings an integrated management system, a strategic asset management plan, and an asset management policy, which should guide and ensure that the critical assets have the performance assured, to deliver value to the company, until its replacement. The development of this study provided a support framework for asset replacement decision-making and also enabled managers to understand how the availability of quality data and the insertion of organizational tools can make the decision process safer and more professional.

Key-words: *Asset management. ISO 55001:2014. ISO 55002:2018. ISO 55010:2019. NBR ISO 55002:2020. Equipment replacement.*

Lista de Figuras

Figura 1 – Ativos militares - cidade de Ur 2600 a.c.....	25
Figura 2 – Eventos na GA da década de 70 até os dias atuais. (GFMAM revisa)	28
Figura 3 – Principais assuntos em GA segundo o Asset Management Landscape.	30
Figura 4 – Certificações por país/região.....	32
Figura 5 – Certificações por setor.	32
Figura 6 – Relações entre os termos-chave de GA.....	34
Figura 7 – Elementos de planejamento e implementação de um SGA.	35
Figura 8 – Alinhamento entre as necessidades das partes interessadas e os requisitos do SGA.	37
Figura 9 – Fluxograma do processo de planejamento.	39
Figura 10 – Objetivos organizacionais relacionados a áreas-chaves da capacidade.....	40
Figura 11 – Representação das cláusulas da ISO 55001:2014 no ciclo PDCA.....	41
Figura 12 – Insumos para as decisões em gestão de ativos.	42
Figura 13 – Relação entre os principais elementos de um sistema de gestão de ativos.	45
Figura 14 – Requisitos das Partes Interessadas.	49
Figura 15 – Proposta de Valor para as Principais Partes Interessadas.	50
Figura 16 – Diagrama do conceito SAMP.....	53
Figura 17 – Organização da gestão econômica de ativos em uma empresa.	59
Figura 18 – Matriz FOFA com o foco estratégico e análise de risco. Melhorar figura.....	62
Figura 19 – Matriz de avaliação de risco.....	65
Figura 20 – Processo de Avaliação de Risco para elaboração dos Planos de Gestão de Ativos.	66
Figura 21 – Exemplo do processo para levantamento de planos de emergência e contingência.	66
Figura 22 – Ações relativas ao grau de risco.....	67
Figura 23 – Exemplo do processo para levantamento de planos de gestão operacionais.	68
Figura 24 – Exemplo de objetivos da GA.	72
Figura 25 – Informação sobre ativos na tomada de decisões.	85
Figura 26 – Estrutura de tomada de decisões para gestão de ativos.....	87
Figura 27 – Relacionamento das referências da ABNT NBR ISO 55000 e ABNT NBR ISO 55001.	88

Figura 28 – Análise quantificada desempenho, custo e risco.....	89
Figura 29 – Estrutura de custos no ciclo de vida de ativos/equipamentos.	96
Figura 30 – Integração das dimensões do ciclo de vida com o ciclo econômico.	97
Figura 31 – Gráfico custos versus nível de manutenção.	99
Figura 32 – Gráfico lucro versus disponibilidade.	100
Figura 33 – Relação entre as atividades de ciclo de vida, desempenho dos ativos e os elementos RAMS.....	104
Figura 34 – Atividades relacionadas aos Planos de Gestão de Ativos.	105
Figura 35 – Manutenção e desvalorização de ativos.	107
Figura 36 – Fatores de substituição de ativos em operação.	109
Figura 37 – Representação da vida útil econômica.	119
Figura 38 – Levantamento dos custos operacionais e manutenção por ano de trabalho.	120
Figura 39 – Apresentação dos valores utilizados no cálculo do CAUE.....	120
Figura 40 – Apresentação dos valores do CAUE.....	120
Figura 41 – Análise pelo método CAUE do BU.	122
Figura 42 – Análise pelo método CAUE do BS.....	122
Figura 43 – Etapas necessárias à condução de um estudo de caso.....	128
Figura 44 – Condução do estudo de caso.	130
Figura 45 – Resultado da pesquisa bibliográfica.....	136
Figura 46 – Análise de publicações com o descritor “asset management”.	137
Figura 47 – Análise de publicações com o descritor “equipment replacement”.	137
Figura 48 – Procedimento iterativo da fase de processamento, RBS Roadmap.....	138
Figura 49 – Condução do estudo de caso.	139
Figura 50 – Objetivos organizacionais e seus processos associados inicial.....	142
Figura 51 – Macro Processo Inicial.....	143
Figura 52 – Diagrama Estratégico Inicial.....	144
Figura 53 – Objetivos organizacionais, seus processos associados e estratégias atual.	145
Figura 54 – Diagrama estratégico atual.....	146
Figura 55 – SWOT Fatores Internos.	150
Figura 56 – SWOT Fatores Externos.	151
Figura 57 – Relação dos ativos críticos.....	153
Figura 58 – Painel de bordo: metas da Política de GA.....	157
Figura 59 – Critérios para avaliação da probabilidade.....	158

Figura 60 – Classificação risco (P X S).....	159
Figura 61 – Análise do Contexto.....	160
Figura 62 – Avaliação de riscos dos requisitos das partes interessadas.	161
Figura 63 – Orientações para oportunidades.	162
Figura 64 – Orientações para oportunidades.	162
Figura 65 – Mapa estratégico atual.	167
Figura 66 – Painel de bordo com indicadores organizacionais e gerenciais.	172
Figura 67 – Painel de bordo com indicadores do ativo.	173
Figura 68 – Matriz de risco do ativo.....	174

Lista de Quadros

Quadro 1 – Requisito 4 da norma ISO 55001 – Contexto da Organização.....	46
Quadro 2 – Análise SWOT.....	47
Quadro 3 – Lista hierárquica das partes interessadas e seus requisitos.....	48
Quadro 4 – Exemplos de expectativas e necessidades das partes interessadas.....	49
Quadro 5 – Lista de identificação dos ativos físicos incluídos no SGA.....	52
Quadro 6 – Matriz BSC.....	54
Quadro 7 – Requisito 5 da norma ISO 55001 – Liderança.....	56
Quadro 8 – Autoridades, responsabilidades e papéis relevantes para a GA.....	60
Quadro 9 – Requisito 6 da norma ISO 55001 – Planejamento.....	61
Quadro 10 – Frequência das categorias.....	64
Quadro 11 – Classificação das consequências de acordo com sua gravidade.....	64
Quadro 12 – Severidade das consequências.....	65
Quadro 13 – Gestão de riscos e oportunidades.....	69
Quadro 14 – Definição de objetivos em função do tipo de ativos.....	71
Quadro 15 – Planejamento para alcançar os objetivos da GA.....	73
Quadro 16 – Plano para a gestão do ciclo de vida dos ativos.....	74
Quadro 17 – Alinhamento da atividade da GA com o desempenho organizacional.....	76
Quadro 18 – KPIs em GA obtidos na literatura e classificados usando as perspectivas do BSC.	77
Quadro 19 – Objetivos e medidas de desempenho.....	78
Quadro 20 – Requisito 7 da norma ISO 55001 – Apoio.....	83
Quadro 21 – Soluções potenciais para agregar valor.....	94
Quadro 22 – Resumo dos custos por categoria.....	95
Quadro 23 – Exemplos de indicadores de desempenho e de custos.....	101
Quadro 24 – Planos de Gestão de Ativos.....	105
Quadro 25 – Características dos métodos de avaliação econômica.....	116
Quadro 26 – Modelos de substituição de equipamentos.....	125
Quadro 27 – Necessidade e expectativas das partes interessadas relevantes à GA.....	152
Quadro 28 – Critérios para avaliar a severidade do evento.....	159
Quadro 29 – Objetivos e Indicadores da GA.....	165

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Exemplo de baixa sem reposição.....	118
Tabela 2 – Apresentação dos valores utilizados e o cálculo do CAUE.....	121
Tabela 3 – Informações do carro comprado e um carro novo.	123
Tabela 4 – Cálculo do custo anua de investimento.	123
Tabela 5 – Cálculo da inferioridade de serviço.	124
Tabela 6 – Determinação da vida econômica.	124
Tabela 7 – Relação valores gastos com despesas de manutenção e faturamento.....	133

Lista de Abreviaturas e Siglas

A.A. – Ao Ano.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos.

AE – Anuidade Equivalente.

ALARP – *A Low As Reasonably Practicable*.

ASTM – *American Society for Testing and Materials*.

BCR – *Benefit/Cost Ratio*.

B/C – Benefício/Custo.

BI – *Business Intelligence*.

BS – Bem Substituto.

BSC – *Balanced ScoreCard*.

BSI – *British Standard Institute*.

BU – Bem em Uso.

CAE – Custo Anual Equivalente.

CAMA – *Certified Asset Management Assessor/Auditor*.

CAPEX – *Capital Expenditure*.

CAUE – Custo Anual Uniforme Equivalente.

CEE – Comissão de Estudo Especial.

CFOP – Código Fiscal de Operação e Prestação.

CMF – Custo de Manutenção pelo Faturamento.

CMVR – Custo de Manutenção por Valor de Reposição.

CNC – Comando Numérico Computadorizado.

CFR – *Code of Federal Regulations*.

CU – Centro de Usinagem.

DEA – *Data Envelopment Analysis*.

EPA – *(US) Environmental Protection Agency's*.

ERP – *Enterprise Resource Planning*.

EVA – *Economic Value Added*.

FCD – Fluxo de Caixa Descontado.

FCI – Fluxo de Caixa Incremental.

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*.

FMECA – *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*.

FOFA – Forças, Oportunidades, Fraquezas, Ameaças.

GA – Gestão de Ativos.

GFMAM – *Global Forum on Maintenance and Asset Management.*

HMC – Horas em Manutenção Corretiva.

HO – Horas em Operação.

IAM – *Institute of Asset Management.*

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

ICS – *Industrial Control Systems.*

ID – Identidade (ativo).

Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

IoT – *Internet of Things.*

ISO – *International Organization for Standardization.*

ISO/TS – *International Organization for Standardization / Technical Specification.*

KPI – *Key Performance Indicator.*

LCC – *Life Cycle Costs.*

MC – (Custos) Manutenção Corretiva.

MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade.

MTBF – *Mean Time Between Failures.*

MTTR – *Mean Time to Repair.*

NBR – Normas Brasileiras.

NF – Nota Fiscal.

NOPAT – *Net Operating Profit After Taxes.*

OC – Ordem de Compra.

OEE – *Overall Equipment Effectiveness.*

OPEX – *Operational Expenditure.*

OS – Ordem de serviço.

OSHA – *Occupational Safety and Health Administration.*

PAS – *Public Available Specification.*

PBP – *Pay Back Period.*

PCP – Planejamento e Controle de Produção.

PDCA – *Plan, do, Check, Action.*

PESTAL – (Análises) Políticas, Econômicas, Sociais, Tecnológicas, Legais, Ambientais.

PGA – Planos de Gestão de Ativos.

PME – Pequenas e médias empresas

PSE – Problema de Substituição de Equipamentos.

RAMS – *Reliability, Availability, Maintainability, Supportability.*

RBI – *Risk Based Inspection.*

ROI – *Return On Investment.*

SAMP – *Strategic Asset Management Plan.*

SGA – Sistema de Gestão de Ativos.

SGI – Sistema de Gestão Integrada.

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade.

SIMPLE – *Sustainable Infrastructure Management Program Learning Environment.*

SMART – *Specific, Measurable, Attainable, Realistic, Time bound.*

SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats.*

TCO – *Total Cost of Ownership.*

TI – Tecnologia da Informação.

TIR – Taxa Interna de Retorno.

TMA – Taxa Mínima de Atratividade.

TMC – (Custos) Totais de Manutenção Corretiva

TMEF - Tempo Médio Entre Falhas.

TMPF – Tempo Médio Para Falha.

TMR – Tempo Médio de Reparo.

TOTEX – *Total Expenditure.*

TPM – *Total Productive Maintenance.*

TQM – *Total Quality Maintenance.*

VAUE – Valor Anual Uniforme Equivalente.

VP – Valor Presente.

VPL – Valor Presente Líquido.

VUE – Vida Útil Econômica.

VUF – Vida Útil Física.

WERF – *Water Environment Research Foundation.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 Questão da pesquisa.....	21
1.2 Objetivos.....	21
1.2.1 Objetivos específicos.....	22
1.3 Justificativa.....	22
1.4 Aspectos metodológicos.....	23
1.5 Estrutura do texto.....	24
2 GESTÃO DE ATIVOS.....	25
2.1 Estado da arte.....	25
2.2 Como implementar os requisitos da ISO 55001:2014.....	44
2.2.1 Contexto da organização.....	46
2.2.2 Liderança.....	55
2.2.3 Planejamento.....	61
2.2.4 Informações.....	80
3 DECISÕES DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS.....	85
3.1 Estágios da informação.....	85
3.2 Tomada de decisão em gestão de ativos.....	86
3.3 Custo de ciclo de vida.....	93
3.3.1 Manutenção.....	99
3.3.2 Substituição.....	106
4 MÉTODO DA PESQUISA.....	127
4.1 Classificação metodológica da pesquisa.....	127
4.2 Definição da estrutura conceitual-teórica.....	130
4.2.1 Pesquisa preliminar: o início.....	131
4.2.2 Pesquisa nas bases de dados.....	135
5 CONSTRUÇÃO DA GESTÃO DE ATIVOS – REQUISITOS ISO 55001.....	140
5.1 Coleta de análise de dados.....	140
5.2 Requisitos da norma ISO 55001:2014.....	141
5.2.1 Contexto da organização.....	141
5.2.2 Liderança.....	155
5.2.3 Planejamento.....	158
5.2.4 Informações.....	168
6 RESULTADOS.....	175
7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	178
REFERÊNCIAS.....	180

1 INTRODUÇÃO

O investimento de capital está entre as tomadas de decisões empresariais (ASSAF NETO, 1992) e as decisões de investimentos envolvem a elaboração, avaliação e seleção de propostas com o objetivo de produzir retorno, a médio e longo prazos, aos proprietários de ativos (ASSAF NETO, 2003). Para o Global Fórum de Manutenção e Gestão de Ativos (*Global Forum on Maintenance and Asset Management - GFMAM*), a tomada de decisão sobre investimentos de capital são os processos e decisões para avaliar e analisar cenários para decisões relacionadas a novos ativos ou substituição de ativos no final da vida útil (GFMAM, 2014).

A decisão de investir em ativos reais – como a aquisição de máquinas, está entre as mais importantes decisões econômicas (FONSECA, 2003), e críticas, pois impacta o futuro da empresa e geralmente são decisões irreversíveis, isto é, não têm liquidez e comprometem o capital da empresa (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017). Considera-se uma decisão de investimento adequada quando a compra vale mais do que seu custo e se o encargo da dívida pode ser suportado com segurança (FONSECA, 2003).

A substituição de equipamentos produtivos também está entre as decisões estratégicas e entre as resoluções obrigatórias ao longo da vida das indústrias (NAIR; HOPP, 1992; ABENSUR, 2015). A compra de um novo equipamento envolve, geralmente, um custo significativo, e há consequências tanto na substituição prematura de ativos quanto na tardia. Antecipadamente, na recuperação do capital investido, e tardiamente, com os altos custos operacionais e de manutenção, além da depreciação do ativo (VALVERDE; RESENDE, 1997; ABENSUR, 2015). A substituição de equipamentos no momento oportuno é uma importante decisão, pois em longo prazo, uma política de substituição errada pode levar uma empresa à falência (WARSCHAUER, 2010).

Quando um equipamento está em uso, há ocasiões que cabem a análise de uma eventual substituição, sendo elas: (i) custo exagerado da operação e da manutenção devido ao desgaste físico; (ii) inadequação para atender a demanda atual; (iii) obsolescência em comparação aos equipamentos tecnologicamente melhores e que produzem com mais qualidade; (iv) possibilidade de locação de equipamentos similares; (v) vantagens exógenas, como crédito facilitado e baixa taxa de juros de empréstimos, subsídios para compra, isenção de impostos, entre outros (MOTTA; CALÔBA, 2002; CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017; HIRSCHFELD, 2018).

Para Zampolli et al. (2019), a especificação para a aquisição de um equipamento deve ser balizada pelos pilares fundamentais da gestão de ativos: desempenho, custo e risco. Além do custo inicial, os aspectos que precisam ser considerados são: (i) condições de regime normal de trabalho do equipamento; (ii) custos no ciclo de vida; (iii) riscos associados à falha; (iv) eficiência energética; (v) capacidade de sobrecarga em situações adversas.

A obsolescência tecnológica tem sido a principal motivação das decisões de substituição, como resultado de ciclos de vida de produtos cada vez menores. Essa dinâmica tecnológica mais rápida é típica de microcomputadores, máquinas computadorizadas numericamente controladas, e outras tecnologias eletrônicas (ABENSUR, 2015). Em relação às indústrias, a inovação tecnológica está atrelada à necessidade de modernização dos processos produtivos, na busca pela melhoria da produtividade, qualidade e menores custos de produção (ASSIS et al., 2016).

Avanços na tecnologia podem ser oportunidades para atingir, de maneira mais efetiva, a estratégia da gestão de ativos, como realizar os mesmos objetivos a menores custos, sem comprometer a sustentabilidade ou níveis de exposição de riscos (ABRAMAN, 2011). As novas tecnologias reduzem níveis de estoque, diminuem os refugos, os retrabalhos e simplificam a programação da produção. Melhorias em tecnologia são medidas em termos de aumento da receita, permitindo que a empresa se mantenha ou melhore sua posição no mercado (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017).

A indústria estudada neste trabalho é do setor metal mecânico, de gestão familiar e de médio porte e o que iniciou esse trabalho foi a necessidade de uma avaliação que auxiliasse a empresa sobre a substituição de seus tornos e centros de usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado), pois alguns frequentemente falham, gerando indisponibilidade dos equipamentos e gargalos no processo produtivo. A empresa relata que, além dos custos operacionais e de manutenção corretiva não planejada, a obsolescência das máquinas e a frequência das falhas são fatores críticos para sua capacidade de se manter competitiva. Visando aumentar a produtividade, simplificar as tarefas, melhorar a qualidade dos serviços e produtos, ter flexibilidade necessária à fabricação de grandes lotes e lotes de peças cada vez menores e mais diversificados, a empresa decidiu iniciar a troca de seus ativos, pois as novas máquinas CNC, além de mais seguras aos operadores, produzem de forma completa e com mais qualidade.

Assim, esse trabalho surgiu com a intenção da indústria em substituir, inicialmente, quatro de seus tornos, já que ela não tinha fluxo de caixa livre para os investimentos e precisava

tomar crédito para financiar a aquisição de novos ativos, isto é, endividar-se. O estudo poderia dar à empresa uma resposta se a troca de seus equipamentos seria viável. No entanto, quando iniciado o estudo na empresa, através do levantamento de dados da Manutenção interna e externa, Planejamento e Controle da Produção (PCP), Financeiro, Contabilidade, Compras, entre outros, constatou-se que os dados eram insuficientes e/ou incompletos para a correta aplicação de métodos de substituição, o que tornaria a análise duvidosa e, portanto, também esse trabalho.

Notou-se, então, que o problema da empresa não era só relacionado à falta de dados confiáveis e informações necessárias à realização de um estudo técnico de substituição de seus tornos, mas também à falta de uma clara política da gestão de suas máquinas. Desta maneira, foi proposta à empresa a construção de uma política de gestão de ativos para, também, dar suporte à decisão do problema da substituição dos seus equipamentos produtivos.

Uma política é uma declaração dos objetivos ou princípios gerais adotados por uma organização, que orientam o processo de tomada de decisão (HASTINGS, 2015). Para a NBR ISO 55002:2014, a política de gestão de ativos é uma declaração breve que estabelece os princípios pelos quais a organização pretende aplicar a gestão de ativos para alcançar os seus objetivos organizacionais, que estabeleça os compromissos e as expectativas para as decisões, atividades e comportamentos relativos à gestão de ativos (ABNT, 2014a).

Os requisitos da norma ISO 55001:2014 proporcionam um enquadramento para, além do estabelecimento da política, a governança e os processos de gestão de ativos que permitem à organização ir ao encontro dos seus objetivos estratégicos (ISO, 2017).

Segundo a NBR ISO 55000:2014, a gestão de ativos traduz o conjunto dos objetivos das organizações em decisões, planos e atividades relacionadas aos ativos, utilizando uma abordagem baseada em riscos, oportunidades e desempenhos para obter valor a partir desses ativos, durante as diferentes fases do seu ciclo de vida (ABNT, 2014a).

Às empresas, cujo negócio está fundamentado na operação dos seus equipamentos, as normas e especificações de gestão de ativos trazem uma inovação quanto ao ciclo de vida do ativo, não apenas limitada ao período entre aquisição e descarte, mas compreendida desde o momento em que se verifica a necessidade de elaborar uma especificação para um novo ativo até o fim de seu uso (ZAMPOLLI et al., 2019).

Segundo a PAS 55, do inglês *Public Available Specification*, que é uma especificação de gestão otimizada de ativos físicos, na implementação dos planos de gestão, a organização deve estabelecer, implementar e manter processos e/ou procedimentos para gerir e controlar todas as

atividades do ciclo de vida, incluindo: (i) criação, aquisição ou aumento dos ativos; (ii) utilização, (iii) manutenção e (iv) desativação, descarte e/ou substituição dos ativos (ABRAMAN, 2011).

A publicação mais recente da ABNT, a NBR ISO 55002:2020, fornece novas diretrizes para a implementação da NBR ISO 55001:2014 e a ISO 55010:2019, que está em processo de adoção pela ABNT, traz diretrizes para o alinhamento entre funções financeiras e não financeiras na gestão de ativos.

Segundo a PAS 55:2008, os ativos podem ser: planta, maquinário, propriedade, prédios, veículos e outros itens que possuem um valor distinto à organização (ABRAMAN, 2011). Entretanto, neste estudo, os ativos são exclusivamente o maquinário, e entre todas as máquinas, foram eleitas as que apresentam maior criticidade: as que mais falham, causando gargalos na produção, e as que mais geram despesas de manutenção corretiva, isto é, os ativos sujeitos à análise de substituição. Esses ativos oferecem riscos à empresa na consecução das suas metas organizacionais e, por isso, serão substituídos.

Sendo assim, esse trabalho se propõe, através dos requisitos da NBR ISO 55001:2014, com as diretrizes da NBR ISO 55002:2020 e da ISO 55010:2019, construir uma política de gestão de ativos para decisões de substituição.

1.1 Questão da pesquisa

Considerando o contexto apresentado, este trabalho procura responder as seguintes questões:

- ✓ Como implementar uma gestão de ativos, através dos requisitos da norma NBR ISO 55001:2014, das orientações da NBR ISO 55002:2020 e do alinhamento entre as funções técnicas e financeiras fornecido pela ISO 55010:2019?
- ✓ Como construir uma política de gestão de ativos voltada à substituição de equipamentos?

1.2 Objetivos

O objetivo geral dessa pesquisa foi construir uma gestão de ativos em uma empresa de médio porte do setor metal mecânico, localizada no interior de São Paulo, tendo como base os requisitos da NBR ISO 55001:2014 e diretrizes da NBR ISO 55002:2020 e da ISO 55010:2019.

1.2.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Definir uma política de gestão de ativos integrada ao planejamento estratégico organizacional e consistente com as outras políticas pertinentes da organização, orientada à substituição de equipamentos;
- Alinhar os objetivos estratégicos, gerenciais e operacionais da gestão de ativos ao sistema de gestão existente na empresa e construir um sistema de gestão integrado;
- Mostrar como implementar os requisitos 4, 5 e 6 da norma ISO 55001:2014;
- Mostrar a importância da informação e da gestão da informação à gestão de ativos.

1.3 Justificativa

A substituição de equipamentos é uma decisão importante que quase todas as entidades devem enfrentar, geralmente motivadas pelo aumento dos custos operacionais e de manutenção dos ativos circulantes ou pelos avanços tecnológicos dos ativos disponíveis no mercado (HARTMAN; TAN, 2014). De acordo com as avaliações econômicas realizadas, várias substituições podem ocorrer ao longo do horizonte de planejamento, contudo, a natureza do bem de capital analisado, o orçamento disponível e a política de substituição adotada determinam ou limitam as possibilidades de reposição (ABENSUR, 2010).

Tomadas de decisões apropriadas são essenciais na gestão de ativos, e isso exige informação adequada sobre os ativos, suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças relacionadas. (ABRAMAN, 2011). A tomada de decisão para a substituição de ativos deve ser baseada em informações precisas sobre suas condições, por meio de análises e diagnósticos, garantindo o melhor retorno do capital investido, a melhor performance operacional e o menor risco para a organização (ZAMPOLLI et al., 2019).

A qualidade dos dados é crítica para as operações de negócios e deve ser garantida para que a análise seja confiável. Dados defeituosos podem criar efeitos em cadeia que afetam muitas atividades e negócios. Como os dados também são um ativo de uma organização, o valor da qualidade dos dados deve ser enfatizado nas diferentes hierarquias. (ZHANG e XIANG, 2015).

Padrões como o PAS 55 e ISO 55001 prescrevem o que precisa estar em vigor na gestão de ativos, não como esses requisitos devem ser cumpridos (WIJNIA; CROON, 2015). A ISO 55001 identifica o importante papel dos requisitos de informação no suporte ao gerenciamento de ativos, e a ISO 55002 incluiu orientações sobre o escopo das atividades necessárias para determinar esses requisitos. Nenhum dos padrões, no entanto, fornece uma explicação

detalhada dos aspectos técnicos para obter dados de qualidade para atender aos requisitos de informação (KING; CROWLEY-SWEET, 2014).

Desta maneira, o tema da pesquisa justifica-se uma vez que, uma política de gestão de ativos pode oferecer à empresa suporte sobre os requisitos das informações necessárias para as decisões de substituição de seus equipamentos produtivos. Como se trata de uma empresa de gestão familiar, espera-se também que essa pesquisa possa dar suporte a outras empresas com o mesmo perfil.

1.4 Aspectos metodológicos

Este trabalho pode ser considerado um estudo de caso, pois é um estudo profundo de um tema, permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento; de natureza aplicada, pois o objetivo foi gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos; de objetivo exploratório, pois teve como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto investigado; de temporalidade transversal, devido ao curto tempo desta pesquisa; e de abordagem qualitativa, pois teve como finalidade analisar como é e como ficou o processo de substituição de equipamentos, da empresa estudada.

Os procedimentos de coleta foram: a análise documental, levantamento do banco de dados da empresa, levantamento de dados juntos às empresas que prestam serviço e venda de peças de manutenção, contabilidade externa, prestadores de serviço do ERP (*Enterprise Resource Planning* ou Sistema Integrado de Gestão Empresarial), entrevistas, reuniões, seminários com gestores e colaboradores e solicitação de informações a pesquisadores e profissionais de gestão de ativos.

Para a elaboração desse estudo realizou-se pesquisas em livros, dissertações, artigos científicos disponíveis em periódicos eletrônicos – através de sites de busca como Scielo, Google Acadêmico, Scopus, períodos da Capes, sites de associações e organizações de gestão de ativos, livros de congressos de gestão de ativos, manuais práticos, e outros. A pesquisa dos artigos foi efetuada aplicando-se os seguintes descritores: substituição de equipamentos; *equipment replacement*; *asset replacement*; gestão de ativos, *asset management*; PAS 55, ISO 55000:2014, ISO 55001:2014, ISO 55002:2014, ISO 550002: 2018, ISO 5010:2019, NBR ISO 55002:2020.

1.5 Estrutura do texto

O texto está organizado em 6 seções mais as referências. A seção 1 apresenta a introdução do trabalho, expondo o contexto, a questões da pesquisa, os objetivos, a justificativa, os aspectos metodológicos e a estrutura do trabalho; as seções 2 e 3 – revisão bibliográfica – trazem o suporte teórico sobre gestão de ativos e decisões de substituições de equipamentos, respectivamente; a seção 4 – método da pesquisa – apresenta o método do desenvolvimento desse trabalho; a seção 5 – traz o estudo de caso – coleta, tratamento e discussão dos dados coletados; a seção 6 – resultados – expõe os resultados dessa pesquisa; a seção 7 – conclusões e considerações finais – apresenta as principais observações pertinentes a esse trabalho; e por fim, têm-se as referências.

2 GESTÃO DE ATIVOS

2.1 Estado da Arte

Gestão de Ativos (GA), segundo a PAS 55:2008, pode ser definida como:

as atividades, práticas e coordenadas pelas quais uma organização gerencia, de forma ótima e sustentável, seus ativos e sistemas de ativos, os desempenhos associados a esses, os riscos e despesas ao longo dos seus ciclos de vida para o propósito de cumprir seu planejamento estratégico organizacional. (ABRAMAN, 2011, p. vi).

O Conselho de Gestão de Ativos da Austrália define GA como "a gestão do ciclo de vida de ativos físicos para atingir os resultados declarados da empresa". Essa definição tange considerações de curto, médio e longo prazos, desde a concepção da necessidade do ativo, sua vida útil completa, até a fase de alienação; e também estabelece os limites da GA e destaca de que modo ela se diferencia dos outros processos-chave de gestão (AMCOUNCIL, 2014).

Para a NBR ISO 55000:2014, Sistema de Gestão de Ativos (SGA) é o conjunto de elementos inter-relacionados que interagem para estabelecer a política, os objetivos e os processos da gestão de ativos para cumprir esses objetivos (ABNT, 2014a).

O desenvolvimento dos ativos físicos tem sido uma marca da atividade humana desde quando surgiram os ativos físicos. A Figura 1 mostra vagões de militares na cidade suméria Ur, datada de 2.600 a.c. Os cidadãos, claramente, estavam habituados com a roda, porém, para que os vagões sempre funcionassem, deveria haver também artesões que estavam habituados com o rolamento, do qual a roda depende; com a lubrificação, da qual o rolamento depende; e com o torno e outras ferramentas, necessários para construir as rodas e os vagões. Esse sistema de fabricação, manutenção e logística deve existir desde uma data muito precoce (HASTINGS, 2015).

Figura 1 – Ativos militares - cidade de Ur 2600 a.c.



Fonte: Hastings (2015, p.4).

Para Hastings (2015), a forma de gerenciar os ativos físicos nunca foi uma atividade bem compreendida pelas populações em geral; e como os ativos físicos eram ignorados do campo de gerenciamento, algumas áreas técnicas, como a defesa, aviação e civil, desenvolveram suas próprias abordagens para isso, como a logística, a engenharia de sistemas, a engenharia de obras públicas, a infraestrutura e a manutenção.

A terminologia “gestão de ativos” é considerada recente (PAIS et al., 2019) e a gestão de ativos é considerada um novo paradigma que surgiu no começo desse século (LAFRAIA, 2020a). Como pesquisa científica, a gestão de ativos é relativamente nova, começando apenas no final dos anos 60 e início dos anos 70, como terotecnologia, e desenvolveu-se a partir de ferramentas e conceitos para melhorar a lucratividade, através de uma orientação mais holística e integral do sistema de gestão, formalizada com a criação das normas técnicas (WIJNIA, 2016).

A palavra terotecnologia vem do radical grego “teros” e significa “cuidar de”, e “tecnologia” seria um significado para “ativos” (LAFRAIA, 2020a). É definida como a tecnologia de instalação, comissionamento, manutenção, substituição e remoção de máquinas e equipamentos, por meio da combinação de práticas de gestão, finanças e engenharia, com o objetivo de conseguir custos mínimos do ciclo de vida dos ativos físicos (HUSBAND, 1976, apud FARINHA, 2018).

O conceito de terotecnologia surgiu no início dos anos 70 no Reino Unido, da mesma maneira e ao mesmo tempo que surgiu no Japão a Manutenção Produtiva Total - TPM (*Total Productive Maintenance*), que tem como base os seguintes cinco pontos: (i) estabelecer objetivos que maximizem a eficácia dos ativos; (ii) estabelecer um sistema abrangente de manutenção produtiva que cubra totalmente o ciclo de vida dos ativos; (iii) obter o envolvimento de todos os departamentos, como planejamento, operações e manutenção; (iv) obter a participação de todos os membros, desde a alta gerência até os trabalhadores; e (v) fortalecer a motivação da equipe, criando pequenos grupos autônomos de manutenção produtiva (FARINHA, 2018).

A holística é definida como a compreensão integral de fenômenos, e não nas suas análises isoladas. Com a evolução de vários conceitos de manutenção e com o desenvolvimento de novas abordagens e metodologias aplicadas à qualidade e à produção, a atividade manutenção começou a ser incluída e adequar-se a esses novos conceitos (FARINHA, 2011, apud PAIS et al., 2019).

Desta maneira, a gestão de ativos não pode ser vista como uma atividade individual ou apenas de um departamento, mas sim como um todo, já que cada decisão pode afetar toda a organização (PAIS et al., 2019). Com o passar do tempo o termo “cuidar de ativos” foi substituído por “gestão de ativos”, que se trata mais de “gestão” do que de “ativos” (LAFRAIA, 2020a).

As organizações gerenciam ativos há décadas e gerentes sempre se questionaram se estavam fazendo isso efetivamente, como: temos os ativos certos? São eles o que precisamos agora e o que eles farão no futuro? E se eles falharem? Quanto eles nos custam para operar? Qual é o nível de risco considerando nossos ativos críticos? Como as novas tecnologias e as expectativas das partes interessadas podem afetar as práticas relacionadas aos ativos? (HODKIEWICZ, 2015; KONSTANTAKOS et al., 2019).

No início dos anos 2000 havia muitas práticas, processos e ideias em torno desse assunto; no entanto, compartilhar esse conhecimento era complicado, devido ao uso de diferentes termos e definições pelos diferentes grupos: sociedades técnicas, grupos de pesquisa e diferentes setores, promovendo, cada qual, sua visão das melhores práticas (HODKIEWICZ, 2015).

Em resposta à demanda pelo alinhamento dessas práticas (HODKIEWICZ, 2015) e à demanda das indústrias por um padrão de GA, foi desenvolvida a especificação PAS 55 em 2004, sob a liderança do *Institute of Asset Management* (IAM), e revisada em 2008 (PAS 55:2008), pelo *British Standard Institute* (BSI). A versão de 2008 foi traduzida em 2011 para o português pela ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos), que considera esse documento aplicável em qualquer organização na qual os ativos físicos são um fator-chave ou fator crítico para que se atinjam as metas de negócio (ABRAMAN, 2011).

A PAS 55 galvanizou a comunidade de GA e, com interesse global no conteúdo, o BSI iniciou movimentos para traduzir a PAS 55 em um Padrão ISO (*International Organization for Standardization*) (HODKIEWICZ, 2015). A publicação do conjunto ISO 5500X, em 2014, além de afetar profundamente a PAS 55, que não será mais revista, alterou profundamente os sistemas de gestão de ativos, iniciando uma nova era de avanço profissional no campo, semelhante ao movimento da qualidade nos anos 90 (KONSTANTAKOS et al., 2019).

A ISO 55000, diferentemente da PAS 55, nasceu alinhada às outras normas de gestão, como a 9000, 14000, 31000. As semelhanças das duas especificações são: alinhamento dos objetivos; visão estratégica de longo prazo; processo transparente e consistente; e abordagem baseada em risco. Como a ISO foi criada por vários países, várias ideias que não faziam parte da

PAS 55 foram incorporadas: novas e mais refinadas definições de GA, ativos e ciclo de vida; abordagem para ativos intangíveis; abordagem para prestadores de serviços e contratos; foco forte em gestão; exigência de produção de valor pelas organizações; ligação forte entre aspectos técnicos e financeiros; quebra de silos organizacionais; ênfase na comunicação externa; ênfase mais forte nas partes interessadas; maior ênfase nos aspectos financeiros (LAFRAIA, 2020a). A Figura 2 traz um resumo dos principais marcos na GA desde a década de 70.

Figura 2 – Eventos na GA da década de 70 até os dias atuais.

Linha do tempo	Evento
Anos 70	Terotecnologia
Anos 70	TPM
Anos 70	Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)
1987	ISO publica a série 900X (Gestão da Qualidade)
1988	Desastre Piper Alpha
1989	OSHA (<i>Occupational Safety and Health Administration</i>) publica 9 CFR (<i>Code of Federal Regulations</i>) 1910.147
Anos 90	TQM (<i>Total Quality Maintenance</i>)
1992	BSI publica BS 3843:1992 - Guia para terotecnologia (a gestão econômica de ativos)
1993	BSI publica BS 3811:1993 – Glossário de termos usados em terotecnologia
1993	RBI (<i>Risk Based Inspection</i>)
1994	Manual <i>Australian National Asset Management</i>
1996	Manual <i>New Zealand Infrastructure Asset Management</i>
Anos 2000	Abordagem do ciclo de vida desde o projeto para reduzir falhas
2000	Comitê E53 ASTM (<i>American Society for Testing and Materials</i>) sobre Gestão de Ativos
2000	Manual <i>International Infrastructure Management</i>
2001	EPA (<i>US Environmental Protection Agency's</i>) desenvolve o guia de <i>Capacity, Management, Operation, and Maintenance</i>
2004	IAM publica PAS 55
2006	WERF (<i>Water Environment Research Foundation</i>) desenvolve o programa <i>Sustainable Infrastructure Management Program Learning Environment (SIMPLE)</i>
2008	EPA publica <i>A Best Practices Guide</i>
2008	BSI publica PAS 55 atualizada
2009	ISO publica a ISO 31000 (Gestão de Risco)
2010	Fundação do GFMAM
2010	Indústria 4.0 – foco na substituição modular, risco e confiabilidade
2011	GFMAM publica o <i>Asset Management Landscape</i>
2014	ISO publica a série 5500X (Gestão de Ativos)
2014	GFMAM revisa o <i>Asset Management Landscape</i>
2014	ISO publica a ISO17021-5 (Avaliação da Conformidade)
2018	ISO atualiza a ISO 55002
2019	ISO publica a ISO 55010

Fonte: elaborada pela autora (KARDEC et al., 2014; FARINHA, 2018; ISO, 2018; ISO, 2019a; BUREAU VERITAS, 2019; PAIS et al., 2019; GFMAM, 2020).

Para Kardec et al. (2014), a GA, que inicialmente tinha foco no aspecto financeiro, passou a ser considerada o conjunto de atividades que, se aplicado às diversas áreas da empresa, viabiliza uma formatação apropriada à gestão dos ativos físicos, proporcionando um maior retorno aos acionistas. Isto é, a GA é o conjunto de atividades que uma organização aplica para que os seus ativos entreguem os resultados e objetivos de forma sustentável.

Gestão de ativos não é o mesmo que gerenciar ativos. A gestão de ativos não foca naquilo que as organizações podem fazer pelos seus ativos, mas no que os ativos podem fazer pelas organizações (KARDEC et al., 2014).

Como nas últimas duas décadas houve grandes avanços globais nos padrões, modelos e princípios de GA, e o GFMAM determinou que seria benéfico alinhar esses vários avanços e desenvolver uma visão coletiva, principalmente para organizações que operam sistemas de gestão de ativos em muitos países (IAM, 2019).

O GFMAM foi originalmente fundado em 2010 (GFMAM, 2020) para reunir vários especialistas, profissionais, acadêmicos e outros profissionais de manutenção e gestão de ativos (VISSER; BOTHA; 2015) com o objetivo de compartilhar vantagens, conhecimentos e padrões interessantes em termos de manutenção e gestão de ativos, composto pelos principais órgãos mundiais de GA (GFMAM, 2020).

No início da organização, verificou-se que a área da gestão de ativos não era bem definida ou demarcada. Então, foi expressa a necessidade de desenvolver um documento que resumisse os princípios básicos da gestão de ativos e definir as áreas de conhecimento ou assuntos que descrevessem esse campo (VISSER; BOTHA; 2015).

Sendo assim, os membros do GFMAM se uniram para chegar a um consenso sobre os principais assuntos a serem tratados em GA e publicaram, em 2011, o *Asset Management Landscape*, que é uma publicação que promove uma abordagem global comum à GA. Quando a primeira edição foi publicada, foi acordado que o *landscape* seria revisado em 2014, para incorporar desenvolvimentos sobre o entendimento de GA em relação aos padrões da ISO 5500X, levando à publicação da segunda edição em 2014 (IAM, 2019).

O *Asset Management Landscape* de 2014 traz os principais assuntos que devem ser considerados na GA. Os 39 principais assuntos são divididos em 6 grupos: (i) estratégia e planejamento; (ii) tomada de decisão de gestão de ativos; (iii) entrega do ciclo de vida; (iv) informações sobre ativos; (v) organização e pessoas; (vi) risco e revisão (GFMAM, 2014).

A Figura 3 apresenta os 39 principais assuntos, segundo o *Asset Management Landscape*, relacionados à gestão de ativos.

Figura 3 – Principais assuntos em GA segundo o *Asset Management Landscape*.



Fonte: adaptada de ASSETIVITY (2016).

Visser e Botha (2015) publicaram uma pesquisa sobre a avaliação e classificação da importância, por profissionais da área, dos 39 assuntos. Os resultados da pesquisa indicaram que os cinco assuntos mais importantes são "estratégia e objetivos da GA", "política de GA", "planejamento estratégico", "planejamento da GA" e "liderança da GA".

Esses assuntos, apontados no estudo como os mais importantes na GA, estão contidos tanto na PAS 55 quanto nas normas ISO 5500X, nas definições e fundamentos, assim como nos requisitos de implementação.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) traduziu as seguintes normas ISO:

- ABNT NBR ISO 55000:2014: Gestão de ativos - visão geral, princípios e terminologia; tradução da ISO/TS 55000:2014;
- ABNT NBR ISO 55001:2014: Gestão de ativos - sistema de gestão - requisitos; tradução da ISO/TS 55001:2014;

- ABNT NBR ISO 55002:2014: Gestão de ativos - sistemas de gestão - diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 55001, tradução da ISO/TS 55002:2014; cancelada em abril de 2020 e substituída pela versão de 2020;
- ABNT NBR ISO 55002:2020: Gestão de ativos - Sistemas de gestão - Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 55001; tradução da ISO/TS 55002:2018; publicada em abril de 2020.

Já a ISO, além das normas citadas acima, apresenta:

- ISO/TS 55010:2019 - *Asset management - Guidance on the alignment of financial and non-financial functions in asset management* (Gestão de ativos - Orientação sobre o alinhamento de funções financeiras e não financeiras na gestão de ativos), que está em processo de adoção pela ABNT.

A ISO 55001:2014 tem o foco na necessidade de um sistema de gestão e por isso não especifica requisitos financeiros, contábeis ou técnicos para a gestão de ativos. As normas ISO 55000 e 55002 complementam a ISO 55001 ao proporcionarem a visão, os princípios e a terminologia; e as linhas de orientação para a sua aplicação, respectivamente (ISO, 2019a).

Em 2018 a ISO publicou a ISO 55002:2018, que é uma atualização das diretrizes da ISO 55002:2014 e, embora também não forneça orientação financeira, contábil ou técnica para a gestão de ativos, traz no anexo F informações sobre a relação entre as funções financeiras e não financeiras da gestão de ativos (ISO, 2018). A ABNT a traduziu em 2020.

Em 2019 foi publicada a ISO 55010:2019, e essa especificação foi escrita para ajudar todas as organizações a alinharem de uma de maneira coerente as questões financeiras e não financeiras, a fim de maximizar o valor de seus ativos. O alinhamento dessas funções permite a realização do valor derivado da implementação da gestão de ativos detalhado nas ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002, particularmente na ISO 55002: 2018, anexo F (ISO, 2019a).

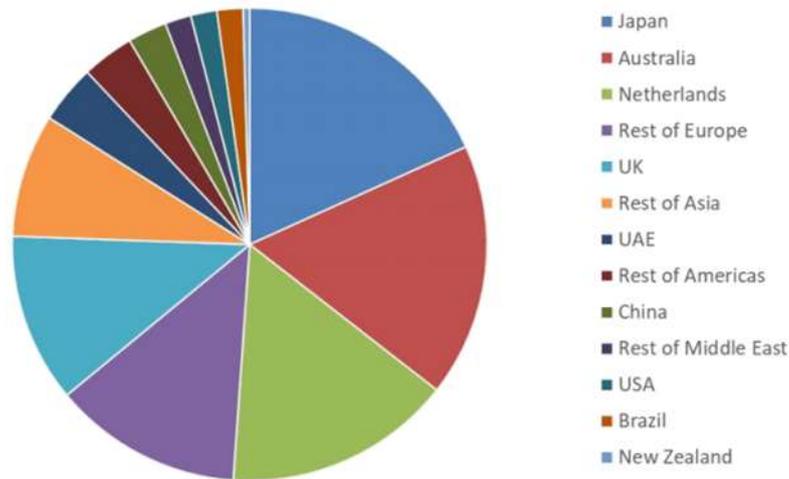
Praticar a GA de acordo com as normas significa obter valor com o uso dos ativos de forma a conquistar equilíbrio do desempenho, dos custos envolvidos e dos riscos associados. Essa prática implica numa reflexão inicial sobre o posicionamento da empresa no mercado, sobre seus objetivos em longo prazo e sobre as suas expectativas e necessidades (ZAMPOLLI et al., 2019).

A ISO publicou, em 2019, um informe sobre as mais de 200 organizações ao redor do mundo certificadas com a 55001, apesar de acreditar que sejam mais.

A Figura 4 mostra as estatísticas de certificações por país/região.

Figura 4 – Certificações por país/região.

Certifications per Country/Region

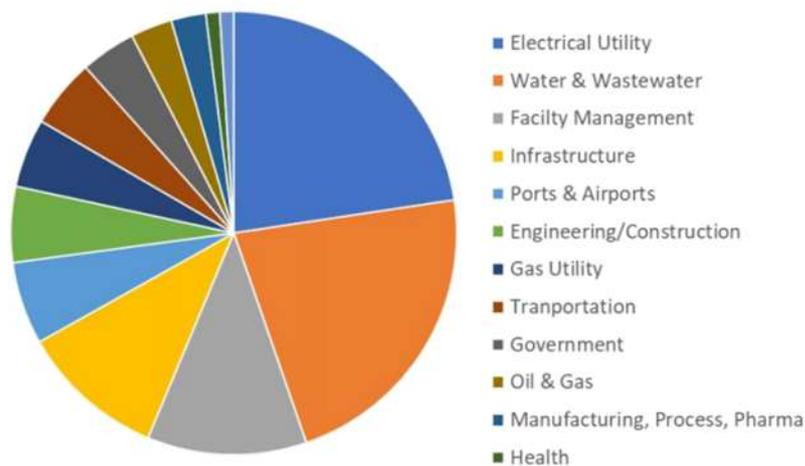


Fonte: ISO (2019b, p. 7)

A Figura 5 traz as estatísticas de certificações por setor.

Figura 5 – Certificações por setor.

Organizations per Sector



Fonte: ISO (2019b, p. 7).

Embora haja empresas certificadas pela ISO 55001 no Brasil, não foi possível levantar as estatísticas. O Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), autarquia federal responsável pelos Organismos de Avaliação da Conformidade, informou, através de e-mail, que até a presente data ainda não disponibilizam dados de organismos acreditados na norma ISO 55001.

Alsyouf et al. (2018) investigaram o impacto da implementação da ISO 55001 no desempenho organizacional nas empresas certificadas nos Emirados Árabes Unidos. Após a identificação de indicadores de desempenho relevantes para GA, obtidos por meio de uma revisão abrangente da literatura e classificados por meio de um *balanced scorecard*, os KPIs (*Key Performance Indicator*) foram validados por opiniões de gestores e tomadores de decisões em GA. Segundo os especialistas do setor, a ISO 55001 tem um efeito positivo em todas as perspectivas (financeira, cliente, processos de negócio e aprendizado e crescimento), indicando que as organizações que adotam a certificação é capaz de obter um melhor desempenho a partir da eficácia e eficiência da gestão de seus ativos.

Além da melhoria e eficácia da gestão dos ativos, os benefícios que a GA pode trazer, são: melhoria de desempenho financeiro, decisões informadas sobre investimentos, risco gerenciado, melhoria de saídas e serviços, responsabilidade social melhorada, conformidade demonstrada, melhoria de imagem, melhoria da sustentabilidade organizacional (ABNT, 2014a).

Apesar de a gestão de ativos, através da implementação da ISO 55001, ocorrer apenas em grandes empresas, a pesquisa de Paris e Severino (2017) mostra a relevância da aplicação de um modelo de padrão internacional em pequenas e médias empresas. Para os autores, qualquer entidade, independentemente de seu tamanho, deve estabelecer uma estratégia de gestão de seus ativos, e a ISO 55001 pode ajudar a desenvolver essa estratégia.

A NBR ISO 55002:2020 traz em um dos anexos um informativo sobre a “Escalabilidade – ABNT NBR ISO 55001 para pequenas empresas”. Segundo a Associação, mais de 95 % das empresas do mundo são pequenas e médias empresas (PMEs) e acredita que as normas relacionadas à gestão de ativos precisam e podem ajudá-las da mesma forma que ajudam as grandes. Convém às PMEs, que utilizam ativos físicos, serem capazes de compartilhar os ganhos em eficiência e eficácia proporcionados pelas normas; entretanto, os requisitos da 55001 são descritos em um alto nível de abstração, que dificulta a conversão em atividades rotineiras. Cerca de 200 requisitos individuais na norma 55001 precisam ser atendidos e a maneira como um requisito pode ser atendido pode ser fácil, devido à estrutura relativamente simples de uma organização pequena, com papéis, responsabilidades e autoridades claramente definidos; no entanto, outras seções necessitariam quase do mesmo esforço que uma grande empresa, como o plano estratégico de gestão de ativos para todo o ciclo de vida dos ativos físicos (ABNT, 2020).

Para Zampolli et al. (2019), que escreveram dois manuais de como implementar a ISO 55001:2014 com as diretrizes da ISO 55002:2014 e depois com as diretrizes da ISO 55002:2018, a GA traz uma mudança cultural ao acrescentar no planejamento estratégico das empresas a visão dos ativos e do valor que estes são capazes de gerar ao negócio.

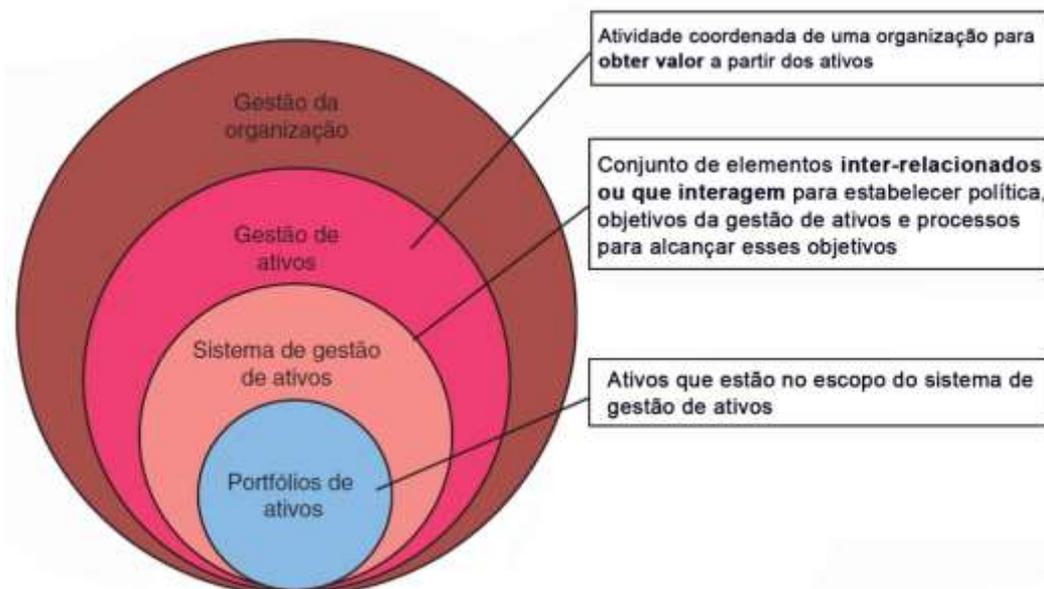
Planejamento estratégico é definido como: “planejamento total ao longo prazo da organização derivado e incorporado a sua visão, missão, valores, políticas do negócio, acionistas, objetivos e gestão de seus riscos” (ABRAMAN, 2011, p. vi).

Segundo a ABNT NBR ISO 55000:2014, “ativo é um item, algo ou entidade que tem valor real ou potencial para uma organização. O valor irá variar entre diferentes organizações e suas partes interessadas, e pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro” (ABNT, 2014a). Sistema de ativos é o conjunto de ativos que interagem e/ou são inter-relacionados que tem o propósito de integrar uma função ou um serviço solicitado à empresa (ABRAMAN, 2011). E portfólio de ativos são todos os ativos que estão no escopo do sistema de gestão de ativos (ABNT, 2014a).

Sistema de Gestão de Ativos é a política, a estratégia, os objetivos, os planos de GA da organização e as atividades, processos e estruturas organizacionais necessários para seu desenvolvimento, implementação e melhoria contínua (ABRAMAN, 2011).

A relação entre os principais termos de GA é mostrada na Figura 6.

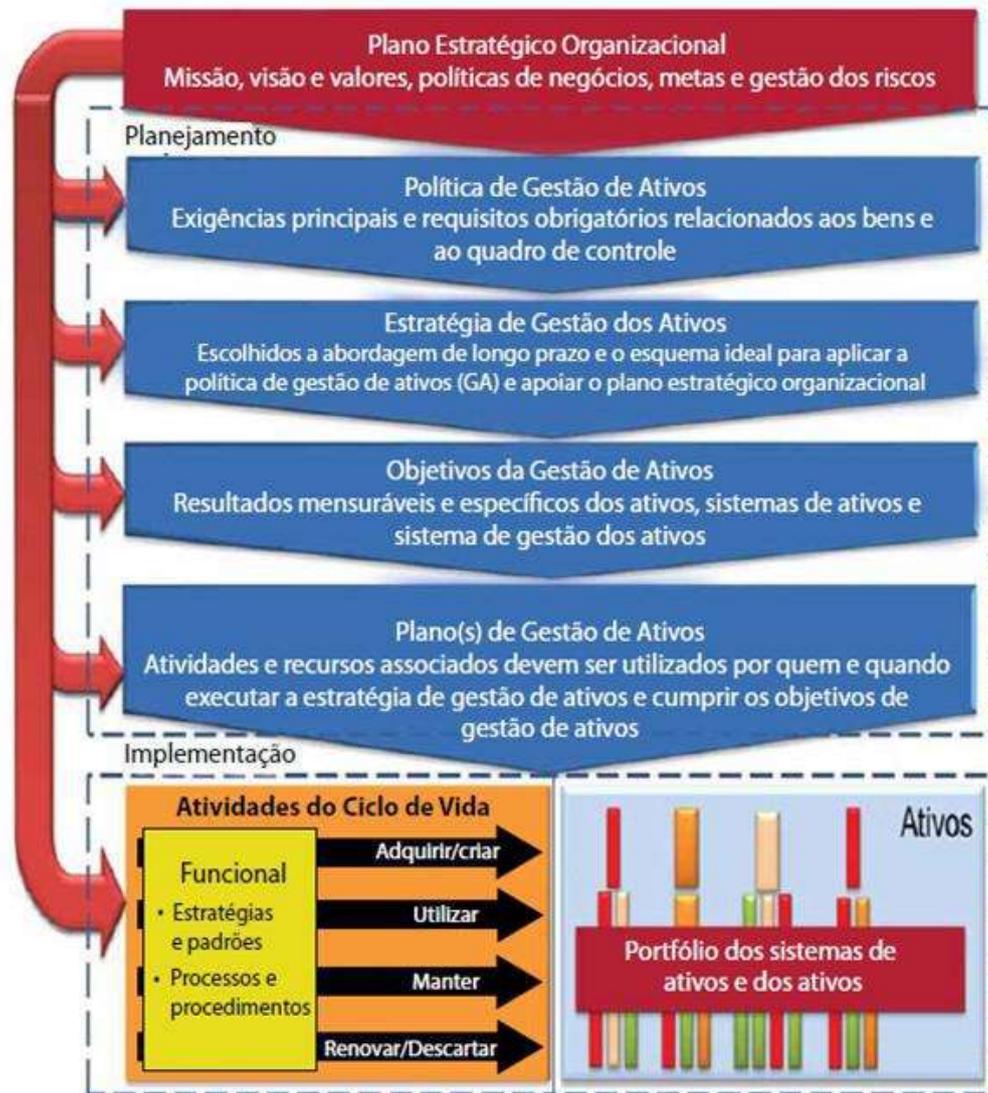
Figura 6 – Relações entre os termos-chave de GA.



Fonte: ABNT NBR ISO 55000 (2014, p.5).

A Figura 7 mostra os elementos de planejamento e implementação de um SGA a partir do planejamento ou plano estratégico organizacional.

Figura 7 – Elementos de planejamento e implementação de um SGA.



Fonte: ABRAMAN (2011, p. xi).

Um SGA é usado pela organização para dirigir, coordenar e controlar as atividades de gestão de ativos. Um SGA pode fornecer melhoria no controle de riscos e garantir que os objetivos da GA sejam alcançados por meio de uma base consistente. Ao implementar um SGA, a organização deve determinar quais as questões internas e externas são pertinentes às suas finalidades e que afetam o cumprimento dos resultados pretendidos. Os objetivos da GA, incluídos no plano estratégico de gestão de ativos (SAMP, sigla de *Strategic Asset Management*

Plan, mantida em inglês pela ABNT) devem ser alinhados aos objetivos organizacionais (ABNT, 2014b).

O SAMP é a mais relevante das informações usadas na conversão de objetivos organizacionais em objetivos de GA; ele oferece uma estrutura para planejamento, priorização e tomada de decisões para a implementação de todas as outras atividades de GA para garantir o alinhamento com a estratégia da empresa. O alinhamento dos objetivos da GA com os objetivos organizacionais, do plano estratégico com os planos de gestão de ativos, dos planos de portfólio de ativos com planos financeiros, pode melhorar a eficácia e a eficiência da organização e facilitar as previsões de financiamento de longo prazo (ZAMPOLLI et al., 2019).

Para a PAS 55:2008, o plano estratégico (ou SAMP, segundo a ABNT) é o ponto inicial para o desenvolvimento da política, da estratégia, dos objetivos e dos planos da GA, que direcionam a combinação ótima das atividades do ciclo de vida para ser aplicada ao sistema de ativos e aos ativos – de acordo com a criticidade, condição, desempenho e o nível de risco. A política representa os princípios e os requisitos obrigatórios do, e de acordo com o plano estratégico, que fornece o quadro para o desenvolvimento da estratégia e dos objetivos. A estratégia é a abordagem de longo prazo otimizada derivada do, e de acordo com o plano estratégico e com a política de GA. Os objetivos da GA são os resultados e realizações específicos e mensuráveis dos ativos, sistemas de ativos e SGA. O plano de GA especifica as atividades, recursos, responsabilidades e prazos para implementar a estratégia e apresentar os objetivos da GA (ABRAMAN, 2011).

A GA traz uma nova proposta para a realização dos objetivos estratégicos, integrando todas as áreas da empresa responsáveis na obtenção de valor por intermédio dos ativos da organização (ZAMPOLLI et al., 2019), sendo promissora para a criação de valor dos ativos a longo prazo, e uma grande preocupação para esse fim relaciona-se com as capacidades para alcançar uma tomada de decisão eficaz em todos os níveis organizacionais, ou seja, operacional, tático e estratégico (POLENGHI et al., 2019).

Um dos fundamentos da GA é **valor**, ou seja, o objetivo de qualquer ativo é agregar valor à organização e às partes interessadas (ABNT, 2014a; GONZÁLEZ-PRIDA et al., 2018). Em GA, o conceito de valor abrange benefícios quantitativos e qualitativos, além dos benefícios tangíveis e intangíveis que os ativos podem proporcionar. As definições de ativo e valor não são apenas proximamente vinculadas, mas também complementares (GONZÁLEZ-PRIDA et al., 2018).

Gestão de ativos não é apenas sobre o ativo, mas no valor que este pode proporcionar à organização (KARDEC et al., 2014), isto é, um "ativo" fornece os meios à realização de "valor" (GONZÁLEZ-PRIDA et al., 2018).

Além de valor, há outros três fundamentos que influenciam diretamente os sistemas e planos de gestão de ativos de uma organização: alinhamento, garantia e liderança (ABNT, 2014a; LAFRAIA, 2015).

Alinhamento: a GA traduz os objetivos organizacionais em decisões técnicas e financeiras, planos e atividades (ABNT, 2014a). A implementação de um SGA permite que os objetivos organizacionais sejam traduzidos em processos técnicos e financeiros, e oferece suporte para que as tomadas de decisões sejam oportunas e precisas. O alinhamento que deve existir entre as necessidades das partes interessadas e os planos de GA pode transformar intenções estratégicas e resultados esperados em planos, atividades e tarefas de acordo aos objetivos organizacionais (LAFRAIA, 2015).

A Figura 8 mostra esse alinhamento organizacional.

Figura 8 – Alinhamento entre as necessidades das partes interessadas e os requisitos do SGA.



Fonte: LAFRAIA (2015, p. 4).

Garantia: a GA garante que os ativos cumprirão com seus propósitos requeridos (ABNT, 2014a). A garantia origina da necessidade de gerir efetivamente e se aplica aos ativos, à GA e ao SGA. Para ter certeza que os ativos e seus sistemas associados irão produzir o esperado, a alta administração faz análise crítica, regularmente, dos processos que ligam os objetivos organizacionais às funções do negócio e ao desempenho dos ativos e do SGA. Ao

assegurar a melhoria contínua dos desempenhos, a garantia assegura que os ativos atenderão aos requisitos das partes interessadas (LAFRAIA, 2015).

A variável associada à garantia é o risco, que é a relação entre os eventos potenciais e as consequências desses eventos. O risco representa uma medida do efeito da incerteza nos objetivos, positiva ou negativamente. Riscos positivos são as oportunidades a serem assimiladas para garantir o sucesso da organização, enquanto riscos negativos são as ameaças aos objetivos. Os objetivos podem ser relacionados a várias perspectivas, como financeira, saúde e segurança e metas ambientais, e podem ser aplicados nos diferentes níveis organizacionais (KARDEC et al., 2014).

Sendo assim, GA é o conjunto coordenado de atividades projetadas para oferecer valor de acordo com os objetivos de uma organização e, para atingir esses objetivos, a organização deve garantir que os riscos relacionados à GA sejam considerados na abordagem da gestão de riscos da organização, incluindo o planejamento da contingência (O'HANLON, 2014).

E por fim, a **liderança** e cultura do local são fatores determinantes da obtenção de valor (ABNT, 2014a). A liderança deve dar suporte ao alcance dos objetivos organizacionais. O sucesso da GA depende da compreensão e do comprometimento de todos os envolvidos – em todos os níveis organizacionais, e devem ser consultados regularmente para o alcance das metas e resultados organizacionais (LAFRAIA, 2015). Liderança e comprometimento são essenciais para o estabelecimento, a operação e a melhoria da GA nas organizações (KARDEC et al., 2014).

Para Lafraia (2015), a GA tem como foco a entrega de uma capacidade declarada, que depende do desempenho dos ativos. Segundo Lafraia (2020a), capacidade é a medida da capacidade e habilidade de uma entidade – sistema, organização ou pessoas, em cumprir com as suas funções, ou seja, em atingir seus objetivos.

Para assegurar o desempenho dos ativos e a melhoria contínua dos desempenhos e, assim, gerar valor às organizações, além do alinhamento, garantia e liderança, é necessário que o plano estratégico de GA (SAMP) esteja de acordo com o planejamento corporativo. Para Lafraia (2015), existe uma grande quantidade de possibilidades de conduzir o planejamento corporativo, que também pode ser chamado de planejamento estratégico, planejamento empresarial, planejamento de longo prazo, definição e metas. E justamente devido às diversas maneiras de chamá-lo e de realizar o processo de planejamento, é comum que as organizações tenham dificuldade para alcançar os resultados desejados. Independente do nome que as organizações utilizam, o processo de planejamento deve conter os seguintes atributos: (i) os

propósitos estratégicos e os objetivos claramente definidos – os objetivos são mensuráveis e contém, no máximo três ou quatro pontos prioritários; (ii) são considerados os pontos fortes e fracos internos, as oportunidades e ameaças externas; (iii) alinhamento entre o plano estratégico, as metas e indicadores de curto prazo, pois os objetivos de curto prazo trabalham para o alcance dos objetivos de longo prazo.; (iv) integração entre plano estratégico, os objetivos e os orçamentos para alcançá-los; (v) conexões que demonstram como o plano estratégico atenderá aos requisitos das partes interessadas.

A Figura 9 mostra a visão geral do processo de planejamento, válido para a construção de um plano estratégico geral e de planos estratégicos individuais, como o planejamento estratégico da gestão de ativos (SAMP).

Figura 9 – Fluxograma do processo de planejamento.



Fonte: LAFRAIA (2020a, p. 33).

A Figura 10 aponta os objetivos organizacionais relacionados a áreas-chaves da capacidade: gestão de ativos físicos, financeira, de informações e de recursos humanos.

Figura 10 – Objetivos organizacionais relacionados a áreas-chaves da capacidade.



Fonte: Lafraia (2015, p.28).

Para Arthur et al. (2016), a organização deve começar com o fim em mente. Para Zampolli et al. (2019), algumas perguntas chaves devem ser feitas antes de elaborar um SAMP: qual é a situação atual da empresa? Onde se pretende estar no período de tempo considerado? Quais são os objetivos e riscos associados? Como chegar lá? Qual o tempo necessário para chegar lá? Quais são as metas? Como serão medidas? E para Lafraia (2015), o processo de planejamento corporativo geral deve incluir o processo para entregar o SAMP e é relevante que os objetivos organizacionais estejam relacionados às áreas-chave da capacidade.

Para a construção do SAMP, da política, dos objetivos e dos planos de GA, com ênfase na substituição de equipamentos, que é a última fase do ciclo de vida, serão seguidas as cláusulas da ABNT NBR ISO 55001:2014 e diretrizes da ABNT NBR ISO 55002:2020 e ISO 55010:2019.

As normas ISO possuem 10 cláusulas em comum, três cláusulas introdutórias: (1) escopo; (2) referências normativas; (3) termos e definições; e sete básicas: (4) contexto da organização; (5) liderança; (6) planejamento; (7) suporte; (8) operação; (9) avaliação de desempenho; (10) melhoria (BUREAU VERITAS, 2019)

As cláusulas básicas podem ser divididas no ciclo de melhoria contínua PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), em português planejar, fazer, checar, agir, respectivamente. O P contempla as cláusulas (4) contexto da organização; (5) liderança; (6) planejamento; o D contém as etapas (7) suporte; (8) operação; o C representa a (9) avaliação de desempenho; e o A é a (10) melhoria (IAM, 2015). A Figura 11 mostra essa divisão.

Figura 11 – Representação das cláusulas da ISO 55001:2014 no ciclo PDCA.



Fonte: adaptada do IAM (2015, p. 25).

Lafrania (2020b) fez uma matriz que relaciona os 39 principais assuntos em GA às cláusulas da ISO 55001, que serão descritos nas etapas de cada cláusula realizada nesse estudo.

O estudo de Nowakowski et al. (2017) apresenta como foram definidas as etapas processuais básicas no processo de implementação da norma ISO 55001 em empresas polonesas; e o resultado traz as principais dificuldades e limitações em cada requisito, que serão citadas nesse trabalho à medida que os requisitos também o forem.

Esse trabalho, inicialmente, traria apenas o P do PDCA, porém, para que seja construída uma política eficaz para tomadas de decisões em substituição de equipamentos é necessário tratar eficazmente as informações dos ativos. Sendo assim, além de trazer a primeira etapa completa do ciclo, traz também os requisitos da informação e informação documentada da cláusula 7, do D do PDCA. Requisitos da informação se trata, segundo a ABNT (2020), da disponibilidade e da qualidade das informações, vitais para todos os aspectos da gestão de ativos. E, embora “informação documentada” sejam os procedimentos de como as informações

requeridas, pela norma, e as informações das atividades do ciclo de vida dos ativos devem ser criadas, atualizadas e documentadas, esse requisito, para a ABNT (2020) assegura que o SAMP e os planos sejam formalmente especificados, e que também outras atividades e padrões sejam controlados.

Para tomar decisões é necessário elaborar uma análise criteriosa, em que informações e dados são usados como base para as escolhas. Para isso, é preciso ter acesso à maior quantidade de dados disponíveis e confiáveis, que serão transformados em informações úteis e rastreáveis, que geram conhecimento; e este conhecimento, avaliado pela experiência, promove a “sabedoria” na tomada de decisões (ZAMPOLLI et al., 2019).

A Figura 12 traz os elementos necessários às decisões em GA.

Figura 12 – Insumos para as decisões em gestão de ativos.



Fonte: Zampolli et al. (2019, p. 73).

Assim como os principais órgãos em GA consideram “informações sobre os ativos” como um dos principais assuntos em GA, manuais e artigos sobre a implementação da ISO 55001:2014 destacam a importância da disponibilidade de dados e da qualidade desses dados.

Para King e Crowley-Sweet (2014), os proprietários de ativos físicos devem tomar uma série de decisões para alcançar uma gestão eficaz e eficiente desses ativos, e cada decisão é totalmente robusta somente quando as informações são disponíveis para fornecer evidência objetiva sobre todos os aspectos do ativo e do sistema de gestão de ativos.

Para Kinnunen et al. (2016), apesar de grandes quantidades de dados serem cada vez mais coletadas para apoiar os processos de tomada de decisão em GA, o desafio é a melhor maneira de utilizar esses conjuntos de dados fragmentados e desorganizados. É fundamental poder utilizar e combinar todos os dados relevantes, tanto técnicos quanto econômicos, para

criar novos conhecimentos de negócios para apoiar a tomada de decisão efetiva, em diferentes contextos, em diversas situações, e nos diferentes níveis de tomada de decisão: estratégicos, táticos e operacionais.

Segundo Elliott et al. (2017), o desempenho de uma organização na GA depende fortemente da qualidade e disponibilidade de dados e informações de ativos. Esta é uma grande preocupação para as organizações, pois elas lidam com problemas significativos e portfólios de ativos físicos complexos. A literatura mais publicada em GA faz extensa referência à importância dos dados e gestão das informações.

Em relação à qualidade dos dados, o trabalho de Arthur et al. (2016) destaca que os dados da empresa estudada, embora coletados de maneira útil e válida, precisavam de aprimoramento, em atenção particular o link, ou a falta de, entre sistemas financeiros e de gerenciamento de dados de ativos.

Na pesquisa de Visser e Botha (2015), sobre a importância dos 39 assuntos da GFMAM, o grupo de profissionais com mais de cinco anos de experiência avaliaram mais alto os assuntos “sistemas de informações sobre os ativos” e “gestão de competências” do que o grupo com profissionais menos experientes. Para os autores da pesquisa, o grupo mais experiente provavelmente tem experiência prática do valor de um bom sistema de informação para gerenciar ativos e o valor de desenvolver a competência dos profissionais de GA.

Polenghi et al. (2019), tomaram o setor manufatureiro como referência, identificaram e mapearam as fontes de risco abordadas na literatura em um esquema de classificação. As principais fontes de risco que podem influenciar a obtenção dos objetivos relacionados ao SGA são: (i) equipamentos: fonte de risco relacionada a máquinas, componentes ou sistemas que podem falhar ou, de alguma forma, afetar a possibilidade de alcançar os objetivos desejados da GA; (ii) gestão das informações: fonte de risco associada à maneira como as informações são reunidas e gerenciadas; (iii) fator humano: fonte de risco relacionada à liderança, cultura, motivação, comportamento e competência dentro da organização; (iv) arquitetura organizacional: fonte de risco relacionada à estrutura organizacional; e (v) fornecedores: fonte de risco associada aos fornecedores da organização que poderiam, de alguma forma, afetar o alcance dos objetivos da GA. Na classificação dos autores, a gestão das informações é considerada a principal fonte de risco ao tomar decisões relacionadas aos ativos.

A gestão das informações eficaz resulta em: (i) melhor qualidade de dados, (ii) melhor qualidade de serviço, (iii) maior capacidade de resposta às mudanças, (iv) economia de custos, (v) melhorias no trabalho cooperativo, (vi) prestação de serviços coordenados entre

organizações, (vii) funcionários mais bem equipados para tomar decisões, e (viii) desenvolvimento de sistema mais rápido e econômico (ELLIOTT et al., 2017).

Além da importância da disponibilidade de dados de qualidade, os artigos que trazem a implementação da ISO 55001:2014 abordam com frequência outros três temas: como implementar as normas; que a incorporação de ferramentas e métodos quantitativos é obrigatória na GA; e a lacuna que existe entre os indicadores de desempenho organizacionais e os indicadores de desempenho dos ativos.

Os padrões PAS 55:2008 e ISO 55000:2014 apenas informam às organizações o que deve ser feito, não como fazê-lo (MINNAAR et. al. 2013). Em parte, isso é bom, pois a melhor abordagem para a GA varia entre as organizações. No entanto, ao implementar a GA, muitas organizações lutam com o “como” (WIJNIA; CROON, 2015).

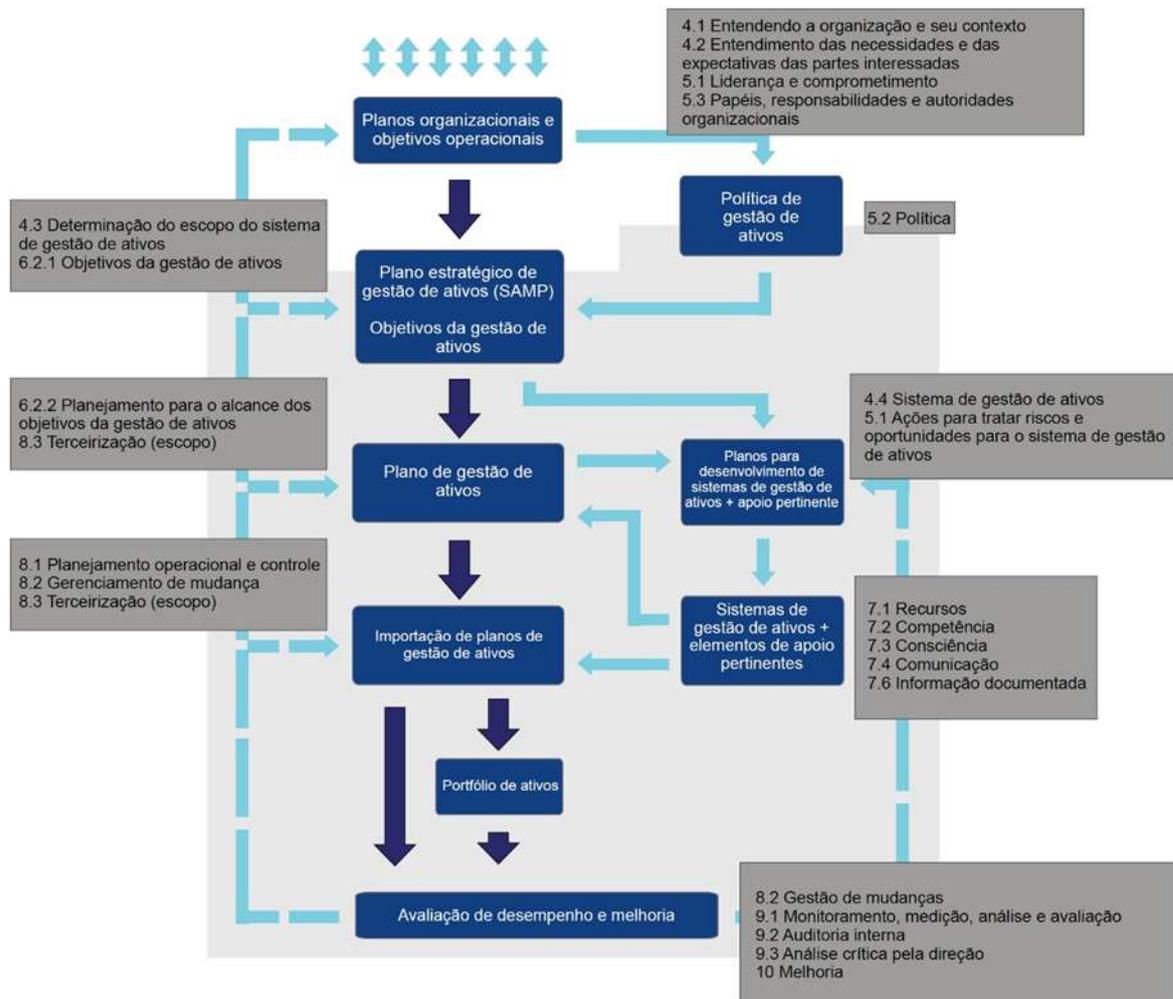
Esses padrões não são tecnicamente padrões de gestão de ativos. Em outras palavras, eles não fornecem orientação técnica sobre "como" conduzir a gestão de ativos; ao contrário, eles expressam um sistema de gestão para a gestão de ativos (O'HANLON, 2014).

Sendo assim, será necessário construir como cada cláusula da ISO 55001:2014 deverá ser implementada. Os meios, a seguir, foram baseados na dissertação de Cesca (2012) e Roiz (2016), que usaram em seus trabalhos a PAS 55, mas relatam a mesma dificuldade de obtenção de dados, assim como a GA é responsabilidade de vários departamentos; na dissertação de Meireles (2018), guias de implementação da ISO 55001 de Zampolli et al. (2015, 2019); Elliott et al. (2017); livros do Lafraia (2015, 2020a; 2020b); apostilas de curso da ISO 55001 (2019); e curso preparatório do CAMA (*Certified Asset Management Assessor/Auditor*) (2020), que une as normas ISO 5500X aos principais assuntos do GFMAM; artigos científicos sobre implementação da ISO 55001, entre outros.

2.2 Como implementar os requisitos da ISO 55001:2014

A Figura 13 mostra a relação entre os principais elementos de um SGA com as seções relacionadas da ISO 55001, que ajuda a visualizar o que a implementação dos requisitos da norma resultará.

Figura 13 – Relação entre os principais elementos de um sistema de gestão de ativos.



Fonte: NBR 55002:2020 (2020, p. xii).

O requisito de monitoramento, medição, análise e avaliação é referente ao SGA e não aos ativos. A 55002:2020 recomenda que a organização planeje e controle os processos operacionais para gerenciar os ativos ao longo de seu ciclo de vida, incluindo seus critérios de tomada de decisão (ABNT, 2020). Sendo assim, essa atividade ocorrerá concomitantemente à implementação dos requisitos do SGA integrado ao SGQ e também será descrita no desenvolvimento do estudo.

2.2.1 Contexto da organização

Na cláusula 4, Contexto da Organização, para que se cumpra cada um dos requisitos, será proposta uma metodologia, apresentada no Quadro 1, de acordo com o trabalho de Meireles (2018).

Quadro 1 – Requisito 4 da norma ISO 55001 – Contexto da Organização.

Requisito 4.1 – Contexto da Organização	Metodologia proposta
Requisito 4.1 – Entendimento da organização e seu contexto	Análise SWOT
Requisito 4.2 – Entendimento das necessidades e das expectativas das partes interessadas	Identificar e hierarquizar as partes interessadas e os seus requisitos para a GA
Requisito 4.3 – Determinação do escopo do SGA	Identificar, localizar (geograficamente e na organização), caracterizar (resumidamente) e classificar os ativos físicos abrangidos pelo SGA
Requisito 4.4 – SGA	Fazer um diagnóstico inicial do estado atual da GA Fazer um <i>Balanced Scorecard</i> Estabelecer um plano de implementação de atividades

Fonte: adaptada de Meireles (2018, p.13).

2.2.1.1 Entendimento da organização e seu contexto

Nesse requisito a organização deve determinar as questões internas e externas que podem afetar os resultados do SGA. Os fatores internos são as forças e as fraquezas organizacionais, como cultura, processos internos e tecnologia disponível. Os fatores externos são as influências que a organização tem controle limitado (LAFRAIA, 2020b).

Para Zampolli et al. (2019), nesse momento algumas questões precisam ser respondidas: O que gera valor para a empresa? Qual o foco de seu negócio? O que se espera como resultado? E assim, todos os fatores internos e externos que afetam tanto a realização dos objetivos organizacionais quanto do SGA devem ser identificados.

Análises Políticas, Econômicas, Sociais, Tecnológicas, Legais, Ambientais (PESTAL) podem ser usadas para identificação e avaliação de questões contextuais (ABNT, 2020).

O Quadro 2 traz um exemplo de uma Análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats* – Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças), bem como alguns fatores internos e externos relevantes que afetam a habilidade de alcançar o(s) resultado(s) pretendidos com o SGA, do requisito 4.1.

Quadro 2 – Análise SWOT.

Fatores	Análise	
	Interna	
Internos	Forças	Fraquezas
Cultura corporativa da organização, administração, estrutura organizacional, funções e responsabilidades, políticas, objetivos e recursos estratégicos (capital, tempo, pessoas, processos, sistemas tecnológicos...), sistemas de informação, fluxos de informação e processos de tomada de decisão (formais e informais)...		
Externos	Externa	
Ambiente cultural, social, político, legal, regulamentar, financeiro, tecnológico, económico, natural e competitivo a nível internacional, nacional, regional ou local...	Oportunidades	Ameaças

Fonte: adaptada de Meireles (2018, p.8).

É recomendado, entre outros, que a organização leve também em consideração a integridade e desempenho dos ativos, os resultados de consequentes avaliações ou análises críticas; o porte, a complexidade e a criticidade dos ativos; *feedback* das falhas, incidentes, acidentes e emergências anteriores (ABNT, 2020).

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para a GA**: planejamento estratégico, objetivos e estratégia da GA; **organização e pessoas para a GA**: cultura organizacional, estrutura organizacional; **gestão de riscos**: engajamento das partes interessadas, desenvolvimento sustentável (LAFRAIA, 2020b).

2.2.1.2 Entendimento das necessidades e das expectativas das partes interessadas

Nesse requisito é necessário determinar as partes interessadas pertinentes ao SGA; levar em consideração os requisitos destas partes em relação à GA; os critérios para as tomadas de decisão em GA; os requisitos das partes interessadas para registro de informações financeiras e não financeiras pertinentes à GA, relatá-las interna e externamente (ABNT, 2014b).

Na contextualização dos fatores internos e externos é importante determinar quem são as partes interessadas e qual o valor (tipo de valor) que a empresa é capaz de fornecer ou agregar a cada uma delas (ZAMPOLLI et al., 2019).

As partes externas interessadas são clientes, usuários; fornecedores, prestadores de serviços e contratados; organizações não governamentais; organizações governamentais; contribuintes; comunidades locais; membros da sociedade interessados em sustentabilidade

social, financeira, ambiental ou outras formas de sustentabilidade; investidores, instituições financeiras, agências de classificação de crédito, corretoras e seguradoras; representantes externos dos funcionários (um funcionário da indústria/ sindicato, por exemplo) (ABNT, 2020).

As partes interessadas relevantes são os grupos dentro da organização: engenharia, manutenção, financeiro, contabilidade, custos, entre outros, e os clientes, usuários, fornecedores, prestadores de serviços, trabalhadores, acionistas e proprietários. As partes interessadas são as instituições financeiras, agências de classificação de risco, seguradoras, organizações e agências governamentais e a comunidade, entre outras (BUREAU VERITAS, 2019). O Quadro 3 traz uma lista hierárquica das partes interessadas e seus requisitos.

Quadro 3 – Lista hierárquica das partes interessadas e seus requisitos.

Parte Interessada	Requisitos para a GA
Cliente X	1 2 ... N
Fornecedor Y	1 2 ... N
Entidade Z	1 2 ... N

Fonte: adaptada de Meireles (2018, p.9)

Exemplos de requisitos de partes interessadas são resumidas por Márquez et al. (2020a) de diferentes contextos: **clientes**: entrega confiável de produtos/serviços, disponibilidade de produtos, qualidade dos produtos, segurança; **proprietários de ativos**: disponibilidade otimizada de equipamentos, atendimento aos padrões de qualidade de produtos, custo-benefício otimizado, eficiência maximizada, gastos operacionais minimizados (como, por exemplo, custo de operação), segurança; **mantenedores/gerentes de ativos**: gastos operacionais minimizados (como, por exemplo, custo de manutenção), confiabilidade maximizada de equipamentos, realização de acordos de nível de serviço; **reguladores/investidores**: custo-benefício otimizado, garantia de longo prazo, sustentabilidade, baixo preço das ações, baixo impacto ambiental, segurança.

A Figura 14 também traz exemplos de partes interessadas, seus requisitos e relação com o objetivo organizacional.

Figura 14 – Requisitos das Partes Interessadas.

Parte Interessada	Requisito	Objetivo Organizacional
Cientes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Garantia de que o produto é entregue quando previsto e na quantidade solicitada 2. Cumprimento das especificações do produto 3. Segurança 4. Rapidez da operação de carga 5. Rigor da faturamento 6. Cumprimento dos requisitos normativos e legais 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Confiabilidade dos Ativos 2. Disponibilidade dos Ativos 3. Segurança dos Ativos 4. Implementação de novas tecnologias que assegurem o cumprimento dos requisitos
Sócios	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuição de custos 2. Aumento de receitas 3. Segurança 4. Cumprimento dos requisitos normativos e legais 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ativos energeticamente mais eficientes 2. Tratamento adequado de resíduos
Fornecedores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planejamento adequado 2. Condições para prestação do serviço 3. Prazo de recebimento 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gestão de estoques 2. Controle da periodicidade de manutenções e inspeções de equipamentos 3. Gestão financeira eficaz 4. Negociação de prazos
Entidades Reguladoras	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cumprimento dos requisitos normativos e legais 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboração de cadernos de encargos e aquisição de Ativos que cumpram com as exigências normativas e legais 2. Tratamento adequado de resíduos, efluentes e emissões 3. Cumprimentos de planos de manutenção e inspeção adequados 4. Acompanhamento da publicação de legislação/normas importantes para o setor de atividade 5. Formação de Colaboradores e de utilizadores da instalação

Fonte: adaptada de Meireles (2018, p. 68).

O Quadro 4 traz mais exemplos.

Quadro 4 – Exemplos de expectativas e necessidades das partes interessadas.

Parte Interessada	Expectativas ou Necessidades típicas
Cientes	Atendimento ao nível de serviço acordado
Empregados	Satisfação no trabalho, carreira, segurança
Acionistas	Geração de valor, medido por meio do EVA (<i>Economic Value Added</i>)
Fornecedor	Continuidade da oportunidade de negócio
Sociedade	Responsabilidade como a economia por um todo: meio ambiente, segurança, conservação de energia e recursos
Regulador	Confiabilidade e integridade dos ativos

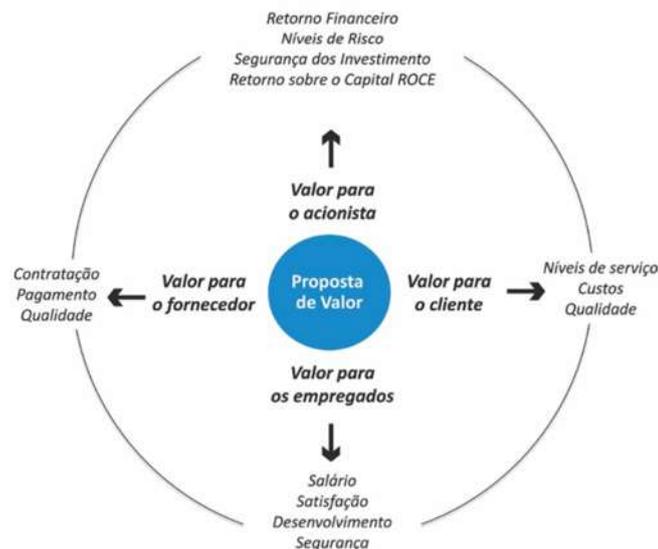
Fonte: adaptado de Lafraia (2020b).

Por meio de processos decisórios que incorporam critérios determinados pelas partes interessadas, um SGA pode determinar o valor de um ativo, desenvolvendo planos de GA que alcancem necessário desempenho e forneçam valor à organização (LAFRAIA, 2015).

O valor varia imensamente, dependendo da parte interessada. Investidores aspiram à combinação entre o máximo retorno financeiro a níveis aceitáveis de risco e segurança para os seus investimentos; clientes querem serviço ou produtos de alta qualidade com o mínimo custo possível; empregados consideram valor as condições de trabalho, a satisfação e o salário e a como sendo suas prioridades; órgãos de controle, regulação e as comunidades vizinhas valorizam segurança, meio ambiente e o impacto social (Kardec et al., 2014).

A Figura 15 traz as propostas de valor às diferentes partes interessadas da GA:

Figura 15 – Proposta de Valor para as Principais Partes Interessadas.



Fonte: Kardec et al. (2014)

O estudo de Viehs et al. (2014), de *stockholder* (acionista) para *stakeholder* (partes interessadas), traz uma correlação notável entre práticas diligentes de negócios de sustentabilidade e desempenho econômico: empresas com práticas robustas de sustentabilidade demonstram melhor desempenho operacional, o que se traduz em fluxos de caixa; e que práticas prudentes de sustentabilidade têm uma influência positiva no desempenho de investimento. Para os autores, responsabilidade e lucratividade não são incompatíveis, mas de fato totalmente complementares. Quando investidores e proprietários de ativos substituem a pergunta "quanto retorno?" por "quanto retorno sustentavelmente?", há evolução de uma parte interessada para outra.

Ter um programa de GA efetivo ajudará a organização a atender às expectativas das partes interessadas, e isso, por sua vez, levará a um aumento no número da satisfação dos clientes e melhoria da imagem corporativa que, finalmente, ajudará na consecução dos objetivos organizacionais (ALSYOUF et al., 2018).

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para a GA**: planejamento estratégico, análise de demanda; **tomada de decisões para GA**: tomada de decisões para investimentos, tomada de decisões para operação e manutenção, estratégia de recursos; **gestão de riscos**: engajamento das partes interessadas (LAFRAIA, 2020b).

2.2.1.3 Determinação do escopo do SGA

Nesse requisito, deve-se determinar os limites e aplicabilidade do SGA para designar o escopo, que deve ser alinhado ao SAMP e à política, considerando as questões externas e internas e as partes interessadas, assim como as interações com outros sistemas de gestão, se utilizados. A organização também deve definir o portfólio de ativos incluídos; além de disponibilizar o escopo como informação documentada (ABNT, 2014b).

Definir o escopo, que é definir o propósito e a sua abrangência, é uma das primeiras atividades realizadas e uma das partes mais importantes na implementação de um SGA, que é projetado essencialmente para apoiar a entrega de um plano estratégico organizacional, visando atender às expectativas das partes interessadas (ZAMPOLLI et al., 2019).

Convém à organização, ao eleger quais ativos ou sistemas de ativos farão parte do SGA, elaborar uma lista que identifique os ativos, a sua localização, principais características e sua importância e/ou criticidade. Segundo Lafraia (2020b), a norma não requer que todos os ativos da organização sejam incluídos no SGA, mas deve indicar nitidamente quais ativos estão sob seu controle.

A 55002:2020 recomenda que sejam considerados a abrangência, o agrupamento e a conectividade funcional dos ativos envolvidos na entrega de valor para clientes ou outras partes interessadas; e que aborde a relevância dos ativos considerados para inclusão no escopo e inclua todos os ativos significativos ao propósito da organização (ABNT, 2020).

Segundo Meireles (2018), pode-se fazer uma classificação ABC, análise de Pareto ou FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*, ou Análise do Modos e Efeitos de Falhas) ou FMECA (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*, ou Análise dos Modos e Criticidade dos Efeitos de Falhas) para justificar a escolha dos ativos; e alguns fatores que podem

influenciar a classificação de ativos de acordo com a sua criticidade são: (i) valor gerado pelos ativos no negócio; (ii) impacto da sua falha/indisponibilidade; (iii) riscos envolvidos na sua perda; (iv) custos de manutenção e substituição. O Quadro 5 traz uma lista de identificação dos ativos físicos apontados no SGA.

Quadro 5 – Lista de identificação dos ativos físicos incluídos no SGA.

Ativo físico	Localização	Características relevantes	Importância/Criticidade
1			
2			
N			

Fonte: Meireles (2018, p.10).

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para a GA**: planejamento estratégico, objetivos e estratégia da GA, política de GA, análise da demanda; **atividades de entrega do ciclo de vida**: manutenção de ativos; **gestão de riscos**: engajamento das partes interessadas (LAFRAIA, 2020b).

2.2.1.4 Sistema de Gestão de Ativos

A organização deve descrever como o SGA será estabelecido, implementado, mantido e melhorado, incluindo os processos necessários e suas intenções; e deve desenvolver um SAMP que inclua documentação do papel do SGA no sentido de apoiar a obtenção dos objetivos de GA (ABNT, 2014b).

O SAMP deve ser dimensionado para corresponder ao tamanho e/ou complexidade da organização; ter linguagem e termos inteligíveis a toda organização; usar gráficos e tabelas para otimizar a legibilidade; e ser um documento relativamente curto (BUREAU VERITAS, 2019).

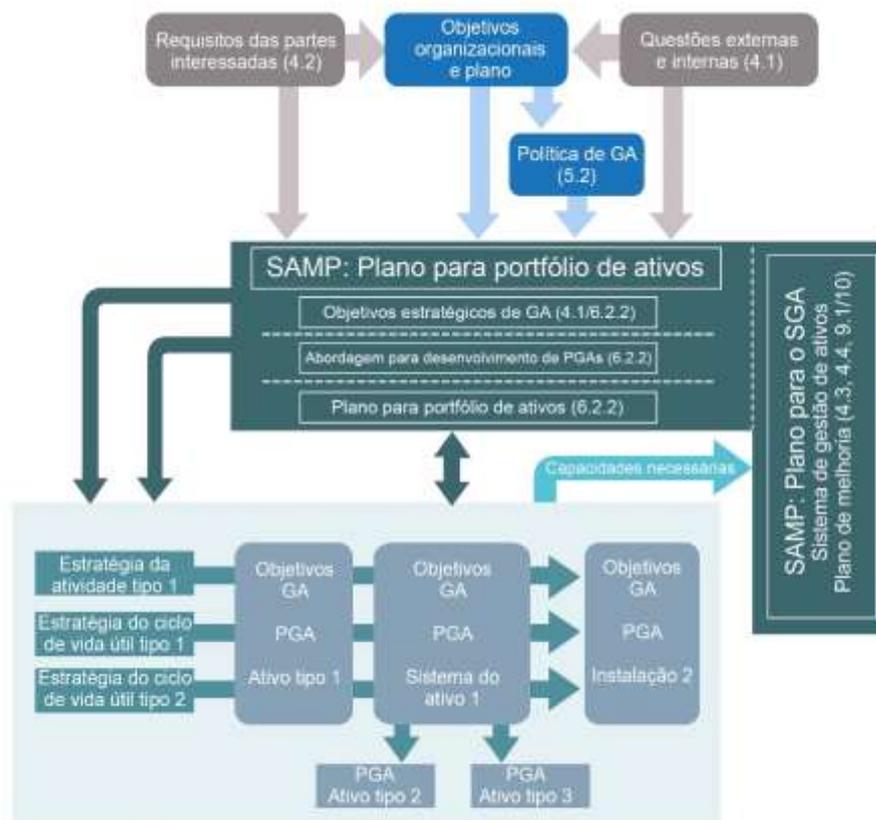
Apenas com um plano global, que abrange todos os aspectos da organização, é possível ter um SAMP robusto. É fundamental conhecer todos os ativos físicos e, preferencialmente, classificá-los através da análise ABC ou outro método. Este objetivo é facilmente alcançado se a empresa tem um sistema informatizado de gerenciamento da manutenção ou um sistema de gerenciamento de ativos corporativos corretamente carregado com os dados dos ativos físicos (FARINHA, 2018).

Para cada ativo ou conjunto de ativo do portfólio do SGA deve haver um PGA. O desenvolvimento do PGA deve incluir a análise do impacto das ações em cada fase do ciclo de vida e as necessidades diante das próximas. Um plano especial para emergências ou

contingências deve ser desenvolvido para os ativos críticos; e o plano de contingência deve oferecer planos para as possíveis falhas ou bloqueio de funcionamento dos ativos críticos, resultantes de eventos independentes ou coincidentes, e ser capaz de substituí-los rapidamente por outro reserva (ZAMPOLLI et al., 2019).

A Figura 16 apresenta o diagrama do conceito do SAMP.

Figura 16 – Diagrama do conceito SAMP.



Ref: os números de seção na Figura 5 referem-se à ABNT NBR ISO 55001.

GA: gestão de ativos.

PGA: plano de gestão de ativos.

Fonte: Zampolli et al. (2019, p. 18).

A elaboração do SAMP traz um diagnóstico inicial dos ativos que permitirá identificar lacunas e decidir onde é possível atuar de imediato e estabelecer prioridades. A organização pode elaborar um *Balanced ScoreCard* (BSC), que é uma ferramenta de gestão estratégica, que permite conciliar e complementar a informações financeiras com informações sobre clientes, processos internos, recursos e infraestruturas da empresa, como relacioná-los e definir indicadores de desempenho para cada um deles. Com o BSC, é possível definir no SAMP os

objetivos para cada uma das funções da empresa (qualidade, contabilidade, segurança, risco, recursos humanos, entre outros) do nível estratégico ao operacional. Com o acompanhamento dos indicadores de desempenho é possível acompanhar a evolução da execução dos objetivos definidos e realinhar estratégias, sempre que necessário (MEIRELES, 2018).

O Quadro 6 traz a utilização da matriz BSC.

Quadro 6 – Matriz BSC.

Perspectivas	Objetivos	Indicadores	Prazo	Ação	Responsáveis	Recursos	Monitoramento; Medidas	Monitoramento; Periodicidade	Supervisão, Auditorias; Revisão, Melhoria
1.Recursos financeiros 2.Outros Recursos 2.1.Ativos Físicos 2.2.Recursos Humanos 2.3.... 3.Processos Internos 3.1.Transportes 3.2.Armazenagem 3.3.Abastecimento/Enchimento 3.4.Segurança 3.5.Ambiente 3.6...									

Fonte: Meireles (2018, p.12).

O padrão ISO 55001 exige que as organizações desenvolvam objetivos de GA consistentes e alinhados aos objetivos organizacionais. Esses objetivos devem ser mensuráveis, assim como os resultados das atividades executadas para alcançá-los (ARTHUR et al., 2016). Para cada uma das possíveis perspectivas com a GA, deve ser definido um objetivo estratégico, sendo que os objetivos definidos devem ser SMART (*Specific, Measurable, Attainable, Realistic e Time bound*), ou seja, concretos, mensuráveis, atingíveis, realistas e datados (MEIRELES, 2018).

De acordo com a 55002:2020, não é indicado que o SGA opere isoladamente, pois um fator de sucesso na gestão de ativos é a capacidade de integrar seus processos, suas atividades e seus dados às outras funções da organização, como qualidade, contabilidade, segurança, riscos e recursos humanos (ABNT, 2020). Como muitas normas de sistema de gestão foram desenvolvidas através de uma estrutura em comum e compartilham aspectos entre elas, como

política, auditoria interna, controle de documentos, revisão da gestão, controle operacional, utilizar uma abordagem de SGI permite que o SGA seja construído sobre elementos de outros sistemas de gestão, como qualidade, meio ambiente, saúde e segurança e gestão de riscos.

A conformidade com os requisitos da norma é apenas o ponto de partida mínimo para atingir um SGA eficaz, e não uma meta final. Ir além da conformidade requer adotar os fundamentos da GA: alinhamento, garantia, liderança e valor (ABNT, 2020).

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para GA**: objetivos e estratégia da GA, política de GA, planejamento da GA; **organização e pessoas para gestão de ativos**: estrutura organizacional; **tomada de decisões para GA**: estratégia de recursos; **gestão de riscos**: análise crítica, auditoria e garantia (LAFRAIA, 2020b).

Segundo Nowakowski et al. (2017), as principais limitações na implementação do requisito “contexto da organização” são: (i) falha na identificação dos principais fatores de sucesso, (ii) não há análise SWOT e sua incorporação na definição de uma estratégia operacional; (iii) não usar outras ferramentas analíticas populares que permitam realizar uma avaliação de suas próprias atividades e concorrência; (iv) nenhum objetivo mensurável definido para o negócio; (v) falta de uma estratégia formalmente definida.

Como os artigos têm espaço limitado para mostrar um SAMP, ou não publicam por segurança, não há na literatura científica exemplos de como é um. Sendo assim, um exemplo do conteúdo de um SAMP: (i) escopo e diretrizes do plano; (ii) dados e descritivos dos ativos considerados; (iii) a GA dentro do contexto da organização; (iv) liderança e elementos (as pessoas envolvidas) na GA; (v) gerenciamento de desempenho e práticas de avaliação (pode-se utilizar, por exemplo, os requisitos de disponibilidade, taxa de falhas, custos, receita); (vi) estratégias de ciclo dos ativos (pode-se utilizar a ferramenta “curva da banheira” para decidir o que fazer em cada fase do ativo); (vii) previsões financeiras; (viii) planos de GA; (ix) estratégias de melhoria da GA; (x) acrônimos e abreviações, glossário, referências e apêndices (BUREAU VERITAS, 2019).

2.2.2 Liderança

Sem uma liderança pautada pelo exemplo e visível comprometimento, o paradigma da gestão de ativos não será estabelecido em toda a organização. O objetivo das lideranças, em todos os níveis gerenciais, deve ser transformar os fundamentos em crenças e valores em nível pessoal, em tal intensidade, que estes fundamentos sejam mais do que prioridades, já que as

prioridades mudam com frequência, enquanto que as crenças e os valores pessoais são constantes e não estão sujeitos a concessões (KARDEC et al., 2014).

Como já citado nesse texto, a liderança é um dos fundamentos dos fundamentos da GA, e um dos cinco principais assuntos, dos 39 assuntos do *landscape*, para profissionais da área.

Na cláusula 5 – Liderança, para que se cumpra cada um dos requisitos, será proposta uma metodologia, apresentada no Quadro 7, de acordo com o trabalho de Meireles (2018).

Quadro 7 – Requisito 5 da norma ISO 55001 – Liderança.

Requisito 5 – Liderança	Metodologia proposta
Requisito 5.1 – Liderança e comprometimento	Elaborar no SAMP
Requisito 5.2 – Política	Definir a Política de GA
Requisito 5.3 – Autoridades, responsabilidades e papéis organizacionais.	Delimitar as responsabilidades e autoridades dos papéis chave, quer internos, quer subcontratados

Fonte: adaptado de Meireles (2018, p.15).

2.2.2.1 Liderança e comprometimento

Nesse requisito, a alta direção deve demonstrar liderança e comprometimento em relação ao SGA, assegurando: que a política, o SAMP e os objetivos sejam estabelecidos e compatíveis; a integração dos requisitos; que os recursos estejam disponíveis; o alcance dos resultados pretendidos; e que a abordagem utilizada para o gerenciamento de risco na GA estejam alinhadas com a da organização; além de orientar e apoiar as pessoas a contribuir com a eficácia; promovendo a colaboração multifuncional e a melhoria contínua. (ABNT, 2014b).

A liderança e a cultura do local de trabalho são determinantes para realização de valor; e a GA exige que a gestão assuma a liderança e mostre compromisso (PAIS et al.; 2019). Para que a GA resulte em cultura organizacional, as lideranças de todos os níveis precisam entender essa nova maneira de pensar e agir (LAFRAIA, 2020a).

Segundo Zampolli et al. (2019), a alta administração são os líderes naturais e os responsáveis da GA. A liderança influencia, pelo exemplo e pelas atitudes, a forma como a organização desempenhará seu papel e, assim, resultar em cultura organizacional. Na NBR 55002:2020, a alta direção tem o poder de delegar autoridade se o escopo abranger apenas parte de uma organização, e nesse caso, a liderança se refere àqueles que dirigem e controlam esta parte (ABNT, 2020).

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para GA**: objetivos e estratégia da GA, planejamento da GA; **organização e pessoas para gestão de ativos**: liderança para GA, cultura organizacional; **gestão de riscos**: gestão e avaliação de riscos (LAFRAIA, 2020b).

Para ISO/TS 55010, para o alinhamento técnico e financeiro das funções organizacionais, a alta administração deve demonstrar liderança e comprometimento ao garantir, entre outros fatores, a consistência das várias políticas em sua intenção, linguagem e comunicação; que as funções financeiras e não financeiras tenham influência adequada nos processos de tomada de decisão; a implementação e manutenção do detalhamento compartilhado entre departamentos para identificar como um ativo é registrado (ISO, 2019c).

2.2.2.2 Política

Dentre as várias políticas que uma organização pode formular para atingir seus objetivos, expectativas e necessidades, há a política de GA, objeto desse estudo. Assim como quaisquer políticas, a política de GA deve ser autorizada e aderida pela alta direção, estar alinhada aos objetivos e às outras políticas da organização.

A elaboração da política de gestão de ativos é um processo complexo, que deve circundar a análise estratégica da situação da organização perante o mercado (ZAMPOLLI et al., 2019), e serve para corroborar que a organização considerou os fatores potenciais que influenciam os seus resultados (LAFRAIA, 2020b).

A política de GA é uma declaração breve que estabelece os princípios pelos quais a organização pretende aplicar a gestão de ativos para alcançar seus objetivos, e provê as intenções e a direção da organização (ABNT, 2020). A política deve ser consistente com os requisitos das partes interessadas, ser apoiada pela alta direção, efetivamente comunicada e regularmente revista com um compromisso de melhoria contínua do SGA (GFMAM, 2014).

Toda empresa necessita ter uma política clara de renovação de seus equipamentos, que devem ser substituídos, não apenas quando estiverem infalivelmente danificados, mas quando há risco iminente de falha do ativo; o impacto de uma provável falha ultrapassa o custo de substituição; uma falha presumível pode comprometer a confiabilidade e a segurança do sistema e de pessoas; os ativos se tornaram obsoletos e ineficientes para operar; os ganhos com a substituição resultarão em melhoria de indicadores relativos ao desempenho da empresa, à segurança de pessoas, e do meio ambiente (ZAMPOLLI et al., 2019).

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para GA**: política GA; **organização e pessoas para gestão de ativos**: liderança para GA, cultura organizacional (LAFRAIA, 2020b).

Assim como a política de GA deve ser apoiada pela alta direção, para ISO/TS 55010 (2019), a alta direção deve aderir e garantir, através da política estabelecida, o papel do alinhamento entre as funções financeiras e não financeiras; além de se comprometer a prover as informações, conhecimentos e recursos necessários para alcançar, manter e melhorar continuamente esse alinhamento. As funções técnicas e financeiras devem estar disponíveis às tomadas de decisões de substituição, renovação, manutenção, entre outras, garantindo que as decisões sejam informadas e equilibre as necessidades financeiras e os requisitos de desempenho dos ativos.

2.2.2.3 Autoridades, responsabilidades e papéis organizacionais

Segundo a ABNT (2014), a alta direção deve assegurar que as responsabilidades e autoridades para os papéis relevantes sejam atribuídas e comunicadas dentro da organização e deve atribuir a responsabilidade e autoridade para: estabelecer e atualizar o SAMP, incluindo os objetivos da GA; estabelecer e atualizar o(s) plano(s) de GA; assegurar: que o SGA apoie as entregas do SAMP; que o SGA esteja em conformidade com os requisitos da norma; a pertinência, adequação e eficácia do SGA; relatar o desempenho do SGA à alta direção.

As atividades e responsabilidades da gestão econômica de ativos são de responsabilidade de vários departamentos: manutenção, financeiro, contábil, engenharia e comercial. A manutenção fica responsável pelas ações a serem executadas nos ativos físicos, o financeiro responsável pelo orçamento dos projetos, o contábil pelas tributações referentes para cada ativo, a engenharia pelas operações e, por último, o departamento comercial cuidando dos contratos (CESCA, 2012; ROIZ, 2016). Outras atividades e responsabilidades podem ser definidas no SAMP.

Cesca (2012) e Roiz (2016) citam as principais atividades da gestão da gestão econômica de ativos são:

- Identificação das principais necessidades da empresa: avaliar se os gastos com manutenção e aquisição de equipamentos estão elevados em comparação com as receitas;
- Avaliação dos equipamentos: avaliar as condições de operação e manutenção dos equipamentos, se estão operando nas condições adequadas, e se a produção é

consistente com a capacidade produtiva dos equipamentos, além de verificar se as manutenções ocorrem como o planejado;

- Modelagem dos custos: é necessário modelar os custos de operação e manutenção ao longo do tempo, de modo que seja possível realizar previsões destes custos;
- Monitoração e revisão: monitorar os custos dos ativos e analisar se a modelagem foi bem-sucedida;
- Descarte: com os anos, conforme os custos de manutenção e operação forem aumentando, pode ocorrer a necessidade de substituir os equipamentos. Além dos custos de manutenção, deve ser observado que a substituição pode ocorrer por razões de outra natureza, tais como tecnológicas, regulatórias, contratuais; entre outras.

Como mostra a Figura 17, é possível observar a estrutura de organização da gestão econômica de ativos.

Figura 17 – Organização da gestão econômica de ativos em uma empresa.



Fonte: Cesca (2012, p. 4).

As principais responsabilidades da GA são: (i) previsão e tendências de demandas de serviços; (ii) previsão e tendências de custos de manutenção e operação; (iii) administração financeira de capital; (iv) estratégias de aquisição de ativos físicos; (v) substituição de equipamentos em operação; (vi) inovação tecnológica e obsolescência de ativos; (vi) análise de

risco de produção e confiabilidade das condições de operação dos equipamentos (CESCA, 2012).

Várias funções da GA podem ser atribuídas a uma mesma pessoa. Em organizações de pequeno ou médio porte, porém a escala menor não altera a necessidade de comunicar os arranjos a outras partes interessadas, ou de esclarecer a responsabilidade dessa pessoa (ABNT, 2020). Para Meireles (2018), é indispensável identificar os responsáveis por cada atividade e atribuir a cada um as autoridades, responsabilidades e os papéis que lhes competem. As autoridades estabelecem o grau de autonomia e poder de decisão de cada função; as responsabilidades esclarecem as obrigações e os deveres de cada função; e os papéis descrevem a função que cada um desempenha dentro da organização. O Quadro 8 traz uma forma possível de resumir os papéis, responsabilidades e autoridades relevantes para a GA, e, ao menos, os responsáveis nomeados no SAMP devem constar desta lista.

Quadro 8 – Autoridades, responsabilidades e papéis relevantes para a GA.

Identificação do Colaborador	Papel	Responsabilidade	Autoridade	Superior Hierárquico	Departamento/Seção
A					
...					
N					

Fonte: Meireles (2018, p.14).

A gestão de ativos de físicos requer a cooperação de várias partes interessadas de diferentes departamentos, e cada um tem diferentes interesses, pontos de vista e perspectivas; seu desempenho é influenciado por, e dependente de pessoas e como elas são orientadas. A gestão das competências humanas nas organizações aumenta a vantagem competitiva, inovação e eficácia (AL MARZOOQI et al., 2018).

A GA é multidisciplinar e complexa porque requer processos bem estabelecidos e controlados, recursos humanos treinados, gestão eficaz das informações, integração entre áreas técnicas e gerenciais e liderança altamente comprometida (LIMA, COSTA, 2019).

No requisito “liderança”, as limitações encontradas na implementação da norma foram: (i) nenhuma política formal de gerenciamento de recursos, incluindo a política de pessoal; (ii) vasta gama de competências e poderes atribuídos a um grupo restrito de gerentes (NOWAKOWSKI et al., 2017).

Para Assis (2013), os fatores humanos, tais como liderança, motivação e cultura são críticos para o sucesso de uma gestão otimizada e sustentada por ativos físicos em uma empresa ou outra instituição.

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para GA**: objetivos e estratégia da GA, planejamento da GA; **organização e pessoas para gestão de ativos**: estrutura organizacional; **tomada de decisões para GA**: estratégia de recursos; **gestão de riscos**: análise crítica, auditoria e garantia (LAFRAIA, 2020b).

2.2.3 Planejamento

Para que se cumpra cada um dos requisitos, será proposta uma metodologia, apresentada no Quadro 9, também de acordo com o trabalho de Meireles (2018).

Quadro 9 – Requisito 6 da norma ISO 55001 – Planejamento.

Requisito 6 – Planejamento	Metodologia proposta
Requisito 6.1 – Ações para tratar os riscos e oportunidades para o sistema de gestão de ativos	Identificar riscos/ oportunidades da GA e definir ações para os minimizar/maximizar Definir os objetivos da GA Elaborar planos de contingência
Requisito 6.2 – Objetivos da gestão de ativos e planejamento para o alcance dos objetivos da gestão de ativos	Estabelecer um plano para concretizar os objetivos definidos em 6.1 Definir um plano para gerir o ciclo de vida dos ativos que fazem parte do âmbito da gestão

Fonte: adaptado de Meireles (2018, p.20).

2.2.3.1 Ações para tratar os riscos e oportunidades para o SGA

Risco é uma combinação das consequências de um evento, incluindo mudanças nas circunstâncias, e a probabilidade de ocorrência associada ao evento. Descomplicando: risco é a divisão do perigo pelo controle e quanto menor o perigo e maior o controle, menor o risco; o perigo está associado às ameaças e o controle à probabilidade de ocorrência. A abordagem baseada na gestão do risco está no centro da GA, pois o risco pode ter um impacto positivo ou negativo nos seus objetivos. Riscos positivos podem ser oportunidades a serem absorvidas para garantir o sucesso organizacional, enquanto riscos negativos são uma ameaça ao alcance desses objetivos (LAFRAIA, 2020a).

Segundo a ISO 31000:2018, todos os tipos e tamanhos de organização enfrentam fatores externos e internos que tornam incerto se elas atingirão seus objetivos. Gerenciar riscos é iterativo e apoia as organizações no estabelecimento de estratégias, no alcance de objetivos e na tomada de decisões; é fundamental para a maneira como a organização é gerenciada em todos os níveis; é parte de todas as atividades associadas à organização e inclui interação com as partes interessadas; considera os contextos externos e internos, incluindo o comportamento humano e os fatores culturais (ABNT, 2018).

Os objetivos de se praticar a gestão de riscos na GA são: garantir que o SGA alcance os resultados esperados; prevenir ou reduzir eventos e efeitos indesejáveis; determinar novas oportunidades; obter a melhoria contínua. Considerando que os riscos e oportunidades podem mudar com o tempo, é importante que essa avaliação seja periódica para promover a devida mudança para alcançar os objetivos (ZAMPOLLI et al., 2019).

Para determinar os riscos, é necessário considerar as questões externas e internas relevantes ao propósito da organização, que podem afetar a sua capacidade de alcançar os resultados pretendidos; uma análise SWOT é uma ferramenta simples para descobrir os fatores internos e externos que afetam o negócio (LAFRAIA, 2020b). A Figura 18 traz uma matriz de análise SOWT ou FOFA (Forças, Oportunidades, Fraquezas, Ameaças).

Figura 18 – Matriz FOFA com o foco estratégico e análise de risco.



Fonte: Lafraia (2020b).

As forças são as características da organização, tangíveis ou não, que podem ser potencializadas para otimizar seu desempenho; as fraquezas também são características da organização, tangíveis ou não, que devem ser minimizadas para evitar influência negativa sobre seu desempenho; as oportunidades são situações externas, atuais ou futuras que, se adequadamente aproveitadas pela organização, podem influenciá-la positivamente; e as

ameaças são situações externas, atuais ou futuras que, se não eliminadas, minimizadas ou evitadas pela organização, podem afetá-la negativamente. Deve-se fazer a análise do risco quando uma fraqueza é uma ameaça.

O risco atinge o ciclo de vida toda de um ativo e é gerenciado através da identificação, análise, avaliação e mitigação, para garantir a capacidade dos ativos. É uma atividade imprescindível em todos os níveis de um negócio administrados com foco nos ativos e todas as despesas e custos representam uma forma de gestão de riscos (LAFRAIA, 2020a).

A avaliação de risco é comum a todos os assuntos dentro do cenário da GA (GFMAM, 2014) e utiliza os resultados da identificação e da análise dos riscos para apoiar a decisão sobre os cuidados futuros (LAFRAIA, 2020a).

A primeira etapa na realização de uma avaliação de risco é identificar os eventos indesejados que podem causar um impacto negativo em uma parte ou na totalidade de um sistema; essa etapa é chamada de identificação de risco ou perigo. Posto que os eventos indesejados tenham sido identificados, a próxima etapa na avaliação de risco é determinar a probabilidade e o impacto desse evento (RAUSAND; HAUGEN, 2020; SYED; LAWRYSHYN, 2020).

O objetivo de uma análise de probabilidade é obter uma medida da frequência da ocorrência de um evento indesejado (as frequências podem, por exemplo, ser expressas por ano, por voo ou por operação e é necessário, também, esclarecer se isso deve ser para uma planta específica, uma empresa, um país ou outras unidades). O objetivo de uma análise de consequências é obter uma medida da perda potencial incorrida como resultado de um evento indesejado (RAUSAND; HAUGEN, 2020; SYED; LAWRYSHYN, 2020).

Uma matriz de risco é usada para avaliar o risco de um único cenário, e é construída definindo níveis de probabilidade ao longo de uma linha (ou coluna) e níveis das consequências ao longo de uma coluna (ou linha). Cada célula na matriz, definida por um par linha-coluna (ou seja, um par de probabilidade e consequência) tem uma tolerabilidade associada, que orienta um tomador de decisão ao definir a urgência do tratamento de risco (SYED; LAWRYSHYN, 2020).

Os valores quantitativos, da análise do impacto da consequência e da probabilidade do evento, são comparados a um nível de aceitabilidade de risco previamente acordado para cada critério (LAFRAIA, 2020a). Usar categorias de frequência é a melhor opção para garantir que as palavras não sejam interpretadas de maneiras diferentes. O Quadro 10 mostra essas frequências (RAUSAND; HAUGEN, 2020).

Quadro 10 – Frequência das categorias.

Categoria	Frequência (por ano)	Descrição
5. Razoavelmente Normal	10 – 1	Evento que se espera que ocorra frequentemente
4. Ocasional	1 – 0,1	Evento que acontece de vez em quando e normalmente será experimentado pelo pessoal
3. Possível	10 ⁻¹ – 10 ⁻²	Evento raro mas possivelmente será experimentado pelo pessoal
2. Remoto	10 ⁻² – 10 ⁻³	Evento muito raro que não necessariamente será experimentado em qualquer planta semelhante
1. Improvável	10 ⁻⁴ – 0	Evento extremamente raro

Fonte: adaptado de Rausand; Haugen (2020, p.149).

As consequências de um acidente podem ser classificadas em diferentes níveis, de acordo com sua gravidade. O Quadro 11 traz uma classificação dessas consequências.

Quadro 11 – Classificação das consequências de acordo com sua gravidade.

Categoria	Pessoas	Ambiente	Propriedade
5. Catastrófico	Várias fatalidades catastróficas	Tempo para restituição de recursos ecológicos ≥ 5 anos	Perda total do sistema e grande dano fora da área do sistema
4. Perda severa	Uma fatalidade	Tempo para restituição de recursos ecológicos = 2–5 anos	Perda da parte principal de sistema; Produção interrompido por meses
3. Danos maiores	Incapacidade permanente; tratamento hospitalar prolongado	Tempo para restituição de recursos ecológicos ≤ 2 anos	Sistema considerável danificar; Produção interrompido por semanas
2. Dano	Tratamento médico e lesão com afastamento	Ambiental local dano de curto duração (≤ 1 mês)	Pequenos danos ao sistema; influência menor na produção
1. Danos leves	Lesões leves, aborrecimento, perturbação	Dano ambiental menor	Dano em propriedade menor

Fonte: adaptado de Rausand; Haugen (2020, p.150).

A Figura 19 mostra essa estrutura unificada de avaliação de riscos.

Figura 19 – Matriz de avaliação de risco.



Fonte: Lafraia (2020a, p.151).

A área vermelha significa risco inaceitável, intolerável e requer tratamento imediato; na área amarela o risco é tão baixo quanto razoavelmente praticável - ALARP (*A Low As Reasonably Practicable*); na área verde o risco é amplamente tolerável e seu tratamento pode ser realizado, mas não obrigatório (LAFRAIA, 2020a; SYED, LAWRYSHYN, 2020).

O Quadro 12 traz as categorias das consequências comumente usadas.

Quadro 12 – Severidade das consequências.

Categoria	Descrição
Catastrófico	Qualquer falha que possa resultar em mortes ou ferimentos ou evitar o desempenho da missão pretendida
Crítico	Qualquer falha que degradará o sistema além dos limites aceitáveis e criar um risco de segurança (pode causar morte ou ferimentos se a ação corretiva não é realizada imediatamente)
Maior	Qualquer falha que degradará o sistema além dos limites aceitáveis mas pode ser neutralizado ou controlado adequadamente por meios alternativos
Menor	Qualquer falha que não prejudique o desempenho geral além dos limites aceitáveis

Fonte: adaptado de Rausand; Haugen (2020, p.151).

Os planos de contingência são indispensáveis à GA e são para aqueles eventos que podem impactar o alcance dos objetivos, por falhas na execução dos planos ou para falhas nos ativos, já que sua elaboração, normalmente, decorre de práticas desconexas do mundo do

gerenciamento da operação e da manutenção (LAFRAIA, 2020b). A Figura 20 mostra o processo de avaliação do risco para planos de GA e planos de contingência.

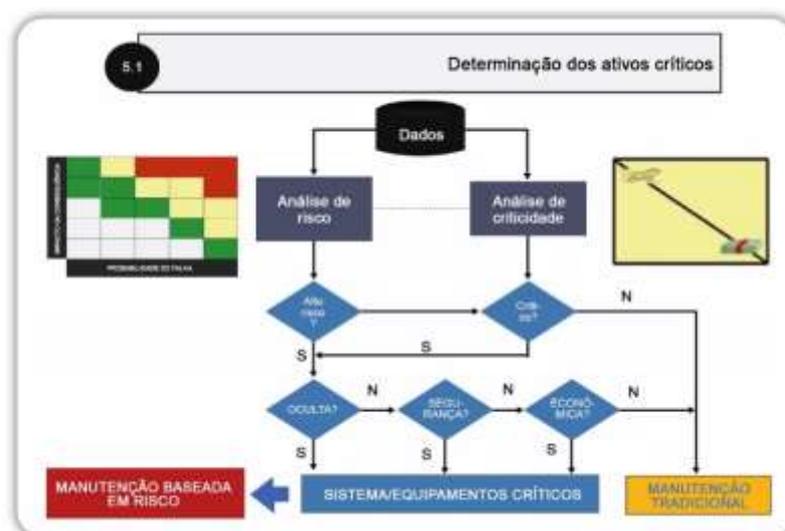
Figura 20 – Processo de Avaliação de Risco para elaboração dos Planos de Gestão de Ativos.



Fonte: Lafraia (2020b).

As Figuras 21, 22 e 23 mostram os passos necessários para preparação e resposta para emergência; esses planos são de cenários de falhas dos equipamentos que seriam inaceitáveis, sem ações de controle e mitigação. A Figura 21 mostra o processo para levantamento de planos de emergência e contingência.

Figura 21 – Exemplo do processo para levantamento de planos de emergência e contingência.



Fonte: Lafraia (2020b).

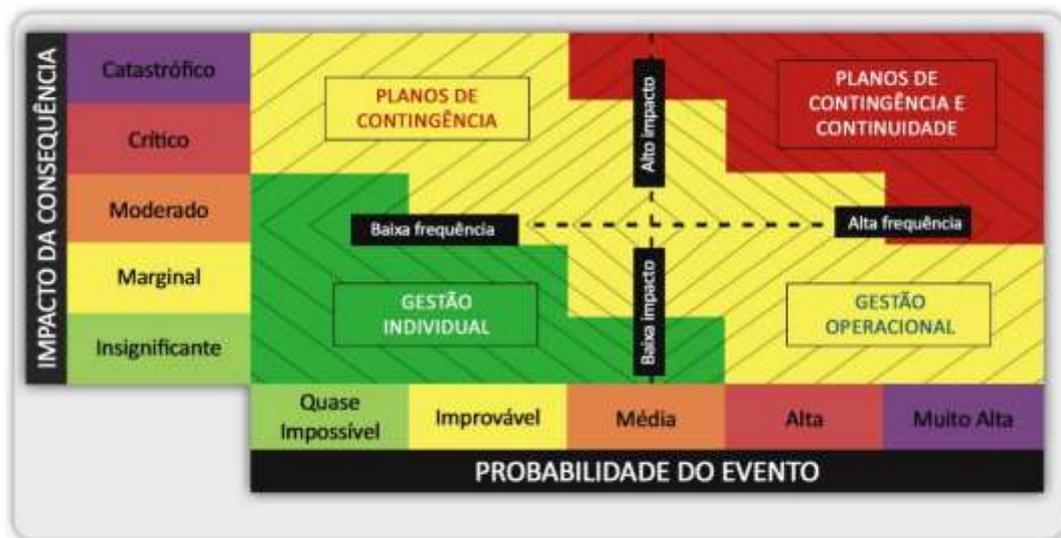
Voltando aos critérios da Figura 19, os eventos que caem nas áreas vermelhas, sem as mitigações são aqueles eventos “muito importantes” que se recomenda a aplicação de planos de contingência; os eventos que se situam nas áreas amarelas são riscos de “importância média”, quando é preciso se planejar logo; os eventos das áreas verdes são “menos importantes” e fazem parte de um processo de gestão individual (LAFRAIA, 2020b).

Na GA os eventos que se situam na área amarela, baixo impacto e alta frequência, são tratados na gestão operacional da GA, por meio dos procedimentos operacionais críticos, planos de manutenção e substituição, fornecedores, entre outros.

A organização deve elaborar uma lista hierárquica dos riscos associados para os diferentes ativos e de acordo com os objetivos da sua gestão, em função do impacto e da probabilidade de ocorrência. Para os ativos críticos deve existir um plano de contingência, que possa prever soluções e procedimentos para acontecimentos que possam ocorrer e causar impacto nas atividades da organização (MEIRELES, 2018).

A Figura 22 esclarece esses critérios e quais planos devem ser feitos.

Figura 22 – Ações relativas ao grau de risco.



Fonte: Lafraia (2020b).

A Figura 23 traz um exemplo do processo para levantamento de planos de gestão operacional.

Figura 23 – Exemplo do processo para levantamento de planos de gestão operacionais.



Fonte: Lafraia (2020b)

Ainda na Figura 19, onde se encontra “nada é impossível”, trata-se de eventos quase impossíveis de acontecer, mas de consequência catastrófica; são muito difíceis de serem previstos, mas quando ocorrem, podem ser interruptivos. É imprescindível tratar os eventos de alto impacto com baixa frequência e quase impossíveis, ignorados pelas organizações (LAFRAIA, 2020b).

Os riscos, após caracterizados, podem ser classificados com a probabilidade de o acontecimento indesejável ocorrer, e com as consequências que tal acontecimento possa ter no alcance dos objetivos planejados para a GA ou para os objetivos da organização; depois, deve-se hierarquizá-los e definir métodos para os eliminá-los ou suavizá-los. Já as oportunidades, após identificadas, devem ser hierarquizadas levando em consideração o tempo em que podem ser transformadas em algo útil à GA, e tendo em consideração os efeitos desejáveis e melhorias potenciais que representam e que delas possam vir. O tratamento de riscos e oportunidades deve ser incluído no SGA; para os riscos e as oportunidades identificados deve ser estabelecida uma forma de monitorar e avaliar a forma como são tratados, sempre alinhada com a gestão de riscos da organização (MEIRELES, 2018).

O Quadro 13 traz uma metodologia simples para a prática a gestão de riscos e oportunidades.

Quadro 13 – Gestão de riscos e oportunidades.

Risco/ Oportunidade	Plan		Do		Check		Action	
	Probabilidade de ocorrer	Impacto	Hierarquia	Medição para minimização do risco; Maximização da oportunidade	Responsável	Prazo	Monitoramento – indicador e periodicidade	Plano de contingência ou Plano de continuidade do negócio
:: X Y Z								

Fonte: Meireles (2018, p.16).

Segundo a ISO 55002:2020, um ponto importante do planejamento é a identificação de eventos nos quais a funcionalidade do ativo é comprometida, incluindo eventos potencialmente catastróficos, que a função do ativo seja completamente perdida. Os riscos que não podem ser eliminados ou controlados, convêm que sejam estabelecidos planos de contingência e ações de resiliência, que assegurem que os objetivos de negócios sejam cumpridos, na medida do possível, e que a funcionalidade seja restaurada (ABNT, 2020).

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para GA**: planejamento da GA, análise da demanda; **tomada de decisões para GA**: tomada de decisões para investimentos, tomada de decisões para operações e manutenção, estratégia de paradas e interrupções para modificação de projeto, estratégia de recursos, estratégia de mobilização de recursos; **gestão de riscos**: gestão e avaliação de riscos (LAFRAIA, 2020b).

Segundo Stouffer et al. (2015), que escreveram o Guia para Segurança de Sistemas de Controle Industrial (*Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security*), a avaliação de riscos incorpora análises de ameaças e vulnerabilidades. A avaliação do risco requer que as organizações identifiquem suas ameaças e vulnerabilidades, os danos que tais ameaças e vulnerabilidades podem causar à organização e a probabilidade de eventos adversos decorrentes dessas ameaças e vulnerabilidades podem realmente ocorrer.

Para Argyroudis et al. (2019), a vulnerabilidade é um componente fundamental do risco e seu entendimento é importante para caracterizar a confiabilidade dos ativos para mitigar os riscos.

Segundo Allen e Derr (2016), para entender o risco é necessário a compreensão dos diferentes elementos e como eles se encaixam. **Ativos** são pessoas, propriedades e informações;

as pessoas podem ser funcionários e clientes; ativos intangíveis incluem reputação e informações proprietárias e as informações podem incluir bancos de dados, código de software, registros críticos da empresa e muitos outros itens intangíveis. **Ameaça** é qualquer coisa que possa explorar uma vulnerabilidade, intencionalmente ou acidentalmente, e obter dano ou destruir um ativo. **Vulnerabilidade** são fraquezas ou lacunas em um programa de segurança que pode ser explorado por ameaças para obter acesso não autorizado a um ativo; uma vulnerabilidade é uma fraqueza ou lacuna nos esforços de proteção. **Risco** é o potencial de perda, dano ou destruição de um ativo como resultado de uma ameaça explorando uma vulnerabilidade.

Os estudos sobre análise da vulnerabilidade tratam da segurança das informações, dos ativos físicos que contêm as informações, de medidas de controle para reduzir o risco em relação aos incidentes e ataques que podem sofrer. Alguns estudos, no entanto, abordam a análise da vulnerabilidade de organizações que estão expostas a eventos perigosos, como acidentes graves no projeto de novas instalações, incêndios, explosões; e de grandes estruturas: ferrovias, sistemas de transportes e outros, que segundo Argyroudis et al. (2019), estão altamente vulneráveis a perigos naturais, e os danos físicos a esses ativos podem causar perturbações significativas e impacto socioeconômico. Para Rausand e Haugen (2020), há duas categorias principais de avaliações de risco ambiental: (i) onde o meio ambiente é um ativo que precisa ser protegido e (ii) onde o meio ambiente é o perigo.

Ainda para Rausand e Haugen (2020), a avaliação de risco é aplicada em algumas principais áreas, e entre eles estão: os **fatores organizacionais**, que têm forte influência no risco, especialmente para erros humanos e confiabilidade humana. Fatores organizacionais importantes a esse respeito incluem cultura de segurança, treinamento, planejamento do trabalho, análises de segurança do trabalho e assim por diante. Fatores organizacionais podem também influenciar a confiabilidade técnica diretamente por meio do planejamento de manutenção, fornecimento de ferramentas, supervisão e assim por diante. E a **manutenção na avaliação de risco**, já que vários estudos têm mostrado que uma elevada porcentagem de acidentes fatais na indústria pode ser atribuída à manutenção. Os acidentes ocorrem tanto durante as ações de manutenção, por manutenção realizada de forma inadequada, ou por falta de manutenção.

2.2.3.2 Objetivos da gestão de ativos e planos para alcançá-los

2.2.3.2.1 Objetivos da GA

De acordo com a ANBT (2014), a organização deve estabelecer os objetivos da GA para as funções e níveis relevantes, considerando os requisitos das partes interessadas relevantes e outros requisitos financeiros, técnicos, legais, regulatórios e organizacionais no processo de planejamento da GA. A organização também deve manter informações documentadas sobre os objetivos da GA.

Os objetivos da gestão de ativos devem ser: consistentes e alinhados com os objetivos organizacionais; consistentes com a política de gestão de ativos; estabelecidos e atualizados usando os critérios de tomada de decisão em gestão de ativos; estabelecidos e atualizados como parte do SAMP; mensuráveis (se aplicável); monitorados; comunicados às partes interessadas pertinentes; analisados criticamente e atualizados conforme apropriado; levar em consideração requisitos aplicáveis. (ABNT, 2014b). Se a organização possui um histórico, mesmo que incompleto, a definição dos objetivos pode ser feita como no Quadro 14.

Quadro 14 – Definição de objetivos em função do tipo de ativos.

Na GA:	Para portfólios de ativos :
Retorno sobre o capital investido (ROI – <i>Return on Investment</i>); Desempenho (plano); Avaliação da maturidade da GA (<i>benchmarking</i>); Índices de satisfação de clientes; Resultados de inquéritos sobre a sociedade ou sobre a sua reputação; Impactos ambientais (p. ex. emissões de carbono)	ROI
Para sistemas de ativos:	Para ativos:
Disponibilidade do sistema de ativos; Desempenho do sistema de ativos (p. ex., tempo de disponibilidade, eficiência); Custo unitário do produto ou do serviço.	Confiabilidade (tempo médio /distância média entre falhas); Condição, desempenho ou índice de estado do ativo; Custos do Ciclo de Vida; Tempo de vida útil; Desempenho energético do ativo

Fonte: adaptado de Meireles (2018, p.23).

A Figura 24 traz mais exemplos de objetivos organizacionais e objetivos da GA (resultados mensuráveis) e os planos para atingir esses resultados.

Figura 24 – Exemplo de objetivos da GA.



Fonte: Lafraia (2020b).

Segundo Meireles (2018), para que os objetivos sejam alcançados, é recomendado usar a ferramenta “5W2H” (*Who? What? When? Where? Why? How? How much?*), ou seja, “quem? o que? quando? onde? por que? como? quanto?”, ficando determinado, assim, para cada objetivo, o responsável, o prazo, o departamento, os recursos, e ainda o respetivo custo. Os objetivos devem ser estabelecidos para a GA para o portfólio de ativos, para sistemas de ativos ou ainda para ativos isolados.

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para GA**: objetivos e estratégia da GA, planejamento da GA; **tomada de decisões para GA**: tomada de decisões para investimentos, tomada de decisões para operações e manutenção, estratégia de paradas e interrupções para modificação de projeto, estratégia de recursos, estratégia de mobilização de recursos; **gestão de riscos**: engajamento das partes interessadas, gestão de mudanças, desenvolvimento sustentável, valorização e custo do ativo (LAFRAIA, 2020b).

2.2.3.2.2 Planejamento para o alcance dos objetivos da GA

O objetivo do planejamento é derivar os objetivos de GA e determinar as atividades e recursos necessários para alcançá-los. O planejamento é um processo iterativo que combina direção estratégica, objetivos e planos de cima para baixo e identificação de necessidades de baixo para cima, com base no desempenho atual dos ativos, da GA e do SGA. Convém que os custos do ciclo de vida (custos e despesas de capital, operacionais e financeiras) sejam considerados no processo de tomada de decisão (ABNT, 2020). O Quadro 15 propõe um planejamento para alcançar os objetivos da GA.

Quadro 15 – Planejamento para alcançar os objetivos da GA.

Ativo	Plan			Do			Check			Action		
	Objetivos	Indicadores	Prazo	Custos previstos	Ação	Responsável	Recursos	Custos Reais	Monitoramento – medidas	Monitoramento – periodicidade	Custos previstos – custos reais	Supervisão, auditoria – Revisão_melhoria

Fonte: Meireles (2018, p.18).

Além do planejamento para atingir os objetivos da GA, cabe elaborar um plano que contemple os processos e métodos que serão utilizados para gerenciar o ciclo de vida de cada ativo que esteja contemplado no portfólio de ativos do SAMP.

Para Zampolli et al. (2019) o SAMP deve abordar para elaboração do portfólio de ativos:

- Estratégia: nível de serviço requerido (confiabilidade, segurança, requisitos regulatórios, aceitabilidade, impacto ambiental, e outros); horizonte/cronograma do plano estratégico; informações financeiras/expectativas de retorno dos investimentos; papéis e responsabilidades; gestão de riscos; integração com outros sistemas de gestão.
- Ciclo de vida: especificação/projeto; aquisição; operação; manutenção; renovação/substituição; expansão; introdução de novas tecnologias; descarte.
- Indicadores: descrição; intervalo de mensuração; metas.

Sendo assim, o Quadro 16 propõe um plano para a gestão do ciclo de vida, baseado nos itens citados acima.

Quadro 16 – Plano para a gestão do ciclo de vida dos ativos.

Estratégia
Nível de serviço requerido (confiabilidade, segurança, requisitos legais, e ambientais, etc.); Horizonte/cronograma do plano estratégico; Informações financeiras/expectativas de retorno dos investimentos; Papéis e responsabilidades; Gestão de riscos; Integração com outros sistemas de gestão.
Ciclo de Vida
Especificação/Projeto; Aquisição; Operação; Manutenção; Renovação/Substituição; Expansão; Introdução de Novas Tecnologias; Alienação
Indicadores de Performance
Descrição; Periodicidade de Mensuração; Metas

Fonte: Meireles (2018, p.19).

Para a ABNT (2014), a organização deve integrar o planejamento para alcance dos objetivos da GA com outras atividades de planejamento organizacional, incluindo financeiras, de recursos humanos e outras funções de apoio. Ao planejar como alcançar os objetivos da gestão de ativos, a organização deve determinar os critérios de tomada de decisão, os recursos necessários, quem será responsável, quando serão concluídos, como os resultados serão avaliados, o período de análise crítica, ações para tratar os riscos e oportunidades associados à GA.

Estabelecer os objetivos estratégicos da GA alinhados aos objetivos da organização, estabelecer a integração da política e do SGA com os outros sistemas de gestão, assim como traçar os planos, os responsáveis e um cronograma para atingir os objetivos, faz parte da Estratégia, tratada pela revisão até o momento. O Ciclo de Vida e a realização dos seus estágios serão tratados em Tomadas de Decisão em GA, que é a próxima seção; e o estágio da substituição terá uma subseção dedicada a ele. Então há ainda, os Indicadores de Performance.

Não há sentido construir um SAMP se ele não entregar resultados, e a política de GA, que é um dos produtos finais desse estudo, trata exatamente disso. Como mostra a Figura 8 (p.

37), a política de GA está entre o SAMP e objetivos e planos de GA; os objetivos de GA são os resultados mensuráveis e os planos de GA são as atividades e recursos para atingir esses resultados. Para medir os resultados é necessário estabelecer os indicadores de desempenho, ou indicadores de performance, de longo e curto prazos, dos estratégicos aos operacionais, do SGA aos ativos.

A melhoria contínua dos SGAs exige um sistema robusto de medição de desempenho que permita que as organizações compreendam o desempenho de vários elementos dentro do SGA garantindo que (i) os KPIs e metas organizacionais sejam alcançados; e (ii) ações corretivas dos elementos do SGA que não estão apresentando bom desempenho (ATTWATER, 2014). Como a medição de desempenho dos SGAs é uma área pouco compreendida, tanto em termos de prática industrial quanto de pesquisa acadêmica, Attwater et al. (2014) pesquisaram a situação de medição de desempenho através da literatura e entrevistas com várias empresas proprietárias/operacionais de ativos de diversos setores para obter evidências das práticas de GA. A análise da literatura e da prática identificou grandes lacunas; e que embora a importância do desempenho do SGA fosse profundamente reconhecida por profissionais de GA, havia pouco esforço no alinhamento do desempenho SGA ao desempenho negócio.

Segundo Arthur et al. (2016), muitas organizações já possuem algum tipo de sistema de medição de desempenho, porém, questionam se esse sistema realmente demonstra uma “linha de visão”, ou seja, um vínculo visível entre os objetivos da organização, os objetivos da GA e os planos de GA. Através da literatura e na prática de um sistema de medição de desempenho, identificaram os principais fatores a serem considerados para criar esse vínculo: (i) desenvolver um equilíbrio de perspectivas (financeiro, atendimento ao cliente, processo interno, talento e trabalho em equipe); (ii) ter um equilíbrio entre indicadores iniciais e finais; (iii) demonstrar relações entre indicadores e objetivos; e (iv) garantir que o conjunto de indicadores responda a mudanças na política e na estratégia.

Ao projetar um sistema de medição de desempenho para o SGA, as organizações precisam claramente entender as ligações entre desempenho organizacional, desempenho da gestão de ativos e desempenho dos ativos. Um bom conjunto de medidas de desempenho para o SGA é a conexão entre o desempenho de negócios e o desempenho dos ativos, permitindo que as organizações entendam as causas do mau desempenho dos ativos e desempenho organizacional (ATTWATER et al., 2014). O Quadro 17 traz essa conexão.

Quadro 17 – Alinhamento da atividade da GA com o desempenho organizacional.

Elementos da GA	Atividades	Consequências	Link para o desempenho do negócio
Planejamento da GA	Estratégia e Política da GA	Escopo dos ativos, metas da GA, e gestão das atividades de GA	Custo, confiabilidade, criação de valor e satisfação do cliente
	Análise da demanda	Projetar o total da capacidade dos ativos e distribuição física dos ativos globais	Custo, confiabilidade e criação de valor
	Desenvolvimento do SAMP	Integração do sistema e alocação de ativos, atribuição de trabalho e alvos específicos	OEE, custo, confiabilidade e criação de valor total
	Análise da criticidade	Priorização dos ativos de acordo com as necessidades da GA	Custo, confiabilidade
	Justificar decisões de capital	Custo de capital otimizado	Custo
	Planos de contingência	Preparo de soluções alternativas, garantir a prontidão para riscos inesperados	Custo, confiabilidade, entrega pontual e relação com o cliente
Implementação da GA	Aquisição	Base de ativos eficaz que atenda aos requisitos	Custo e tempo
	Respostas a incidentes	Recuperar a criação de valor de incidentes inesperados	Custo, confiabilidade e relação com o cliente
	Operação	Utilização dos ativos para criação de valor	Receita, ROI
	Manutenção	Manutenção estratégica dos ativos para garantir a confiabilidade	Confiabilidade, OEE, ROI
	Alienação	Regenerar, vender ou substituir ativos incapazes	Custo

Fonte: adaptado de Attwater et al. (2014, p.5).

Os indicadores-chave de desempenho relevantes à GA encontrados na literatura por Alsayouf et al. (2018) estão no Quadro 18, que na adaptação do resultado do estudo, foram classificados de acordo com a importância dada por especialistas na área no BSC. Os que apresentam o mesmo número têm o mesmo grau de importância.

Quadro 18 – KPIs em GA obtidos na literatura e classificados usando as perspectivas do BSC.

Perspectiva	KPI
Financeira	<ol style="list-style-type: none"> 1. Redução de custos operacionais e de produção 2. Melhoria do ROI ou (lucro líquido) 3. Redução de prêmios de seguros 4. Crescimento das vendas Aumento da receita 5. Aumento da receita 6. Maior participação de mercado (<i>market share</i>) – não relevante
Cliente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior satisfação do cliente 2. Imagem corporativa aprimorada
Processos de negócio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Redução do <i>lead time</i> (prazo de entrega no mercado) 2. Melhores desempenhos de condições de trabalho, saúde e segurança 3. Processos sistemáticos para tratamento de reclamações 4. Melhoria na eficiência da organização 4. Melhoria na documentação, procedimentos de trabalho políticas e registros 4. Melhor desempenho de manutenção 5. Eficácia do processo e da organização 5. Melhoria contínua através da redução de erros, não conformidades, retrabalhos e atividades sem valor agregado 6. Melhoria na qualidade, confiabilidade de produtos / serviços
Aprendizado e crescimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior motivação e comprometimento dos funcionários 2. Maior desenvolvimento, educação e treinamento dos funcionários 2. Incentivo à inovação 3. Conhecimento claro das responsabilidades das tarefas dos funcionários

Fonte: adaptado de Alsyouf et al. (2018, p. 11).

Os indicadores mais importantes, de acordo com os especialistas, nas perspectivas financeira, cliente, processos de negócio, aprendizado e crescimento são, respectivamente, redução de custos operacionais e de produção, maior satisfação do cliente, redução do *lead time*, maior motivação e comprometimento dos funcionários.

Ainda segundo os especialistas do setor, aumentar a participação no mercado (*market share*), embora seja um KPI encontrado na literatura, não é um indicador relevante em GA. (ALSYOUF et al., 2018).

De acordo com Wang et al. (2016), para as empresas de manufatura ou produção com uso intensivo de ativos, o desempenho dos ativos determina diretamente o desempenho dos negócios. Portanto, medidas de desempenho da gestão dos ativos são indicadores importantes dos principais indicadores de desempenho da empresa. Um problema comum em organizações

de manufatura intensiva é que apenas as medidas de desempenho de manutenção são destacadas enquanto outras áreas da GA, como análise de criticidade, são pouco consideradas.

Sendo assim, Wang et al. (2016) propuseram em seu trabalho uma estrutura que relaciona objetivos críticos, definidos por gerentes de ativos em diferentes níveis, com medidas de desempenho associadas, para ajudar as organizações que utilizam intensivamente seus ativos a construir seus sistemas de medição de desempenho.

O Quadro 19 traz os objetivos críticos e as medidas de desempenho associadas.

Quadro 19 – Objetivos e medidas de desempenho.

Objetivos	Medidas de desempenho e descrições
Estrutura de custo aprimorada	Redução de custo por unidade comparada com o ano passado
Maior utilização de ativos	Eficácia geral do equipamento
Riscos financeiros controlados	Retorno do investimento, custo diário de operação, custo de manutenção
Qualidade do produto satisfeita	Qualidade através da taxa de aprovação no teste, quantidade de devolução do cliente devido à qualidade
Entrega responsiva	Entrega pontual
Suporte confiável	Estoque de segurança
Plano tático de GA	Taxa de precisão do orçamento, quantidade de <i>gap</i> de capacidade planejada / não planejada, horas de trabalho, dias de material em estoque
Otimização da capacidade dos ativos	Falta/reposição de horas dos ativos
Otimização das tarefas e trabalhos	Falta de horas de trabalho, horas de reposição de trabalho
Aquisição eficiente de ativos	Instalação na taxa de tempo, número de erros causados na instalação, custo de aquisição
Operação sem risco	Número de incidentes, perdas causadas por incidentes, tempo de desligamento inesperado, taxa de confiabilidade
Custo-benefício de manutenção	Tempo médio para reparo, custo médio de manutenção
Reciclagem racional de ativos	Número de unidades reutilizáveis, valor de revenda, tempo de reciclagem
Análise da criticidade dos ativos	Custo de manutenção de ativos / perdas críticas (não críticas) causados por ativos críticos (não críticos)
Condição exata do monitoramento	Número de falhas no monitoramento
Relatório preciso de desempenho	Número de erros no relatório de desempenho
Plano de correção direcionados e ações	Número de projetos de melhoria inicializados / concluídos
Pessoal satisfeito e treinado	Taxa de rotatividade do pessoal, taxa de satisfação, taxa de aprovação no teste de treinamento
Trabalhador aprimorado	Produtividade do trabalhador em comparação com o ano passado

Fonte: adaptado de Wang et al. (2016, p. 660).

Para Alsayouf et al. (2018), alcançar resultados sustentáveis e otimizados melhorarão, entre outras coisas, o desempenho financeiro, através da redução dos custos operacionais. Melhorar os indicadores de condições de trabalho, saúde e segurança resultará em redução de passivos, como afastamentos, multas de seguros, processos trabalhistas. Ao considerar a

perspectiva dos processos de negócios, a implementação da ISO 55000 melhora a documentação, procedimentos de trabalho, políticas e registros, o que permitirá, à organização, lidar com todas as suas operações de maneira sistemática. Concomitantemente, essa perspectiva fornecerá todos os dados necessários para melhorar continuamente as operações dos ativos, analisar profundamente todas as causas de erros, falhas, não conformidades, retrabalho e atividades sem valor agregado. Consequentemente, o desempenho do departamento de manutenção melhorará e afetará a capacidade da organização em fornecer mais confiabilidade e produtos e serviços com qualidade superior, com prazos de entrega mais curtos. Todos esses resultados contribuirão para aumentar as vendas e aumentar as receitas, que melhorará o retorno sobre investimento (ROI).

O trabalho de Arthur et al. (2016) resultou uma estrutura que compreende três elementos: o desenvolvimento de objetivos, a validação de um conjunto equilibrado de indicadores de desempenho e a integração desses indicadores em um *dashboard*, permitindo uma comunicação aprimorada das prioridades da GA para decisões informadas sobre investimentos, riscos bem gerenciados e maior eficácia operacional. A presente pesquisa também desenvolverá os objetivos, um conjunto de indicadores e a integração desses indicadores em painel de bordo, que serão apresentados no desenvolvimento do estudo.

Na implementação do requisito “planejamento”, as limitações encontradas foram: (i) falta de objetivos formalmente definidos para a gestão dos ativos; (ii) falta de uma estrutura básica de planejamento para os negócios, atividades *ad hoc* (destinadas a essa finalidade) adaptadas aos requisitos da situação; (iii) não há padrões de desempenho / uso dos recursos; (iv) falta de sistemas de gestão de riscos e até mesmo o reconhecimento incompleto dos fatores de risco identificados que ocorrem na organização e no ambiente; (v) não há cenários para lidar com interrupções no processo e políticas para lidar com ameaças emergentes (NOWAKOWSKI et al., 2017).

Esse requisito está relacionado aos seguintes assuntos do *landscape* do GFMAM: **estratégia e planejamento para GA**: planejamento estratégico, planejamento da GA, análise da demanda; **tomada de decisões para GA**: tomada de decisões para investimentos, tomada de decisões para operações e manutenção, estratégia de paradas e interrupções para modificação de projeto, estratégia de recursos, estratégia de mobilização de recursos; **atividades de entrega do ciclo de vida**: engenharia de sistemas, gestão da configuração, aquisição e criação de ativos, operação de ativos, manutenção de ativos, gestão de paradas e interrupções para modificação de projeto, gestão da cadeia de suprimentos e compras, gestão de alienação e desmobilização

de ativos, engenharia de confiabilidade, normas técnicas e legislação; **gestão de riscos**: planos de contingência e análise de resiliência (LAFRAIA, 2020b).

2.2.4 Informações

“As sociedades pós-industriais mais desenvolvidas vivem da informação e a informação e as tecnologias de comunicação as mantêm oxigenadas” (ENGLISH, 2009 apud FLORIDI, 2019, p. 106).

Uma organização deve tratar a informação na gestão de ativos como um dos seus principais ativos, e necessita de um processo simples para decidir sobre quais são as informações necessárias a documentar e documentá-las em uma única base de dados para toda a organização (PAIS et al., 2019).

Com o crescimento exponencial dos dados, as empresas agora enfrentam desafios sem precedentes, mas também enfrentam inúmeras oportunidades de crescimento competitivo (ZHANG e XIANG, 2015). Por causa do crescente volume, complexidade e importância estratégica dos dados do gerenciamento de ativos, não é mais desejável ou mesmo viável que cada departamento gerencie esses dados por si só ou crie seus próprios recursos de análise de dados. Os avanços na tecnologia, como a ferramenta BI (*Business Intelligence*), revolucionaram os relatórios de dados e desempenho para que os usuários (com experiência limitada em TI) possam extrair dados e desenvolver visuais de alto impacto para relatórios de desempenho (RAMAMURTHY; 2017).

Problemas de qualidade de dados são prevalentes e atraem a atenção de empresas de todos os tamanhos, e têm sido pesquisados por muitos anos e usados de forma intercambiável com qualidade de informação. Qualidade de informação é definida como as características desejáveis dos resultados do sistema, como os relatórios, por exemplo, e devem ter precisão, concisão, integridade, compreensibilidade, atualidade, oportunidade e usabilidade. As dimensões comumente usadas de qualidade de dados para as organizações são: precisão, relevância, oportunidade e confiabilidade. A qualidade dos dados é específica do contexto. Os dados são de alta qualidade se seus significados forem bem compreendidos por diferentes grupos de usuários (ZHANG e XIANG, 2015).

Os dados se referem a uma descrição elementar de coisas, eventos, atividades e transações que são registrados, classificados e armazenados, mas não organizados para transmitir qualquer significado específico, ou seja, os dados não têm nenhum significado real fora do contexto e requer uma associação com outra coisa. A informação são dados no contexto,

isto é, os dados utilizáveis; pode ser considerada como dados sistematicamente organizados, que têm significado e valor para o destinatário (SPRUIT e LINDEN, 2019).

Para Toledo (2018), informação de qualidade é a base essencial do processo de decisão nos negócios, e para isso, é necessário que os dados tenham confiabilidade e aderência às regras de negócio. Governança de dados é o tratamento dos dados, a matéria-prima para gerar informações às organizações; é a formulação de políticas para otimizar, proteger e alavancar a informação como um bem da empresa, alinhando os objetivos de múltiplas funções, que são as regras do negócio

As regras de negócios são restrições que constituem a base da qualidade dos dados. A conformidade com as regras de qualidade de dados fornece, também, qualidade de dados aprimorada e agilidade na resposta às demandas em constante mudança do ambiente de negócios às empresas. É importante, sobretudo, para dados de gerenciamento de ativos de engenharia, já que essas organizações amadurecem tecnologicamente de modo contínuo de tecnologias de informação autônomas a sistemas integrados, visando, assim, atingir a maturidade dos processos habilitados por essas tecnologias e da informação produzida pelos processos de negócio (HAIDER e HAIDER, 2013).

Gestão de ativos de engenharia se refere à gestão de equipamentos, edifícios, inventários, entre outros, e requer um sistema de informação para capturar dados que podem ser usados para apoiar a tomada de decisão. Torna-se uma parte vital da gestão empresarial para muitas organizações, especialmente quando o investimento de capital em equipamentos ou infraestrutura da planta é significativo e a produtividade/sustentabilidade do ativo é fundamental para a capacidade competitiva do negócio, isto é, o uso produtivo desses ativos fornece o valor que sustenta todos os ativos da organização (SOMIA ALFATIH et al., 2015).

Boas decisões de gestão de ativos envolvem o equilíbrio de custos, riscos e desempenho. Os dados brutos sobre os custos de manutenção, um dos principais contribuintes para os custos totais, e para estimar os riscos associados à falha de ativos são armazenados no sistema ERP de uma organização. Para que os dados não sejam errôneos, é necessária atenção aos principais problemas que podem afetar a qualidade dos dados, como a má atribuição de trabalho para níveis inadequados na hierarquia dos ativos; identificação inadequada ou confusa de trabalho; uso inconsistente de tipo de ordem de serviço e códigos que descrevem o tipo de trabalho, como a confusão entre ordem de serviço de manutenção preventiva e ordem de serviço de reparo; e incapacidade de identificação de suspensões (manutenção preventiva) e horas reais do uso dos ativos, a partir dos dados armazenados, (HO et al., 2014).

O conhecimento da condição dos ativos permite às empresas tomar decisões inteligentes e os sistemas de monitoramento sempre são o facilitador fundamental para conhecer as condições precisas dos ativos. No entanto, algumas vezes, as informações fornecidas por esses sistemas não são usadas corretamente; seja porque ele não alcança os locais apropriados a serem usados, ou porque o sistema de monitoramento está isolado dos sistemas de gerenciamento, ou porque o sistema está inoperante e ninguém notou isso (BAUTISTA, 2019).

As informações dos ativos estão espalhadas em diferentes sistemas e por trás de diferentes barreiras organizacionais. As empresas, no entanto, devem buscar sistemas de gerenciamento de informações de ativos unificados (HANSKI et al., 2016).

Cesca (2012) relata que uma das principais dificuldades em sua dissertação foi a aquisição de dados para o estudo de caso, e que havia incertezas referentes a eles, dada a desorganização da empresa estudada.

Roiz (2016), que fez a análise da substituição de ativos através das variáveis confiabilidade e sustentabilidade, juntamente com variáveis financeiras, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*), cita que, embora seu estudo de substituição com dados reais tenha sido realizado com relativo sucesso, constatou-se uma limitação inerente à aplicabilidade, já que são necessários dados passados sobre o ativo, com razoável grau de profundidade. Para contornar esse problema, destaca a importância da existência de um departamento de controle da confiabilidade ou faça a gestão da manutenção, para que as empresas estejam aptas a utilizar métodos mais avançados de análise.

Na análise envoltória de dados (DEA), a programação matemática é aplicada aos dados de *input* e *output* observados para avaliar o desempenho da eficiência e fornecer informações eficientes aos gerentes. Cada entidade responsável por transformar várias entradas em várias saídas é chamada de unidade de tomada de decisão (FUKUYAMA, 2014).

Tanto as áreas financeiras como as não financeiras são fontes prováveis de dados necessários sobre os ativos e a organização deve garantir que todas as áreas se esforcem para colaborar na coleta de dados, disponibilizando o acesso aos dados às pessoas certas (ISO, 2019c).

Na implementação da ISO 55001, a organização precisará garantir que as informações documentadas tenham identificação, descrição e formato apropriados, que sejam aptas e adequadas. Os atributos de qualidade de dados para disponibilidade e proteção são abordados e é necessário obter informações sobre o monitoramento, medição, análise e avaliação do desempenho de ativos, não conformidades ou incidentes, quaisquer ações subsequentes das

tomadas de decisões, e os resultados de qualquer ação corretiva. Isso provavelmente criará uma grande quantidade de dados de ativos, potencialmente de maior qualidade do que é disponível antes da aplicação da padronização (HODKIEWICZ, 2015).

Para Nowakowski et al. (2017), na implementação dos Requisitos da Informação e Informação Documentadas, as limitações foram: (i) não existem sistemas de relatórios para apoiar a coleta de dados relevantes para o controle e melhoria do processo da organização; (ii) o conhecimento dos funcionários pertence a eles e não é registrado nos bancos de dados da empresa; (iii) falta de informação das necessidades identificadas pelos gerentes envolvidos no processo de tomada de decisão; (iv) nenhum circuito formal de documentação na organização.

Sendo assim, o Quadro 20 apresenta quais e como as informações de GA serão documentadas.

Quadro 20 – Requisito 7 da norma ISO 55001 – Apoio.

Requisito 7 – Apoio	Metodologia proposta
Requisito 7.5 – Requisitos da Informação	Lista das informações a documentar
Requisito 7.6 – Informação Documentada	Criar um procedimento

Fonte: adaptado de Meireles (2018, p.24).

2.2.4.1 Requisitos da Informação

A organização deve determinar os requisitos de informação considerando a significância dos riscos identificados; os papéis e responsabilidades; os processos, procedimentos e atividades; a troca de informações com as partes interessadas; e o impacto da qualidade, disponibilidade e gestão de informações sobre as tomadas de decisão. A organização deve determinar os requisitos dos atributos das informações identificadas; os requisitos de qualidade dessas informações; como e quando devem ser coletadas, analisadas e avaliadas; especificar, implementar e manter os processos para gerenciá-las; determinar os requisitos para o alinhamento da terminologia financeira e não financeira pertinente à GA; e assegurar que há consistência e rastreabilidade entre os dados financeiros e técnicos (ABNT, 2014b).

2.2.4.2 Informação Documentada

As organizações que desejam estar em conformidade com a ISO 55001 devem implementar procedimentos adequados para assegurar que o SAMP, a política, os planos de GA, os objetivos, as auditorias e as análises críticas pela direção sejam documentados. As

informações necessárias precisam estar adequadas à complexidade dos ativos, bem como aos requisitos legais e regulatórios aplicáveis. Deve-se ter documentado as informações necessárias para serem controladas, alcançando todos os meios, todos os processos do SGA e todos os registros de comprovação de atendimento aos requisitos (ZAMPOLLI et al., 2019).

O desenvolvimento dos outros requisitos de suporte, ficarão sob a responsabilidade dos gestores e envolvidos na implementação da GA, da mesma maneira que os requisitos de operação, avaliação de desempenho e melhoria.

A seção a seguir aborda as decisões de substituições de equipamentos, razão da construção da política desse estudo.

3 DECISÕES DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Essa seção traz os aspectos que devem ser levados em consideração nas tomadas de decisões de substituição de equipamentos.

3.1 Estágios da informação

Essa subseção traz os estágios que uma organização pode se situar, em relação as suas informações, antes de implementar quaisquer normas ou fundamentos da GA. Em um primeiro estágio, uma organização se encontra em um estágio reativo, e à medida que as informações passam a ser relevantes, integradas e consideradas, a organização passa a outros estágios: preventivo, proativo, até atingir a efetiva gestão de ativos. A Figura 25 mostra esses estágios.

Figura 25 – Informação sobre ativos na tomada de decisões.



Fonte: Lafraia (2020a, p. 141).

No estágio reativo, os dados sobre os ativos não são entendidos, nem transformados em informações, tampouco usados para decisões. Nesse estágio é comum não haver planos de manutenção preventiva e os envolvidos com os ativos só reagem às falhas, depois de ocorridas, e não há, ou há pouca, tentativa de rever as informações sobre as falhas para análise e prevenção. Não se tem entendimento dos impactos e é muito provável que os ativos tenham um desempenho inconsistente e não atinjam as metas do negócio. Essa cultura de manutenção reativa atua dentro de uma política de consertar apenas quando quebrar e se transforma em um

ciclo vicioso, também conhecido como a espiral da morte da manutenção. No segundo estágio, preventivo, os envolvidos com os ativos começam a usar ferramentas e técnicas que permitem que o sistema de informação se torne eficaz, e é nesse estágio que se passa a ter um histórico de todos os ativos com as características corretas; os gastos com os ativos são priorizados baseados na criticidade; os problemas são identificados; novas iniciativas com melhor custo-benefício são consideradas; os operadores envolvidos são capacitados e participam da coleta de dados e equipes são formadas para análise das informações; e são consideradas mudanças nos padrões existentes (LAFRAIA, 2020a).

No terceiro estágio, o proativo, os dados requeridos se transformam em informação e são considerados de extremo valor para ações futuras. As informações são usadas para a tomada de decisões técnicas e econômicas, ou seja, as decisões financeiras e econômicas dependem das informações, que são os critérios para balancear os gastos operacionais (OPEX) com os investimentos de capital (CAPEX), a fim de alcançar o nível de risco desejado. No quarto estágio, que se trata da gestão de ativos, não existem mais barreiras ou silos, a informação fica disponível e totalmente integrada às funções e aos processos da organização, e tudo o que se faz está alinhado. A GA também está integrada na liderança e no comportamento da equipe como cultura e as informações são visíveis à alta administração, onde as tomadas de decisão de alto nível são executadas e englobam todos os departamentos para a obtenção integral de valor. Nesse estágio, as opções consideradas afetam os investimentos de capitais e os gastos operacionais e, muito provavelmente, os índices de rentabilidade financeira da organização. Ser capaz de traduzir as necessidades financeiras do todo e ao mesmo tempo levar em consideração o financiamento de novos ativos tornam os riscos e os benefícios de potenciais investimentos futuros mais claros à administração (LAFRAIA, 2020a).

Para a ISO/TS 55010 (2019c), alinhamento é um arranjo deliberado para atender mútuos interesses comuns por uma atividade específica ou atividades; e o objetivo do alinhamento das questões técnicas e financeiras é alcançar operações eficazes e eficientes e garantir que o relatório de informações financeiras e não financeiras seja confiável e útil para a tomada de decisões.

3.2 Tomada de decisão em gestão de ativos

As decisões na GA são tomadas em todos os níveis e, por isso, é imprescindível que a organização estabeleça uma estrutura de tomada de decisões que inclua os processos de tomada de decisão e seus critérios, para que haja consistência entre suas decisões. As organizações

facilitam as tomadas de decisão ao: (i) inserir uma abordagem baseada em risco (requisito “ações para tratar os riscos e oportunidades para o SGA”); (ii) assegurar o alinhamento com os objetivos da GA, com os objetivos organizacionais e com o valor que os ativos proporcionam à organização e a suas partes interessadas; (iii) assegurar que organização direcione recursos e esforços para alcançar os objetivos organizacionais e obter valor; (iv) ter em conta a eficácia em termos de custos das decisões (ABNT, 2020).

Os critérios de tomada de decisão devem ser racionais, quantitativos e comprovadamente ligados aos objetivos do negócio, através de um processo definido e repetitivo (LAFRAIA et al., 2020).

O processo de tomada de decisão leva em consideração os critérios e as métricas a serem aplicados, as informações requeridas, a natureza, o nível de complexidade e o impacto desta decisão sobre os objetivos, e as limitações de tempo. Convém que a estrutura de tomada de decisões seja adaptada às necessidades da organização, e que haja o alinhamento vertical, desde o contexto e as expectativas das partes interessadas até o planejamento e controle operacional; e alinhamento horizontal, que são as partes interessadas internas e externas, bem como as influências horizontais de risco e restrições de conformidade que modificam o planejamento por meio dos critérios de tomada de decisões (ABNT, 2020).

A Figura 26 mostra essa estrutura de tomada de decisões em GA.

Figura 26 – Estrutura de tomada de decisões para gestão de ativos.



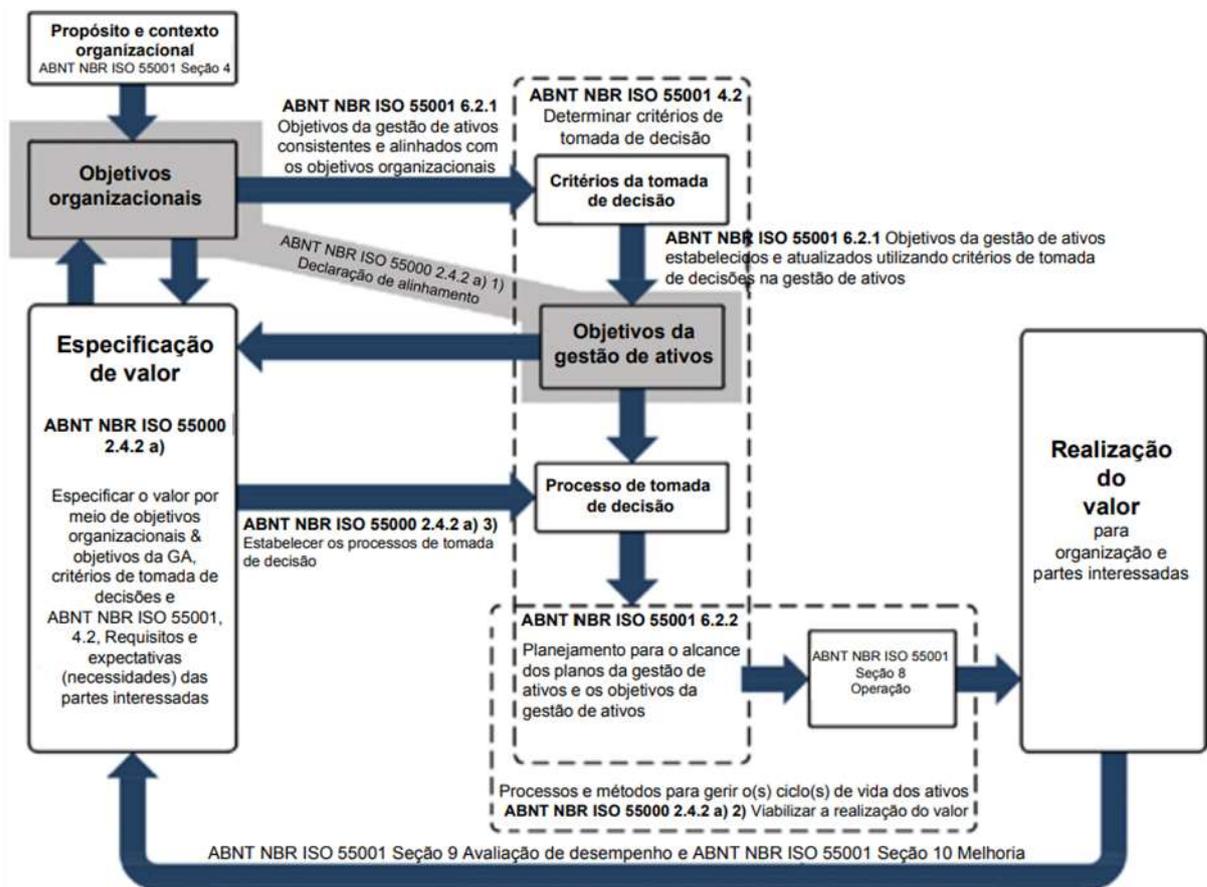
A GA baseada em valor, que é um dos seus fundamentos, é alcançada quando o valor entregue pelos ativos é usado pela organização como o principal critério de decisão para escolher entre diferentes opções, tanto no nível tático quanto no operacional, sendo vital que as organizações sejam capazes de quantificar o valor entregue por seus ativos e gerenciá-los por meio de tomadas de decisão informadas e coerentes (RODA et al., 2016).

No entanto, o valor diz respeito à contribuição aos objetivos organizacionais e pode ser manifestado de várias maneiras, e nem sempre são fáceis de quantificar. O total máximo de valor, muitas vezes, equivale ao menor custo do ciclo de vida do ativo (GFMAM, 2014). A GA baseada em valor ainda é um conceito mais citado na teoria do que o descrito em termos práticos (RODA et al., 2016).

O conceito “realização de valor”, pela ISO 55000 e requisitos da ISO 55001, é o valor a ser realizado à organização e suas partes interessadas por meio dos critérios de tomada de decisão e é medido através do alcance dos objetivos organizacionais e da gestão de ativos.

A Figura 27 apresenta esquematicamente essas relações.

Figura 27 – Relacionamento das referências da ABNT NBR ISO 55000 e ABNT NBR ISO 55001.



O valor pode ser entendido como o equilíbrio entre custos, riscos e desempenho. Kardec et al. (2014), explicam essa relação através da Figura 28, com as seguintes hipóteses: suponha que uma organização tenha um portfólio de ativos que sofre desgaste com o tempo. Os intervalos de substituições individuais estão no eixo X, e os custos anuais no eixo Y. Considere que a organização faça a substituição dos ativos, em períodos iguais, de dez unidades de tempo, e assim, terá um baixíssimo risco de falha e de perda de produção e, portanto, terá uma maior confiabilidade; porém, os custos anualizados serão mais altos, já que serão feitas mais substituições ao longo do ciclo de vida total dos ativos. Então, considere agora, que a organização altere os intervalos de substituição para 80, ao invés de dez e assim, terá um risco muito maior do que na hipótese anterior, mas terá um custo anualizado muito menor. Em um balanço das duas hipóteses, verifica-se que o impacto é maior nos resultados com a perda de confiabilidade. Em um *trade-off* entre essas curvas, há uma curva de risco total. No intervalo de tempo entre 30 e 50, existe um ponto ótimo econômico ótimo, ou seja, existe o melhor balanço entre desempenho, custo e risco. Um intervalo de substituição menor que o deste ponto ótimo atinge a meta de produção, pois há um risco mais baixo, mas a custos mais altos. Um intervalo de substituição maior que o deste ponto ótimo atinge as metas de custos, embora as metas de produção possam ser prejudicadas.

Figura 28 – Análise quantificada desempenho, custo e risco.



Fonte: Lafraia (2020a, p. 186).

O custo precisa ser controlado para gerar valor à organização. Se o custo financeiro exceder o valor financeiro gerado pela organização, a operação será economicamente inviável. Em relação ao risco, a redução da probabilidade ou consequência de uma ameaça, ou aumento da probabilidade ou consequência de uma oportunidade, podem ser consideradas como tendo ou sendo de valor positivo ou negativo, respectivamente, à organização e suas partes interessadas. Já o desempenho pode ser considerado uma medida do sucesso ou de insucesso na criação de valor ou no cumprimento dos objetivos da GA. É importante lembrar que o desempenho dos ativos contribui para a geração de valor da organização no nível superior (ABNT, 2020).

As tomadas de decisão são mais eficazes quando abordam juntos os riscos operacionais, técnicos e financeiros e sendo assim, o SGA deve ter como objetivo alinhar os procedimentos financeiros e contábeis com as atividades técnicas e operacionais, usando a tomada de decisões baseada em risco. O alinhamento, muitas vezes, começa com os registros de ativos em bancos de dados ou inventários e requer uma nomenclatura comum a toda organização; na maior parte das vezes, o registro de dados operações e manutenção da organização não está alinhado com o registro de ativos usado para fins financeiros e de contabilidade (ZAMPOLLI et al., 2019).

Segundo o GFMAM (2014), as tomadas de decisões em GA fazem parte de um dos seis grupos que contêm os 39 principais assuntos e nele estão incluídos: tomada de decisão de investimento de capital, tomada de decisão em operações e manutenção, realização de valor do ciclo de vida, estratégia de recursos e estratégia de desligamentos e paralisações.

Embora todos sejam “principais”, para esse trabalho, só serão consideradas, ainda, a **tomada de decisão em investimento de capital**, que inclui as substituições; a **realização do ciclo de vida do ativo**, que traz todos os estágios, incluindo a substituição e as atividades de manutenção; e a **tomada de decisão em operação e manutenção**, em especial as de manutenção, que serão essenciais para garantir o desempenho dos ativos críticos da organização, ao mesmo tempo que criará a base dos dados que se transformarão nas informações necessárias à aplicação dos métodos de substituição.

McGrail (2012) cita que proprietários de ativos coletam dados de ativos para compreender a natureza dos grupos de ativos que têm, como por localização, idade, impacto ou criticidade, e que os dados das condições dos ativos são parte de um processo iterativo para identificar ações, como manter ou substituir o ativo. Para o autor, a coleta e a análise de dados das condições, sintetizados com dados operacionais, têm sido usadas para identificar

desempenhos anômalos e permitir planejamento reativo de curto prazo e planejamento estratégico de longo prazo para substituição de ativos.

O processo de aquisição ou substituição de máquinas destina-se a adquirir a capacidade necessária para atingir os resultados, no prazo e no padrão exigido. A maneira como uma organização adquire capacidade adicional pode ser por meio de vários processos, incluindo o básico “comprar ou alugar” (LAFRAIA, 2020a).

Um dos objetivos dos planos de investimentos é utilizar informações para garantir a renovação e substituição oportuna dos ativos, que podem se deteriorar ao longo do tempo e garantir a devida possibilidade da necessidade de novos ativos para atender à demanda futura e às necessidades dos clientes (ISO, 2019c).

As decisões de substituição fazem parte das **tomadas de decisões de investimento de capital**, que são os processos e decisões para avaliar e analisar cenários para investimentos em novos ativos ou e/ou substituições de ativos no final da vida útil, e inclui uma abordagem de avaliação de investimentos alternativos com uma visão de benefícios de longo prazo (perspectiva do ciclo de vida dos ativos), que contém os passos de definição, caracterização, avaliação e análise, que impulsionam as melhores opções à tomada de decisões, e que geralmente são: (i) a definição do escopo dos investimentos sujeitos à análise de alternativas; (ii) as premissas para cada opção de investimento, incluindo as demandas e o nível de serviços requeridos; (iii) a consideração das informações que precisam ser coletadas ou estimadas para cada opção; (iv) a consideração de todos os custos do ciclo de vida; (v) a consideração do risco, como isso muda ao longo do tempo e como isso é valorizado e avaliado; (vi) a análise da realização do custo do ciclo de vida para permitir a comparação de opções alternativas a partir da perspectiva do estágio de vida do ativo; e (vii) a análise do valor presente e custos e riscos anuais para cada uma das opções consideradas (GFMAM, 2014). Os custos referentes aos investimentos de capital são chamados de CAPEX (*Capital Expenditure*), que é quantidade de capital destinado para investimentos em bens em uma organização.

Depois que um ativo é adquirido, as operações e a manutenção começam ao mesmo tempo que ele é colocado em serviço e terminam apenas com a decisão de substituí-lo, sendo o estágio mais longo de todo o seu ciclo de vida e, por isso, o que consome a maior parte dos custos totais. As atividades de operação incorrem sobre o uso dos ativos, para que possam oferecer um determinado nível de serviço definido, e sobre as atividades de manutenção e apoio, para garantir uma capacidade contínua, e desta maneira, cumprir com as exigências acordadas de nível de serviço de apoio, segurança e confiabilidade (LAFRAIA, 2020a).

As **tomadas de decisão em operações e manutenção** são as atividades e processos de gestão envolvidos na determinação dos requisitos necessários às operações e atividades de manutenção em apoio aos objetivos e metas da GA, levando em conta as políticas regulatórias organizacionais e aplicáveis. O processo de tomada de decisão em operações e manutenção geralmente considera: (i) requisitos de qualidade do cliente (produto e serviço); (ii) capacidade atual do ativo (flexibilidade de produto/serviço, qualidade); (iii) utilização de FMECA/MCC ou técnicas similares para determinar atividades de manutenção; (iv) custo acordado da organização – saldo de riscos para determinar intervalos de atividade, incluindo a consideração da criticidade patrimonial e da rede; (v) revisão de requisitos de produção/serviço de médio a longo prazo (mais de 3 anos) baseados na demanda projetada; (vi) realizar análises financeiras das táticas de produção (estrutura de custo de produção definida por ativos e suas operações); (vii) documentação dos requisitos de manutenção em especificações e normas; (viii) avaliar o impacto das operações e manutenção nas propostas alternativas de projeto de capital (custeio do ciclo de vida, impacto de longo e curto prazo) (GFMAM, 2014).

As características de desempenho definidas no projeto relacionadas à confiabilidade e à capacidade de manutenção determinarão a disponibilidade dos ativos. A manutenção dos ativos em um nível que cumpra com os requisitos legais e regulatórios é um objetivo primário (LAFRAIA, 2020a). Os custos relacionados às operações e manutenção dos ativos são chamados de OPEX (*Operational Expenditure*), que significa o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos de uma organização.

O valor derivado dos ativos pode mudar e existem vários fatores que influenciam a geração de valor ao longo de sua vida útil, como (i) na fase de aquisição (investimento de capital), os ativos estão apenas incorrendo em custos para a organização, mas têm valor que pode ser gerado tão logo entrem em operação, isto é, tão logo comecem a produzir e gerar retorno; (ii) alguns ativos podem ter uma defasagem antes da criação de valor e até que se tornem produtivos, a organização incorre em custos crescentes (por exemplo, árvores); (iii) pode ocorrer de organizações precificar produtos ignorando o custo de investimento e estabelecendo os preços apenas para cobrir os custos da operação e manutenção; tornando o custo marginal insustentável; (iv) para muitos ativos e portanto, para muitas organizações, a obsolescência funcional devido às mudanças tecnológicas pode significar que um ativo mudará seu valor para a organização (por exemplo, o uso de componentes eletrônicos com válvulas ocorreu ao mesmo tempo em que os transistores foram inventados, tornando essa tecnologia efetivamente obsoleta) (ABNT, 2020).

A fase operacional do ciclo de vida do ativo representa a maior parte de todo o custo de sua vida útil, principalmente para ativos de infraestrutura de longa duração. O alinhamento das funções financeiras e não financeiras devem colaborar para ajustar e executar as atividades operacionais e de manutenção necessárias, a um custo otimizado e risco aceitável (ISO, 2019c).

3.3 Custo de ciclo de vida

A **realização de valor do ciclo de vida** refere-se aos métodos utilizados para garantir que o melhor valor total seja obtido na aquisição, criação, utilização, manutenção, melhorias, renovações e alienações de ativos para atender aos objetivos das organizações. Isso requer a consideração da interação entre essas atividades, e determinação da combinação certa, incluindo custos, riscos, desempenho e efeitos da sustentabilidade (GFMAM, 2014).

A implementação de um SGA requer uma abordagem que permita maximizar o valor às partes interessadas, atingindo os seus objetivos através da correta gestão dos seus ativos físicos ao longo dos seus ciclos de vida. Os objetivos passam por decisões, como selecionar adequadamente esses ativos, operá-los e mantê-los apropriadamente e, no final de vida, substituí-los ou descartá-los. As fases do ciclo de vida devem ser geridas de acordo com princípios: (i) redução de custos e rentabilidade dos investimentos; (ii) ética; (iii) segurança; (iv) sustentabilidade; (v) planejamento de longo prazo; (vi) cumprimento das obrigações legais; (vii) avaliação do risco das decisões; (viii) satisfação das partes interessadas (ASSIS, 2013).

A realização do valor do ciclo de vida normalmente geralmente inclui: (i) os processos de avaliação e critérios para seu uso, incluindo o nível de detalhes exigido em relação à criticidade e à complexidade da decisão; (ii) abordagem multidisciplinar e quantificação de valor, intervenção direta e indireta dos custos, riscos, desempenho, custos operacionais e de manutenção; (iii) consideração do contexto dos sistemas para o ativo, desde o ciclo de vida de um item individual, que pode restringir ou pode contribuir para uma escala de tempo diferente de desempenho necessário ou responsabilidade de gestão de ativos; (iv) modelagem do sistema para determinar se a solução de valor do ciclo de vida fornecerá o necessário às demandas e níveis de serviço esperados pelas partes interessadas (GFMAM, 2014).

Woodhouse (2014), identificou várias possíveis intervenções ou opções na gestão de ativos a fim de garantir que o melhor valor total seja obtido em cada uma das etapas, como mostra o Quadro 21. As soluções são referentes a: **ativo** (por exemplo, manutenção, modificação, renovação); e não-ativo (por exemplo, processo, opções de mitigação, seguro).

Quadro 21 – Soluções potenciais para agregar valor.

Etapa	Soluções Potenciais
1 Adquirir/Criar	1.1. Adquirir/criar novos ativos (substituir os existentes) 1.2. Adquirir/criar novos ativos (além de existentes) 1.3. Alterar especificação técnica para aquisição/criação 1.4. Alterar fornecedor/construtor
2. Utilizar	2.1. Alterar parâmetros operacionais 2.2. Operação de mudança (dever, carregamento) 2.3. Alterar procedimentos operacionais 2.4. Melhorar a competência do operador 2.5. Melhorar a motivação/reconhecimento do operador' 2.6. Aumentar o estoque/capacidade 2.7. Alterar terceirização/internalização da operação de ativos 2.8. Função de ativo terceirizado
3. Manter	3.1 Avaliação de saúde do ativo 3.2 Inspeções não intrusivas periódicas 3.3 Inspeções intrusivas periódicas 3.4 Monitoramento contínuo de condições/desempenho 3.5 Testes funcionais periódicos 3.6 Manutenção/reforma 3.7 Manutenção preventiva periódica 3.8 Manutenção corretiva planejada 3.9. Executar manutenção corretiva para falha 3.10 Mudança de sobressalentes 3.11. Melhorar a competência de mantenedor 3.12. Melhorar a motivação/reconhecimento do mantenedor 3.13. Alterar procedimentos de manutenção 3.14 Alterar terceirizar/internalização a manutenção
4 Mudança/Melhorar	4.1. Modificar ativo (nível de alteração de custo/risco/performance) 4.2. Reformar ativos (mudar taxa de degradação e prolongar a vida útil) 4.3. Alterar configuração de ativos 4.4. Alterar a localização/uso funcional do ativo 4.5 Alterar terceirização/fonte de alterações/melhorias
5 Renovar/Alienar	5.1. Substituir o ativo existente 5.2. Substituir o ativo existente (atualização) 5.3. Alterar a terceirização/internalização de renovações de ativos 5.4 Descomissionamento e desativação 5.5 Descomissionamento e salvamento 5.6 Descomissionamento e descarte
6 Planejamento da Contingência	6.1. Gerenciar as expectativas das partes interessadas 6.2. Adquirir dados técnicos de ativos 6.3. Criar planos de emergência/continuidade de negócios 6.4. Fazer seguro 6.5 Ajuste a avaliação/criticidade dos ativos 6.6 Diversificar a cadeia de suprimentos

Fonte: adaptado de Woodhouse (2014).

Dentro da GA, a gestão financeira pode envolver análises complexas para identificar, documentar e comparar custos e benefícios ao longo prazo. Incluir a gestão financeira e seus sistemas associados, abordagens e padrões dentro da GA parece é uma conexão óbvia, mas integração ainda permanece um desafio (LAFRAIA, 2020a).

O trabalho da integração de equipes financeiras e não financeiras pode criar e alinhar orçamentos (de cima para baixo, de baixo para cima) e planos financeiros de longo prazo,

consistentes com os objetivos da organização (ZAMPOLLI et al., 2019). O papel da gestão financeira é participar do desenvolvimento de um equilíbrio adequado entre o custo de fazer alguma coisa (tratar o risco), o risco resultante da aplicação desses recursos e o desempenho esperado (saída/resultado) do ativo e da organização (LAFRAIA, 2020a).

É apropriado considerar que os custos do ciclo de vida (custos e despesas de capital, operacionais e financeiros) sejam considerados no processo de tomada de decisão e também considerar o planejamento do ciclo de vida dos ativos individualmente. Em uma empresa com ativos interdependentes, os ativos individuais podem estar em diferentes estágios do ciclo de vida, e devido a sua idade, condição ou desempenho, podem precisar de atividades diferentes. No planejamento, a organização pode avaliar as opções de investimento ou alternativas operacionais, como leasing ou aluguel (ABNT, 2020).

Os custos que ocorrerão ao longo de sua vida são fatores essenciais às tomadas decisão, e são mais importantes do que o custo inicial de investimento da aquisição do ativo. Os principais direcionadores para tomada de decisão de aquisição são o Custo do Ciclo de Vida (LCC - *Life Cycle Costs*) e o Custo Total de Propriedade (TCO - *Total Cost of Ownership*). O LCC são todos os custos necessários para manter o ativo em operação durante o seu ciclo de vida, incluindo o CAPEX e o OPEX. Já o TCO envolve todos os custos e benefícios. O LCC envolve o investimento, os custos operacionais, os custos de energia, as manutenções, as reposições de peças, o estoque mínimo, substituição e descarte.; e o TCO envolve todos estes custos, mas avalia, também, a quantidade de produtos produzidos pela máquina e o valor de suas vendas (ZAMPOLLI et al., 2019).

O Quadro 22 traz um resumo dos custos por categoria, segundo Roda e Garetti (2020).
Quadro 22 – Resumo dos custos por categoria.

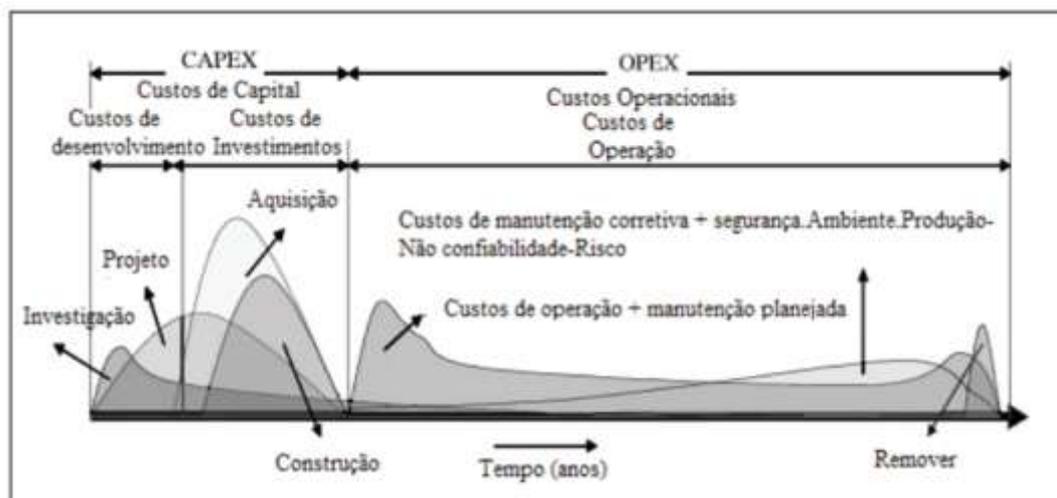
CAPEX	OPEX
1. Preço de compra	7. Custo de energia
2. Custo fixo de instalação	8. Custo do trabalho dos operadores de linha
3. Custo das obras para instalação	9. Custo visível da manutenção
4. Custo de comissionamento	9.1. Custo do pessoal de manutenção
5. Custo extra	9.2. Custo de peças de reposição
6. Custo do trabalho de instalação	10. Custos relacionados a perdas
	10.1 Custos de perdas gerenciais
	10.2 Custos de perdas de manutenção corretiva e de tempo de inatividade
	10.3 Custos de perdas de velocidade
	10.4 Custos da não qualidade
	10.5 Poupança trabalhista
	Custos e economia no fim da vida útil
	11. Custos de descomissionamento

Fonte: adaptado de Roda e Garetti (2020, p. 70).

Para Márquez (2007), o custo do ciclo de vida é determinado identificando as funções aplicáveis em todas as suas fases, calculando o custo dessas funções e aplicando os custos apropriados durante toda a extensão do ciclo de vida.

A Figura 29 mostra essa estrutura de decomposição dos custos.

Figura 29 – Estrutura de custos no ciclo de vida de ativos/equipamentos.



Fonte: adaptado de Márquez (2007, p. 277).

As principais categorias de custos apresentadas são: (i) custos de pesquisa, projeto e desenvolvimento: planejamento inicial, análise de mercado, requisitos de investigação, projeto e engenharia de produtos, etc.; (ii) custos de produção, aquisição e construção: engenharia industrial e análise de operações, produção (fabricação, montagem e testes), construção de instalações, desenvolvimento de processos, operações de produção, controle de qualidade e requisitos iniciais de suporte logístico; (iii) custos de operação e suporte: insumos de operações do sistema de produção, manutenção planejada, manutenção corretiva (dependendo do fator confiabilidade) e custos de suporte logístico durante o ciclo de vida do sistema; (iv) custos de remoção e eliminação: eliminação de elementos não reparáveis ao longo do ciclo de vida, alienação do sistema e material de reciclagem (MÁRQUEZ, 2007).

Para Hanski et al., 2016, a perspectiva econômica da GA é vista como crucial nas tomadas de decisão, porém, relatórios de sustentabilidade, informações sobre manutenção e operação e dados de falhas também devem ser utilizadas.

As equipes responsáveis pelas atividades técnicas do ciclo de vida dos ativos devem colaborar com as equipes financeiras em questões como: (i) o equilíbrio entre manutenção

preventiva e corretiva; (ii) quando intervir com a substituição, atualização ou alienação de ativos; e (iii) a possível terceirização de atividades (ISO, 2019c). A Figura 30 mostra a integração do ciclo de vida ao ciclo econômico.

Figura 30 – Integração das dimensões do ciclo de vida com o ciclo econômico.



Fonte: Lafraia (2020a).

Ao lado esquerdo da figura 30 traz, resumidamente, o estudo de capacidade do ciclo de vida. Nessa dimensão, são levados em consideração os requisitos legais, normas de projeto, estratégias planejadas para manutenção e operação, custos de reposição e sobressalente e o próprio crescimento do mercado ou do negócio. A dimensão de capacidade está muito associada ao CAPEX. Já ao lado direito da figura, há os custos do ciclo de vida, OPEX, apresentando qual a norma de depreciação, os custos de manutenção, operação e administrativos adotados pela empresa, além de quais serão os custos de descarte dos ativos. Além de estabelecer o equilíbrio entre desempenho, custos e riscos, a GA integra a capacidade do ciclo de vida ao ciclo econômico, integrando as informações e alinhando a estratégia dos ativos à estratégia organizacional (LAFRAIA, 2020a).

Al-Chalabi et al. (2015), trazem os questionamentos: quando uma empresa deve substituir um equipamento para minimizar os custos? Como o gerente de manutenção pode convencer o gerente financeiro e o gerente de produção a substituir um equipamento em um momento específico de seu ciclo de vida? E que para responder essas perguntas, a análise do custo do ciclo de vida deve ser feita com antecipação à decisão de substituição de equipamento. A idade ideal de substituição do equipamento é definida como o momento em que o custo total está em seu valor mínimo.

O LCC é uma metodologia para calcular o custo total de um sistema, desde o início até o descarte, levando em consideração o valor do dinheiro no tempo. Quatro métodos podem ser usados, como: i) Valor Presente Líquido (VPL); ii) Relação Custo/Benefício (BCR - *Benefit/Cost Ratio*); iii) Taxa Interna de Retorno (TIR) e iv) *Payback* (PBP - *Pay Back Period*) são usados para comparar alternativas de projetos (ELYAMANY; EL-NASHAR, 2015).

A análise do custo do ciclo de vida (LCC) não deve ser vista como um método para definir o custo total do equipamento, mas como um auxílio na tomada de decisão; portanto, a análise de LCC deve ser restrita aos custos que podem ser controlados. Em geral, o LCC é determinado pela soma de todos os custos potenciais associados ao equipamento ao longo de sua vida (AL-CHALABI et al., 2015).

Para a ISO/TS 55010 (2019c), o equilíbrio apropriado entre CAPEX e OPEX durante o ciclo de vida do ativo permite que a organização use os ativos da melhor forma e informa os tomadores de decisão, por meio de monitoramento das condições, o momento mais apropriado para as opções de intervenção, como uma reforma ou substituição de ativos, ou reabilitação para prolongar a vida útil do ativo ou para tratar da manutenção diferida que pode resultar em prolongar a vida útil do ativo e, portanto, reduzir o TOTEX (*Total Expenditure*).

Os planos de manutenção, reforma e renovação dos ativos devem fazer parte do planejamento anual para que os recursos necessários sejam apropriados nos orçamentos, tomadas de decisões de operação e de investimentos, garantindo que o planejamento de longo prazo seja ajustado e contribua com o fortalecimento do negócio (ZAMPOLLI et al., 2015).

Os custos e desempenho dos ativos, assim como os riscos que podem apresentar às metas da empresa, formam a base de dados, do ponto de vista econômico, para decisões de manter ou substituir um equipamento. Portanto, antes de abordar a substituição de ativos, é necessário tratar da eficácia da manutenção através de seus indicadores de desempenho e de custos. A manutenção dos equipamentos, inicialmente, não era o foco desse trabalho, mas para que os objetivos estratégicos da GA e, por consequência, os objetivos da organização, alcancem os resultados esperados, é fundamental que se cumpram os planos de manutenção para garantir o desempenho necessário dos ativos. O cumprimento dos planos de manutenção e o acompanhamento de seus indicadores também garantirá as informações requeridas às decisões de substituição.

3.3.1 Manutenção

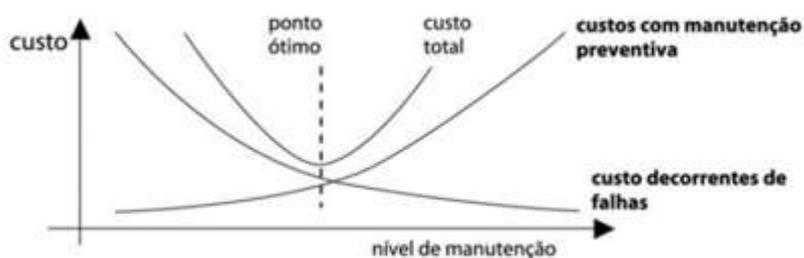
Manutenção é como as indústrias tentam evitar as falhas de seus equipamentos, e há três modos de mensurar a falha: (i) através das “taxas de falha”, que indicam a frequência com que ocorre uma falha; (ii) a “confiabilidade”, que mede as chances de ocorrência de uma falha; e (iii) a “disponibilidade”, que é o tempo operacional disponível e útil após levar em consideração as falhas (SLACK et al., 2018).

Falha é o término da capacidade de um componente ou sistema de executar uma função necessária (IEEE, 2007). A taxa de falha é o número de falhas por unidade de tempo, e usualmente é expressa em unidades de falha por milhão de horas (KARDEC; NASCIF, 2014). A confiabilidade de equipamentos é uma das principais preocupações da manutenção, pois ela proporciona maior disponibilidade e vida útil dos equipamentos, que significa ganhos financeiros, sobretudo quando o equipamento é considerado um gargalo ou um recurso com capacidade restrita (MENEZES et al., 2015).

Disponibilidade é a terminologia mais importante usada para avaliação da eficácia de qualquer equipamento industrial, onde a maioria das máquinas são sistemas reparáveis. A disponibilidade de um equipamento, por um determinado período, é definida como a porcentagem de tempo durante o qual aquele equipamento está produzindo a saída projetada adequadamente (MURTY; NAIKAN, 1995).

Os investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes das falhas e, portanto, diminuem o custo total da manutenção, que é a soma dos custos de manutenção preventiva mais os custos das falhas. No entanto, a partir do ponto ótimo em investimento com manutenção preventiva, mais investimentos trariam poucos benefícios para a redução dos custos da falha e elevariam o custo total (MIRSHAWKA; OLMEDO; 1993). A Figura 31 mostra um *trade-off* dos custos versus nível de manutenção.

Figura 31 – Gráfico custos versus nível de manutenção.

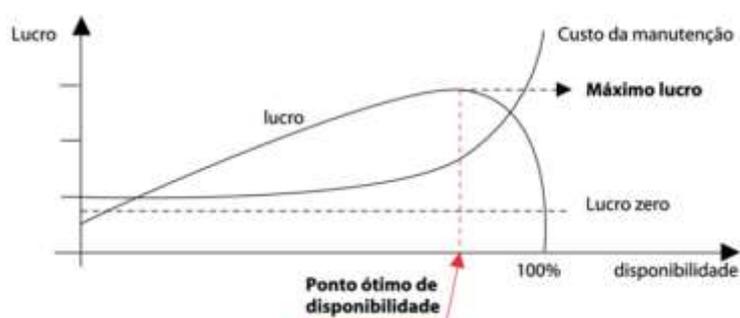


Fonte: Marcorin e Lima (2003, p. 38).

Quando uma empresa não investe em uma manutenção eficaz, suas máquinas falham com mais frequência, afetando sua produtividade e assim, sua rentabilidade. Os trabalhos de manutenção elevam o desempenho e disponibilidade dos equipamentos para a produção, mas ao mesmo tempo contribuem para acrescer os custos de operações e manutenção (OPEX).

O Figura 32 traz o gráfico adaptado de Murty e Naikan (1995), que mostra que a busca pelo máximo de disponibilidade requer gastos cada vez maiores com manutenção, e consequente redução do lucro da operação.

Figura 32 – Gráfico lucro versus disponibilidade.



Fonte: Marcorin e Lima (2003, p. 38).

A busca de 100% de disponibilidade requer gastos cada vez maiores com manutenção, causando redução do lucro da operação. O desafio é encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o custo da manutenção proporciona um nível de disponibilidade capaz de gerar máximo lucro à operação (MARCORIN e LIMA, 2003).

Os tipos de manutenção são: (i) preventiva, destinada a reduzir a probabilidade da falha; (ii) corretiva, efetuada após a ocorrência da falha; e a (iii) preditiva, que envolve técnicas de análise para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a corretiva. (KARDEC; NASCIF, 2017).

A ABNT NBR 5462 (1994, p.7) define manutenção corretiva como: “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. A manutenção corretiva pode ser subdividida em (i) corretiva planejada e (ii) corretiva não planejada, que é a mais praticada, segundo Kardec e Nascif (2017).

A “manutenção corretiva não planejada normalmente implica em altos custos, pois a quebra inesperada provoca perdas de produção, perda de qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção” (KARDEC; NASCIF, 2017, p.56).

A maioria das empresas mantém equipamentos velhos em funcionamento mesmo quando sua operação é economicamente inviável, ou seja, as despesas de manutenção superam o valor dos investimentos. O país tem um enorme potencial de redução de custos apenas se desfazendo de máquinas obsoletas, com tempos de operação muito elevados e produzindo fora de especificação (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017).

Todos os ativos se deterioram com o tempo e as falhas dos ativos aumentarão a necessidade de manutenção (MADUSANKA et al., 2016). Se os ativos são necessários à produção, ou seja, para criar lucro, isso implica que eles devem ter uma manutenção adequada para ter a disponibilidade necessária à produção. Isso implica que manutenção deve ter um orçamento, controlado por indicadores, definidos e indexados para seus custos de ciclo de vida (FARINHA, 2018).

O papel da manutenção na GA é manter a capacidade dos ativos críticos para que eles possam atender à função pretendida nos níveis de desempenho acordados. Como a criticidade se refere às consequências dos ativos sobre o desempenho organizacional, o grau de criticidade é usado para identificar ativos prioritários, a fim de melhorar sua confiabilidade através da análise de falhas (LAFRAIA, 2020a). Isto é, a manutenção é uma das funções estratégicas organizacionais e, assim sendo, tem impacto direto nos resultados (KARDEC et al., 2014).

A gestão de ativos foca no desempenho da capacidade do ativo; e a manutenção, em relação à gestão dos ativos físicos, tem duas metas permanentes: disponibilidade e confiabilidade, ou seja, ativos capazes em cumprir sua função e ativos disponíveis para operar (KARDEC et al., 2014).

O Quadro 23 traz exemplos de indicadores de desempenho e de custos, segundo Zampolli et al. (2015).

Quadro 23 – Exemplos de indicadores de desempenho e de custos.

Indicadores de desempenho	Indicadores de custos
<ul style="list-style-type: none"> • MTBF – Tempo médio entre falhas • Disponibilidade (horas sem interrupção) • Taxa de falhas / equipamento crítico • Severidade de falhas • Tempo médio entre reparos • Manutenibilidade • Frequência de falhas ou reparos • Confiabilidade • Horas dedicadas a gestão de ativos/ horas disponíveis da equipe 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo total da manutenção/ valor total do ativo • Custo real (soma dos custos de reparos com custo atualizado (custo médio de aquisição – valor médio de depreciação x (1- idade média do ativo)) • Custos de Manutenção ** / Custos estimados de substituição dos ativos • Custo da Manutenção / Custo de Operação • Custo de Operação / Valor da base de ativos • Valor de CAPEX previsto / Valor de CAPEX realizado <p>** custo de manutenção inclui mão de obra, empreiteiros, suporte, despesas gerais, treinamentos, peças de reposição e materiais e sistemas, exclui os custos de depreciação e o tempo de inatividade em consequência da manutenção.</p>

Fonte: adaptado de Zampolli et al. (2015, p. 40).

Segundo Viana (2002), existem 6 indicadores chamados de “índice de classe mundial”, pois a maioria dos países do ocidente os utiliza: (i) MTBF - *Mean Time Between Failures*, no Brasil conhecido como TMEF - Tempo Médio Entre Falhas.; (ii) MTTR - *Mean Time To Repair*, ou TMR - Tempo Médio de Reparo; (iii) TMPF - Tempo Médio Para Falha; (iv) Disponibilidade Física da Maquinaria; (v) Custo de Manutenção por Faturamento.; (vi) Custo de Manutenção por Valor de Reposição.

Esse trabalho utilizará como indicadores de desempenho a taxa de falhas, MTBF, MTTR, custo de manutenção por faturamento e custo de manutenção por valor de reposição, descritos a seguir.

Para manter a competitividade da empresa, os gestores estão sempre focados em controlar melhor os custos da manutenção. Os indicadores de manutenção ligados a custo são os que têm maior notabilidade pelos gestores, e uma forma simples de verificar se o setor de manutenção está fazendo uma boa gestão financeira é dividir o total gasto em manutenção com o faturamento bruto da empresa; esse indicador é Custo de Manutenção por Faturamento – CMF (TELES, 2016).

$$CMF = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Faturamento Bruto}} \times 100 \quad (1)$$

Segundo a ABRAMAM (2017), a porcentagem média das indústrias brasileiras desse indicador, em 2017, foi de 4%; e para as indústrias metalúrgicas, esse indicador foi de 3%.

Para Viana (2002), em custo total de manutenção estão incluídos todos os gastos com pessoal envolvido diretamente na manutenção, contratação de serviços externos, depreciação e perda de faturamento, que são os custos da perda de produção e custos com desperdício de matéria-prima. Para Zampolli et al. (2015), a depreciação e a perda de faturamento não fazem parte do custo total de manutenção (Quadro 23) e essa será a definição adotada pela empresa estudada.

O Custo de Manutenção por Valor de Reposição, chamado de CMVR é expresso por:

$$CMVR = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Valor de compra do equipamneto}} \times 100 \quad (2)$$

Esse indicador analisa o custo de manutenção dispendido em cada ativo e compara se seria mais vantajoso continuar mantendo o ativo ou trocá-lo. O valor máximo aceitável para

esse indicador é de 2,5%; se maior, significa que é mais vantajoso substituir o equipamento (TELES, 2016).

O MTBF é um dos mais importantes do setor de manutenção, pois através dele é possível enxergar como a manutenção está sendo administrada. Ele mede o tempo médio entre uma falha e outra e pode ser aplicado a cada equipamento, permitindo ações de forma individual (TELES, 2016). A expressão matemática do MTBF é:

$$MTBF = \frac{\text{Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}} \quad (3)$$

Para o MTBF, quanto maior for o resultado, melhor, ou seja, teve mais horas de trabalho em bom funcionamento.

Segundo Lafraia (2020a, p. 167), a confiabilidade pode ser definida como a “probabilidade de que um componente ou sistema cumpra sua função com sucesso, por um período de tempo previsto, sob condições de operação especificadas”. O inverso disso ocorrer seria a falha, que é a impossibilidade de o ativo cumprir com sua função no nível especificado ou requerido. A taxa de falhas, que é a frequência com que as falhas ocorrem, medidas em um certo intervalo de tempo, pode ser expressa por λ . E o inverso da taxa de falhas é conhecido como tempo médio entre falhas, que é o indicador MTBF. Então, a taxa de falhas pode ser expressa como:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (4)$$

Segundo Teles (2016), a fórmula para o cálculo da confiabilidade é:

$$R(t) = e^{-\lambda.t} \quad (5)$$

O MTTR é um indicador que quanto menor, melhor. Ele pode ser expresso como:

$$MTTR = \frac{\text{Somatório dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (6)$$

Ainda para Teles (2016), a disponibilidade pode ser medida através de:

$$\% \text{ Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \quad (7)$$

A Figura 33 traz a relação das atividades do ciclo de vida com os elementos RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability, Supportability*) confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e suportabilidade.

A manutenibilidade afeta diretamente a disponibilidade, pois o tempo gasto para reparar falhas e executar tarefas rotineiras de manutenção é o tempo que retira o equipamento do seu estado disponível, isto é, ele deixa de produzir; assim como há relação entre manutenibilidade e confiabilidade, que afetam a disponibilidade e o custo da operação (LAFRAIA, 2020a).

Figura 33 – Relação entre as atividades de ciclo de vida, desempenho dos ativos e os elementos RAMS.



Fonte: Lafraia (2020a, p. 178).

Por fim, a GA não significa excelência em manutenção; ela apenas promove o alinhamento do desempenho da manutenção, necessário para a criar valor à empresa. A manutenção deve integrar e alinhar as suas atividades com o SAMP e, para isso, elaborar seus planos de GA. O Quadro 24 sintetiza o conteúdo dos planos (KARDEC et al., 2014).

precisão a demanda de peças sobressalentes ou de reposição (BERGMAN et al., 2015), e assim, realizar a manutenção dos equipamentos de maneira eficaz.

Já a análise da demanda normalmente inclui a análise da demanda futura do produto ou serviço que está sendo oferecido e os requisitos que essa demanda colocará na carteira dos ativos. Existem vários elementos que precisam ser considerados: (i) a demanda histórica; (ii) os motivadores da demanda; (iii) a demanda futura e a mudança na demanda ao longo do tempo; (iv) as mudanças nos níveis de serviço exigidos; (v) a utilização atual e futura da capacidade dos ativos; (vi) o impacto nos futuros desempenho, condição e capacidade (GFMAM, 2014).

Da mesma forma que a obsolescência tecnológica e os altos custos de manutenção, a inadequação para atender à demanda atual ou futura é um dos motivos da substituição de equipamentos. E assim, a subseção a seguir aborda essa etapa, a última do ciclo de vida do ativo e propósito desse estudo.

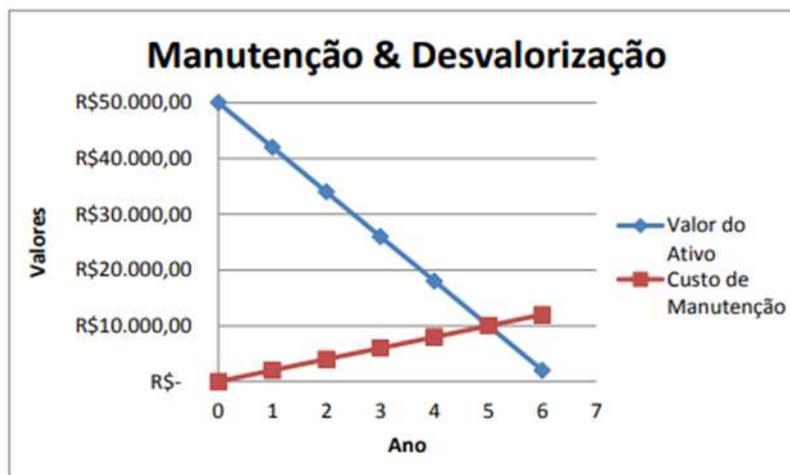
3.3.2 Substituição

Os equipamentos, no segmento industrial, apresentam custos de aquisição bastante elevados e de manutenções crescentes, e com o tempo os custos de manutenção podem aumentar e equivaler a várias vezes o valor do custo de aquisição do ativo. O problema de custo de ciclo de vida possui características técnicas e econômicas, já que os equipamentos se deterioram com o passar dos anos e, sendo assim, seu rendimento diminui, a frequência das manutenções aumentam e, por fim, seu valor de mercado também diminui (CESCA, 2017).

Na tomada de decisão de uma empresa entre realizar a manutenção de um ativo danificado ou adquirir um ativo novo, é preciso conhecer os custos envolvidos em cada uma das etapas: os custos de aquisição, operação, manutenção e descarte – custo de ciclo de vida, da forma que a gestão econômica de ativos consiga ter uma visão global de todos os custos (CESCA, 2012).

Como mostra a Figura 35, no ano 0 (zero), os custos de manutenção são nulos, enquanto o valor do ativo é alto; com o tempo, é possível verificar que o valor de mercado do ativo passa a ser menor do que os custos de manutenção.

Figura 35 – Manutenção e desvalorização de ativos.



Fonte: Cesca et al. (2012, p.2).

Além das despesas operacionais e de manutenção, a inadequação para execução das funções requisitadas e a obsolescência tecnológica reduzem a produtividade e a rentabilidade de uma empresa.

A substituição de equipamentos é um conceito amplo que abrange desde a seleção de ativos similares, porém novos, para substituir os existentes; a avaliação de ativos que atuam de modos completamente diferentes no desempenho da mesma função; até o descarte do equipamento (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2017).

Para Haider (2012), a renovação de ativos visa melhorar os ativos para garantir que os níveis de serviços necessários possam ser mantidos ou alcançados. Essa situação ocorre quando é muito caro manter um ativo para que ele continue entregando o nível original de serviço, ou quando há tecnologia melhor disponível. A renovação de ativos requer a consideração dos vários tipos de falha do ativo em questão, a probabilidade de sua ocorrência e o impacto da falha, em termos de riscos, que ela representa para o negócio. Por exemplo, se a falha estiver relacionada à capacidade do ativo, então a eficiência operacional do ativo envolvido deve ser examinada com vista a minimizar este risco como parte do processo de reforma ou substituição.

Recentemente, a remanufatura se tornou muito popular como uma das estratégias mais eficientes e eficazes para fins econômicos, sociais e ambientais do gerenciamento de produtos em “fim de vida”. No entanto, a literatura ainda não é exaustiva na determinação de entradas de investimento em remanufatura holística, processos e requisitos de saída. A remanufatura é definida como o processo de trazer produtos a um estado funcional de novo, com garantia para corresponder às mesmas necessidades (KAFUKU et al., 2015)

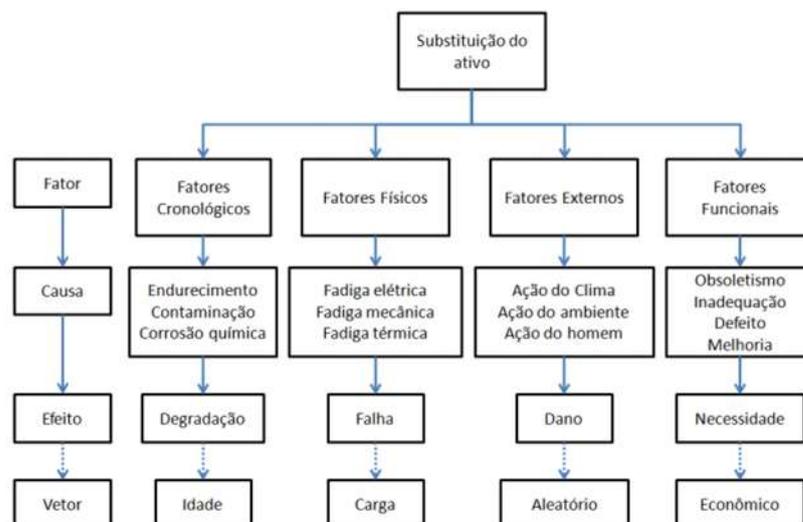
Para Kafuku et al. (2015), o setor de remanufatura é atraente porque o preço de um produto remanufaturado varia de 30% a 40% de um novo produto, e revelou que o consumo de energia para remanufaturar um produto é inferior a 50%, enquanto que força de trabalho, e matéria-prima são apenas 67% e 11,1%; 20 % a menos em comparação com a produção de produtos novos. Em termos de qualidade, produtos remanufaturados não são inferiores em comparação com novos produtos, mas custam metade do preço dos novos. A remanufatura demonstra alguns benefícios notados em pilares da sustentabilidade. No pilar econômico, o processo requer um investimento de capital relativamente pequeno porque os componentes já foram produzidos e a maior parte do trabalho já foi feita. No pilar ambiental, o processo é menos prejudicial, pois diminui a poluição e os resíduos sólidos através da eliminação segura de substâncias.

Já para Madusanka et al. (2016), a substituição de um ativo requer enormes investimentos e as empresas tentam estender a vida útil dos ativos por meio de reparos e manutenção, mas que devem substituí-los por novos e adequados ao final de sua vida útil. Muitos ativos da indústria são mais antigos do que a vida para a qual foram originalmente projetados e, em muitos casos, a falha em substituí-los leva a um alto consumo de energia, altos custos de manutenção e aumento do risco de acidentes e calamidades. Tomar uma decisão entre substituir ou reparar um ativo apresenta um grande desafio para os proprietários de ativos, pois envolve a seleção de uma escolha lógica e a determinação da opção que é a melhor para a situação particular. Saber como decidir qual opção é melhor para as operações da organização e quando os ativos devem ser substituídos ajudará a controlar o tempo de inatividade e custos inesperados.

Decisões eficazes de reparo ou substituição de ativos físicos são essenciais para organizações que competem em setores com uso intensivo de ativos físicos. Essas decisões não apenas exigem um investimento de capital substancial, mas também têm um efeito significativo na lucratividade e no desempenho financeiro de uma organização. As decisões de reparo ou substituição de equipamentos fazem parte da gestão de ativos físicos, que é um campo amplo e complexo que compreende várias disciplinas e princípios para a gestão eficaz, desde a concepção até o descarte (THERON, 2016).

Guardia (2014) elaborou um detalhamento dos fatores de substituição do ativo, conforme a Figura 36, indicando as causas, os efeitos e os vetores da substituição.

Figura 36 – Fatores de substituição de ativos em operação.



Fonte: Guardia (2014, p.76).

O objetivo da classificação é separar os dados dos fatores funcionais que poderiam levar a uma interpretação errada do resultado, e a partir dela, adotar tal terminologia para identificar as falhas de equipamentos para aprimorar os resultados obtidos (GUARDIA, 2014).

O processo de renovação de ativos é intensivo em informações e exige que a gestão de ativos leve em consideração várias opções disponíveis em termos de reforma, expansão ou substituição dos equipamentos. Segue uma avaliação articulada sobre processo para chegar a uma decisão de qualidade baseada em informações. Esta decisão precisa levar em consideração uma série de problemas, entre eles: (i) o custo de reforma versus substituição; (ii) os possíveis aumentos na vida útil após diferentes opções de tratamento; (iii) probabilidade e consequências da falha se a renovação não acontecer; (iv) benefícios que os clientes obtêm dos diferentes níveis de serviço que cada opção oferece; (v) requisitos e opções de investimento de capital e (vi) futura manutenção anual e periódica e custos operacionais para reforma ou substituição (HAIDER, 2012).

Segundo Assis (2013), para justificar a substituição de qualquer equipamento, seja ele todo ou uma parte, é necessário estimar o CAPEX e OPEX, tanto do equipamento atual, quanto do equipamento candidato à troca, ao longo da vida restante do primeiro e do ciclo de vida do segundo. Essas estimativas só podem ser realizadas através de uma das quatro formas: (i) por informação das horas de intervenção e das quantidades das peças necessárias; (ii) por extrapolação de custos passados (se existirem) do equipamento atual; (iii) por extrapolação do

número de falhas do histórico registrado no cadastro; (iv) por analogia com equipamentos semelhantes.

Assis (2013) também destaca que para justificar economicamente a substituição de um equipamento, sempre se depara com a insuficiência de dados sobre os custos operacionais e de manutenção, e que a literatura também não proporciona informação sobre a evolução típica destes custos. O autor desenvolveu seu estudo de substituição baseado nas falhas, que requer o histórico desses dados e afirma que as falhas de um equipamento, com os anos e trocas de seus componentes, deixam de ser independentes e sim correlacionadas, e que um equipamento, ao envelhecer, apresenta custos anuais de manutenção crescentes durante uns anos, mas gradativamente, tende para um custo anual aproximadamente constante.

Como a empresa do estudo não apresenta registro das falhas de seus equipamentos, o método desenvolvido por Assis (2013) não será abordado nesse estudo, mas como o MTBF e a taxa de falhas, assim como os custos de manutenção já estão sendo apontados, estudos futuros podem avaliar a substituição, também, através das falhas.

De acordo com Alarcón et al. (2012), às empresas onde a produção é controlada pela disponibilidade dos equipamentos, as políticas de substituição de equipamentos afetam não apenas o custo de uma máquina, mas também o lucro obtido. Embora os modelos de substituição de equipamento descritos na literatura sugiram que os custos consequenciais das falhas do equipamento sejam significativos e devam ser considerados nas decisões de substituição, a maioria não incluiu explicitamente esses custos ou não fornece métodos para calculá-los, diminuindo a qualidade da análise de substituição. Segundo os autores, há dois tipos de custos consequenciais: o primeiro está relacionado a custos que são relativamente fáceis de quantificar, como o custo da MO, materiais e outros recursos necessários para reparar o equipamento; e o segundo é o efeito das falhas da máquina na produção, isto é, o efeito da indisponibilidade de uma máquina em um sistema de produção, que pode implicar na ociosidade ou produtividade reduzida de outros equipamentos e recursos.

Os gerentes de ativos físicos em indústrias com uso intensivo de seus equipamentos regularmente enfrentam a decisão de continuar a manutenção ou substituir um ativo físico em operação. Essas decisões incluem, entre muitos outros fatores, determinar o período ideal de quando substituir um ativo físico é mais vantajoso do que mantê-lo. Apesar da importância e impactos organizacionais significativos desta decisão, o julgamento é frequentemente feito na prática com base na intuição do tomador de decisão e/ou puramente com base em aspectos financeiros. Como a gestão de ativos físicos é um campo multidisciplinar, a gestão das decisões

de reparo e substituição de máquinas deve incorporar os impactos de múltiplos critérios, financeiros e não financeiros (THERON, 2016).

Para equipamentos de longa vida, a vida útil é determinada por fatores como obsolescência, falta de suporte de manutenção, diminuição da confiabilidade, perda da capacidade de desempenho, disponibilidade e viabilidade de substituição econômica. Essas decisões requerem cooperação entre o financeiro e não financeiro (operações/manutenção) para permitir que seja tomada a decisão certa sobre manter o ativo ou substituí-lo (ISO, 2019c).

A literatura científica de gestão e pesquisa operacional foi pioneira no uso de modelos de substituição de veículos para otimizar decisões com relação à compra, utilização, manutenção e sucateamento de veículos. Um modelo de otimização formal que trata do problema da substituição de máquinas foi introduzido pela primeira vez na década de 1950, e desde então, pesquisadores analisam problemas de substituição sob várias ópticas (BOUDART; FIGLIOZZI, 2012).

Os primeiros trabalhos de PSE (Problema de Substituição de Equipamentos) estabeleceram a fundamentação matemática baseada em receitas (decrecente) e custos (crescente) para dois tipos principais de situações: (i) sem inovação tecnológica; e (ii) com inovação tecnológica (ABENSUR, 2015). Na literatura há trabalhos que quantificam os custos de manutenção e a desvalorização de equipamentos com o objetivo de determinar o momento ótimo de reposição; uma parte dos trabalhos encontrados dedica-se ao uso de indicadores de fluxo de caixa (ferramentas da engenharia econômica), enquanto outros trabalhos trazem a metodologia de programação dinâmica (CESCA, 2017).

Os custos associados à operação e manutenção do equipamento são considerados determinísticos, no entanto, na realidade, existem incertezas significativas associadas com custos de ciclo de vida, incluindo mudanças na tecnologia, utilização variada e condições operacionais, fatores econômicos e mudanças nas práticas de manutenção. Isso é considerado uma limitação no uso de modelos determinísticos, e levou a um interesse significativo em modelos que incorporam incerteza. Existem duas classes principais de modelos que foram utilizados para examinar o impacto da incerteza nas decisões de substituição de capital: simulação de Monte Carlo e programação dinâmica (RICHARDSON et al., 2013).

O principal papel da incerteza em uma decisão de substituição deriva do fato de que, com o passar do tempo, novas informações aparecem o que pode influenciar a decisão. Qualquer abordagem que falhe em representar o valor e/ou o impacto de novas informações

sobre as decisões presentes, necessariamente falha em representar o papel da incerteza na decisão de substituição (RICHARDSON et al., 2013).

A engenharia econômica permite analisar problemas complexos, por meio de métodos, que envolvam situações de risco e decisões que demandam coerência estratégica de investimentos (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017).

Para Grano e Abensur (2017), uma decisão de substituição de equipamentos leva em consideração modelos de engenharia econômica baseados no Fluxo de Caixa Descontado (FCD), como o Custo Anual Equivalente (CAE). E para Vega e Abensur (2014), o PSE exige a mensuração de resultados econômicos para avaliar diferentes alternativas para a tomada de decisão. As principais técnicas empregadas são: (i) Valor Presente Líquido (VPL); (i) Custo Anual Equivalente (CAE) e (iii) Taxa Interna de Retorno (TIR).

Segundo Cesca (2019), o procedimento na literatura tradicional é incorporar os custos na tomada de decisão, o que é feito em poucas etapas: (i) selecione o ativo físico que deseja determinar a vida econômica; (ii) colete o custo de manutenção, custo de aquisição e valor de revenda do equipamento; (iii) organize todos esses valores em um fluxo de caixa, para facilitar a avaliação do impacto das entradas e saídas de caixa em diferentes anos.

Cesca (2012) cita que, embora a aquisição de um equipamento deva ser decidida por meio de um estudo sobre a vida econômica útil desse equipamento, que leva em conta as despesas de manutenção e operação, há desvantagens desse método, que é o tempo gasto para levantar os dados de custos e a possível falta de precisão destes dados.

O fluxo de caixa permite conhecer a rentabilidade e a viabilidade econômica do projeto, ou seja, representa a renda econômica gerada pelo projeto durante sua vida útil. A análise de investimento é processada com base em fluxos de caixa, e o dimensionamento desses valores é considerado o aspecto mais importante da decisão (SAMANEZ, 2009).

O PSE é resolvido pelas escolas de administração através das técnicas de fluxo de caixa incremental (FCI), estimando os impactos de receitas, dos custos e dos impostos sobre um fluxo de caixa obtido da substituição do bem em uso (BU) pelo bem substituto (BS); após, o FCI é submetido a uma avaliação por métodos de FCD como o VPL e/ou TIR. Os métodos baseados no FCI aplicam-se às decisões de substituição tomando como horizonte de planejamento a vida útil do bem em uso (ABENSUR, 2015). Como as receitas dificilmente podem ser quantificadas em termos monetários, enquanto os custos podem sê-lo (SAMANEZ, 2009; ABENSUR, 2015), as escolas de engenharia utilizam uma adaptação do FCI sob a óptica dos custos envolvidos na substituição (ABENSUR, 2015).

Para Warschauer (2010), o método do VPL transporta todas as receitas (+) e todos os custos (-) para a data zero. Esse transporte é feito com a “taxa de mercado”, que é o custo do capital para obter o financiamento, ou a “taxa mínima de atratividade” (TMA), que é a taxa com que pode ser aplicado o capital, se o projeto de investimento não for realizado. Em substituição de equipamentos, esse método calcula os valores presentes dos rendimentos futuros de cada uma das alternativas a fim compará-las, preferindo aquela que tem maior VPL.

Segundo Roiz (2016), o cálculo do VPL é realizado pela equação 8.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - FC_0 \quad (8)$$

Em que: *VPL*: Valor Presente Líquido; *n*: Período de Tempo; *i* é Taxa de Desconto; *FC*₀: Fluxo de caixa ocorrido no momento t=0, podendo ser um empréstimo, financiamento ou Investimento; *FC*_t : Valor de entrada ou saída para cada intervalo de tempo.

É sabido que o valor das despesas hoje custa mais que o mesmo valor das despesas no próximo ano e para isso, uma taxa de desconto é usada para levar em consideração o valor do dinheiro no tempo. Para comparar os custos incorridos em diferentes períodos, devem-se deslocar as despesas para um ponto de referência no tempo, que é o valor presente equivalente aos custos anteriores ou futuros. Para Cesca (2019), é necessário que os valores do fluxo de caixa ao longo dos anos de vida do ativo sejam contabilizados no valor do dinheiro, ou seja, que sejam consideradas as taxas de juros e a inflação. A justificativa para contabilizar essas taxas é a comparação entre as ações presentes e futuras. E assim, é possível realizar uma substituição entre dois ativos, um novo e um em operação.

A forma como se considera a TMA recai no fato de que tanto acionistas quanto credores exigem uma remuneração mínima de seus recursos investidos. Aos acionistas, o custo de capital incorrido é seu custo de oportunidade, que é quanto de retorno é exigido no mínimo, em detrimento ao risco inerente ao investimento. Já os credores esperam receber uma recompensa pelo financiamento do projeto. Para definir a TMA, deve-se discutir também as variáveis que compõe o custo de capital, assim como custo de capital de terceiros, custo de oportunidade e suas respectivas metodologias de cálculo (ROIZ, 2016).

Para Harzer et al. (2014), para escolher a TMA, geralmente adiciona-se um *spread* à taxa livre de risco para considerar o grau do risco do investimento, caso o projeto seja aprovado. O *spread* é proporcional ao risco, isto é, quanto maior o risco do projeto, maior o adicional a ser agregado à taxa livre de risco e vice-versa. A escolha da TMA é uma prática arbitrária, além

de considerar a hipótese rígida de que o risco continuará inalterado durante todo o investimento, o que pode ser falso, já que o risco pode variar ao longo do investimento.

Para investimentos de longo prazo, a TMA é uma meta estratégica (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017). Portanto, a escolha do valor da TMA, assim como os métodos da análise de substituição, deve fazer parte do processo de tomada de decisão.

Para Cesca (2018), a metodologia de fluxo de caixa é utilizada para facilitar a avaliação do impacto das entradas e saídas de caixa em diferentes anos; e o critério mais utilizado consiste na Anuidade Equivalente (AE), também conhecido como CAUE, que converte os valores de um fluxo de caixa irregular em uma série de pagamentos uniformes idênticos, e então, o valor de anuidades equivalentes informa o quanto é gasto por ano com o ativo. O cálculo desse critério é feito pela equação:

$$AE(n) = VPL * \frac{i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (9)$$

Na equação (8), i representa a taxa mínima de atratividade, n é o prazo de duração do projeto e VPL (valor presente líquido) é o somatório das entradas e saídas de caixas descontadas para a data zero pela taxa i (CESCA, 2018).

O método do CAE transforma todos os pagamentos e recebimentos de capital em uma série de pagamentos iguais equivalentes, adotando uma determinada taxa de mercado. Se a série for positiva, o projeto apresenta lucro; se for negativa, o projeto apresenta custo. Em substituição de equipamentos, o método do custo anual ou custo de produção calcula o custo unitário da produção ou o custo anual de cada alternativa, dando preferência à alternativa que apresenta o menor custo (WARSCHAUER, 2010).

A fórmula do CAUE, segundo Abensur (2015) é:

$$CAUE_{n,i} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j + DI_j}{(1+i)^j} * \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n * i} \quad (10)$$

Onde i é a TMA, C_j = custos na data j ; DI_j é o desembolso ou investimento feito na data j ; n é o número de períodos analisados.

Abensur (2015) fala que, além da obsessão da engenharia pela redução de custos, o método CAUE é respaldado pela compreensão de que os resultados são maximizados quando os custos forem minimizados; além da ideia associada à previsibilidade e estabilidade dos

custos em relação à volatilidade e incerteza das receitas. Os fluxos de custos são transformados em uma série uniforme de pagamentos pelo método CAUE e os resultados mínimos estabelecem a vida econômica dos bens analisados, para decisões de substituição (ABENSUR, 2015).

Os métodos baseados em CAUE aplicam-se tanto para avaliar a viabilidade econômica da troca quanto para a decisão de quando realizar a substituição, calculando as possibilidades de retenção do ativo até a extinção de sua vida útil, também chamada de vida útil física (VUF), que é a capacidade física de produção do ativo. Enquanto os métodos baseados em FCI buscam responder à pergunta “se”, os métodos de CAUE buscam responder à pergunta “quando”. Os métodos de FCI fazem uso do conceito de VUF, e os métodos de CAUE usam tanto a VUF como a vida útil econômica (VUE), que é igual ou inferior à VUF. Responder quando a substituição será feita já responde se ela é viável (ABENSUR, 2015).

O método da TIR, quando aplicado corretamente a projetos de investimento ou financiamento, calcula a taxa de juros que torna nulo o valor presente de todas as entradas (positivas) somadas aos valores presentes de todas as saídas (negativas). Se a taxa for maior que a taxa de juros do mercado, o projeto é vantajoso; caso contrário, é melhor não executar o projeto e aplicar o dinheiro no mercado. Em substituição de equipamentos, esse método calcula qual a alternativa que conduz à melhor taxa interna de retorno de renda em relação ao capital investido (WARSCHAUER, 2010).

De acordo com Roiz (2016), a TIR de um projeto de investimento é a taxa de desconto que faz com que o VPL de uma oportunidade de investimento seja igual a \$0, ou seja, é a taxa de retorno anual composta que será obtida caso decida investir no projeto em análise e realmente receber as entradas e realizar as saídas de caixa previstas.

Utilizando dessa forma as mesmas variáveis que a Equação (8), acrescentando apenas a TIR – Taxa Interna de Retorno se obtém:

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = FC_0 \quad (11)$$

Os critérios para decisão são: aceita-se o projeto de investimento caso a TIR seja maior do que o custo de capital, enquanto que se rejeita o projeto de investimento para valores de TIR menores que o custo de capital (ROIZ, 2016).

A relação BCR ou B/C (Benefício/Custo) é um método para analisar a conveniência de projetos onde benefícios e custos podem ser quantificados. Benefícios são vantagens para o

dono do bem. E não-benefícios são desvantagens para o proprietário quando o projeto que está em andamento é implementado. Os custos são gastos previstos para a construção, operação, manutenção, etc. $BCR > 1$ significa que o projeto é aceitável, enquanto $BCR < 1$ significa que o projeto é rejeitado (ELYAMANY; EL-NASHAR, 2015). A seguir, a fórmula para calcular BCR.

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Benefícios-não benefícios}}{\text{Custos}} \quad (12)$$

O projeto selecionado é o que apresenta o maior BCR ou B/C.

Payback (PBP) é o tempo necessário para recuperar o custo de um investimento. PBP de um dado investimento ou projeto é um determinante importante de se realizar o investimento ou não, já que PBP mais longos normalmente não são desejáveis para investimento (ELYAMANY; EL-NASHAR, 2015). A seguir é a fórmula para o cálculo do PBP:

$$PBP = \frac{\text{Custos do projeto}}{\text{Entradas anuais de caixa}} \quad (13)$$

O projeto selecionado em PBP é o que apresenta o retorno mais curto, ou seja, o *payback* menor.

O Quadro 25 traz, segundo Elyamany e El-Nashar (2015), as vantagens e desvantagens dos métodos VPL, TIR, Custo/Benefício e *Payback*.

Quadro 25 – Características dos métodos de avaliação econômica.

	VPL	B/C	TIR	PBP
Vantagens	analisa a rentabilidade do projeto	mede tanto quantitativa quanto os fatores qualitativos	mede a rentabilidade	simples de usar
Desvantagens	ignora o risco associado ao projeto; assume o máximo de entradas de caixa possíveis	benefícios e custos não podem ser medidos; exclusivamente em termos financeiros diferentes	impraticável quando se compara projetos; diferentes medidas, enganoso se usado sozinho	ignora benefícios que ocorrem após o período de retorno; ignora a rentabilidade

Fonte: adaptado de Elyamany e El-Nashar (2015).

Além dos vários métodos de análise de investimento em novos ativos, os tipos de substituição são: (i) baixa sem reposição; (ii) substituição idêntica; (iii) substituição não idêntica; (iv) substituição com progresso tecnológico; (v) substituição estratégica, que serão detalhadas na subseção a seguir.

3.3.2.1 Tipos de substituição

Quando um equipamento está em uso, há ocasiões, não excludentes entre si, que cabem a análise de uma eventual substituição, sendo elas: (i) custo exagerado da operação e da manutenção devido ao desgaste físico, (ii) inadequação para atender a demanda atual; (iii) obsolescência em comparação aos equipamentos tecnologicamente melhores e que produzem com mais qualidade; (iv) possibilidade de locação de equipamentos similares (HIRSCHFELD 2018).

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2017), os tipos de substituição são: (i) baixa sem reposição; (ii) substituição idêntica; (iii) substituição não idêntica; (iv) substituição com progresso tecnológico; (v) substituição estratégica.

3.3.2.1.1 Baixa sem reposição

Em caso de produtos que estão sujeitos ao rápido obsoletismo, pode-se decidir suspender a produção e vender o equipamento sem substituí-lo (TORRES, 2010).

Um ativo pode deixar de ser econômico antes de atingir sua vida física e não ser desejável a sua substituição. Neste caso, o critério é manter o ativo por mais um período se o VPL de sua manutenção for maior que zero. O cálculo do número de períodos em que o equipamento deve ser mantido envolve o VPL de manutenção do ativo em todos os períodos até que se obtenha o período i : $VP_i < 0$ (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2017).

O estudo de Panegossi e Chiari (2019) traz exemplos de baixa sem reposição de um equipamento produtivo que tinha elevadas despesas de manutenção, e método utilizado para a análise da baixa sem reposição foi o VPL; as equações utilizadas para os cálculos deste método foram feitas no software MS-Excel da Microsoft®.

Usa-se: VP_i (valor presente no período i) = - valor de venda no período $(i-1)$ + ((receita do período i – custos do período i + valor de venda no período i) / $(1+TMA)$).

$$VP_i = -V(i-1) + \frac{(R_i - C_i + V_i)}{(1+TMA)} \quad (14)$$

O cálculo do número de períodos em que o equipamento deve ser mantido envolve o VPL de manutenção do ativo em todos os períodos até que se obtenha o período i : $VP_i < 0$. Nesse estudo a TMA foi definida através das taxas Selic do final de cada período i ; de todos os anos que foram calculados os VP_i 's.

O exemplo se encontra na Tabela 1 e o momento ótimo para fazer sua baixa seria ao final de 2017, pois o resultado do VP passa a ser negativo. Em 2018 o valor dos custos e das receitas foram muito próximos (PANEGOSSO; CHIARI, 2019).

Tabela 1 – Exemplo de baixa sem reposição.

ANO	VALOR DE VENDA	CUSTOS	RECEITA	VP	TMA
2014	R\$ 110.000,00	R\$ 27.132,34	R\$ 63.261,10		
2015	R\$ 100.000,00	R\$ 34.736,97	R\$ 63.652,48	R\$ 2.836,33	14,25%
2016	R\$ 90.000,00	R\$ 36.099,10	R\$ 66.860,51	R\$ 6.163,88	13,75%
2017	R\$ 85.000,00	R\$ 49.837,80	R\$ 60.220,57	-R\$ 857,22	7,00%
2018	R\$ 80.000,00	R\$ 51.673,27	R\$ 53.187,69	-R\$ 8.460,64	6,50%

Fonte: adaptado de Panegossi e Chiari (2019, p. 8).

3.3.2.1.2 Substituição idêntica e o conceito de vida econômica

Existem equipamentos que são afetados pelo desenvolvimento tecnológico, como as máquinas operatrizes. Estes equipamentos apresentam custos crescentes devido ao desgaste e devem ser substituídos por equipamentos semelhantes, que após um tempo também serão substituídos e assim por diante; o intervalo entre as substituições é chamado de vida econômica (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017). A vida econômica de um ativo é a duração ótima de sua utilidade, que é o momento em que os gastos do ativo são mínimos (CESCA; NOVAES; 2012).

A vida econômica é o balanço de: (i) do custo de investimento inicial, que tende a tornar a utilização do bem no maior prazo possível e (ii) dos custos de operação/manutenção, que tendem a encurtar o prazo operacional do equipamento, pois são crescentes. A determinação da vida econômica consiste em achar os custos ou resultados anuais uniformes equivalentes do equipamento para todas as vidas úteis possíveis, sendo o ano para qual o CAUE (Custo Anual Uniforme Equivalente) é mínimo ou o VAUE (Valor Anual Uniforme Equivalente) é o máximo da vida econômica do ativo (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017).

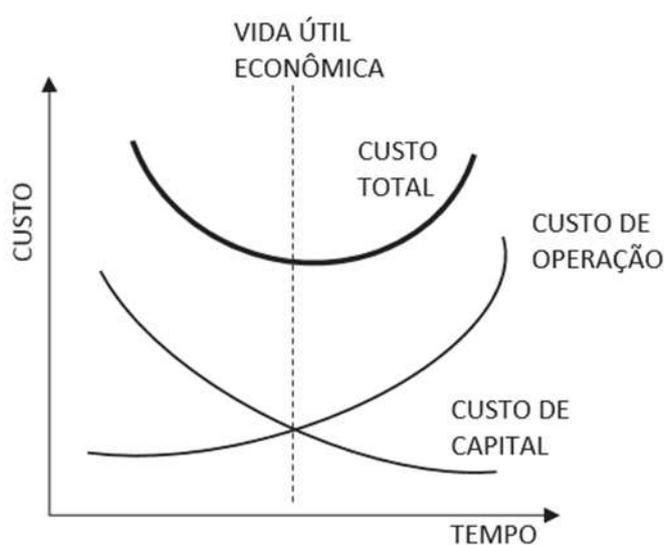
Para Motta e Calôba (2002), a vida econômica tende para a sua vida útil quando: (i) aumenta a taxa de desvalorização do equipamento, (ii) aumenta o custo de instalação do

equipamento, (iii) diminuiu o incremento da função de custo e (iv) aumenta a taxa mínima de atratividade (custo do capital).

Quando não se considera a geração de receita, pode-se usar o CAUE, no entanto, no caso de equipamentos de produção, que podem perder, com o tempo, sua capacidade produtiva com efeitos na receita, é mais conveniente usar VAUE ao invés de CAUE (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017). No caso da substituição por equipamento do mesmo tipo, considera-se que o novo equipamento tenha custos de aquisição e de manutenção iguais ao atual, o mesmo rendimento e o mesmo valor de mercado (TORRES, 2010).

A Figura 37 mostra uma representação gráfica que representa a vida econômica e o CAUE.

Figura 37 – Representação da vida útil econômica.



Fonte: adaptado de Casarotto Filho e Kopittke (2017, p. 162)

Stortte e Jacometti (2016), traz o exemplo de CAUE de uma colhedora de cana-de-açúcar, cujos dados se encontram na Figura 38.

Figura 38 – Levantamento dos custos operacionais e manutenção por ano de trabalho.

Equipamento	Colhedora de cana de açúcar
Vida útil	5 anos
Custo de aquisição	R\$ 880.000,00
Depreciação contábil linear	25%
Custo anual de manutenção e operação 1	R\$ 300.000,00
Custo anual de manutenção e operação 2	R\$ 310.000,00
Custo anual de manutenção e operação 3	R\$ 340.000,00
Custo anual de manutenção e operação 4	R\$ 370.000,00
Custo anual de manutenção e operação 5	R\$ 485.000,00

Fonte: Stortte e Jacometti (2016, p.12).

A Figura 39 sintetiza as informações dos valores utilizados no cálculo do CAUE. E a Figura 40 apresenta os valores do CAUE.

Figura 39 – Apresentação dos valores utilizados no cálculo do CAUE.

Preço de Aquisição	R\$ 880.000,00		10%		
Ano safra	1	2	3	4	5
Gastos com manutenção por colhedora	R\$ 300.000,00	R\$ 310.000,00	R\$ 340.000,00	R\$ 370.000,00	R\$ 485.000,00
VALOR RESIDUAL	R\$ 754.285,71	R\$ 628.571,43	R\$ 450.000,00	R\$ 235.000,00	R\$ 70.000,00

Fonte: Stortte e Jacometti (2016, p.13).

Figura 40 – Apresentação dos valores do CAUE.

CAUE ANO 1	R\$ 513.714,00
CAUE ANO 2	R\$ 512.489,80
CAUE ANO 3	R\$ 533.317,22
CAUE ANO 4	R\$ 554.149,54
CAUE ANO 5	R\$ 573.698,84

Fonte: Stortte e Jacometti (2016, p.14).

Segundo Stortte e Jacometti (2016), é notável que o momento ideal para a troca do equipamento é no final do segundo ano de atividade, e isso se dá pelo aumento significativo dos custos com manutenção e operação, a partir do terceiro ano. No final do segundo ano, o custo é de R\$512.489,80 contra R\$573.698,84 no quinto ano, apresentando uma economia de

R\$61.209,04 por colhedora, que representa uma redução de aproximadamente 11% de custos por equipamento.

Casarotto Filho e Kopittke (2017) trazem o exemplo da substituição de um carro, cujo preço novo é R\$ 58.000,00 e a TMA é de 10% a.a. Os valores dos custos e da revenda em 5 anos, assim como o CAUE, encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Apresentação dos valores utilizados e o cálculo do CAUE

Ano	1	2	3	4	5
Revenda	50.000	44.000	38.000	30.000	23.000
Custos	1.000	1.600	2.400	3.400	4.600
CAUE	14.800	13.752	13.465	13.839	13.963

Fonte: elaborada pela autora, adaptada de Casarotto Filho e Kopittke (2017).

Segundo os autores, a partir do terceiro ano os custos estão aumentando e a política de manter o carro por três anos é a mais econômica.

3.3.2.1.3 Substituição não idêntica

Na literatura norte-americana usa-se o termo desafiante ou atacante para indicar o novo ativo que possa vir a substituir o ativo existente, que é chamado de defensor. A substituição não idêntica envolve a consideração de um desafiante com características diferentes do defensor, ou seja, do ativo atual. Para se determinar quando o defensor deve ser substituído é necessária a determinação da vida econômica do desafiante, já que o que apresentar menor CAUE para a sua vida econômica, será o escolhido (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2017).

Em primeiro lugar deve-se determinar qual o melhor desafiante, e então duas decisões devem ser tomadas: deverá ser decidido se haverá ou não substituição, e caso a substituição seja econômica, quando ela deverá ser feita. Sendo assim, a substituição deverá ser feita se o CAUE do desafiante/atacante for menor que o CAUE do defensor ($CAUE_a < CAUE_d$) ou o VAUE do defensor for menor que o VAUE do desafiante/atacante ($VAUE_d < VAUE_a$), ou seja, se o defensivo for mais econômico que o defensor. Se essa primeira etapa for preenchida, então resta determinar quando deverá ocorrer a substituição (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2017).

Abensur (2015) traz um exemplo para a troca de carro através do CAUE do bem em uso (BU), também chamado de defensor e do bem substituto (BS), conhecido como desafiante ou atacante.

A aplicação do método CAUE é sobre a decisão de substituição de um veículo com um ano de uso, adquirido por uma pessoa física, por um modelo 0 km de uma outra montadora. A vida útil estimada foi de quatro anos, a TMA é de 6% a.a. e somente os dados de custos foram considerados. Sendo uma pessoa física, não há benefícios fiscais provenientes da depreciação ou dos custos operacionais.

A Figura 41 traz a análise do CAUE do BU. E a Figura 42 traz a análise do CAUE do BS. Segundo Abensur (2015) e de acordo com os resultados, todos os CAUEs do BU são superiores ao do BS, recomendando-se, então, a substituição imediata do veículo em uso.

Figura 41 – Análise pelo método CAUE do BU.

Ano		1	2	3	4
Valor de aquisição (a)	26.575				
TMA (% a.a.)	6,0%				
IR	0%				
Redução anual (%)		16%	7%	5%	3%
Valor residual		20.242	19.443	18.473	17.683
Custo de capital (a)		6.333	799	970	790
Custos operacionais		4.814	4.422	4.875	5.239
VP Custos operacionais		4.814	4.172	4.339	4.399
VP Acumulado custos operacionais (b)		4.814	8.986	13.324	17.723
Custo de oportunidade (c)		1.215	1.167	1.108	1.061
FCI (d = a + c)		7.548	1.966	2.078	1.851
VP do FCI		7.548	1.854	1.850	1.554
VP FCI acumulado (e)		7.548	9.402	11.252	12.806
VP FCI acumulado (b + e)		12.362	18.388	24.576	30.259
CAUE		13.103	10.029	9.194	8.810

Fonte: Abensur (2015, p. 530).

Figura 42 – Análise pelo método CAUE do BS.

Ano		1	2	3	4
Valor de aquisição (a)	26.272				
TMA (% a.a.)	6,0%				
IR	0%				
Redução anual (%)		16%	7%	5%	3%
Valor residual		20.084	18.926	18.095	17.279
Custo de capital (a)		6.188	1.158	831	816
Custos operacionais		4.550	4.244	4.569	5.493
VP Custos operacionais		4.550	4.004	4.066	4.612
VP Acumulado custos operacionais (b)		4.550	8.554	12.620	17.232
Custo de oportunidade (c)		1.205	1.136	1.086	1.037
FCI (d = a + c)		11.943	6.538	6.486	7.346
VP do FCI		11.943	6.168	5.772	6.168
VP FCI acumulado (e)		11.943	18.111	23.883	30.050
VP FCI acumulado (b + e)		11.943	18.111	23.883	30.050
CAUE		12.660	9.878	8.935	8.672

Fonte: Abensur (2015, p. 530).

3.3.2.1.4 Substituição com progresso tecnológico

Nesse tipo de abordagem, os equipamentos competem entre si, e a existência do desafiante implica a existência de progresso tecnológico. Os modelos anteriores são estáticos,

pois não consideram o progresso tecnológico, ou seja, o fato de que os equipamentos são constantemente aperfeiçoados (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017).

Nesta análise, o constante aperfeiçoamento dos equipamentos incide em custos de obsolescência que são características externas ao ativo, comparando-se os custos de operação do equipamento desejado com os custos de equipamentos que serão lançados (STORTTE; JACOMETTI, 2016).

Casarotto Filho e Kopittke (2017) trazem o exemplo de um representante comercial que comprou um automóvel zero em 1987, zero km, por R\$ 1.000,00. A previsão da depreciação do carro, o custo rodado por 1.000 km e a previsão de custo do km rodado por um carro novo estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Informações do carro comprado e um carro novo.

Ano	Preço de revenda	Custo por 1.000 km rodado	Custo por 1.000 km para o carro novo
1987	720	9	9
1988	620	10	9
1989	540	11	8
1990	460	12	8
1991	400	13	7
1992	360	15	7
1993	325	16	6

Fonte: elaborada pela autora, adaptada de Casarotto Filho e Kopittke (2017).

O CAUE do carro, considerando 30.000 km rodados a uma TMA de 10% a.a. se encontra na Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6. A Tabela 4 traz o cálculo do custo anual do investimento.

Tabela 4 – Cálculo do custo anual de investimento.

Ano	1.000 x (A/P; 0,1; N)	Valor de revenda x (A/F; 0,1; n)	CAUE do investimento
1987	1.100,00	720,00	380,00
1988	576,19	295,24	280,95
1989	402,11	163,14	238,97
1990	315,47	99,12	216,35
1991	263,80	65,52	198,28
1992	229,61	46,66	182,95
1993	205,41	34,26	171,15

Fonte: elaborada pela autora, adaptada de Casarotto Filho e Kopittke (2017).

A Tabela 5 traz o cálculo da inferioridade de serviço do carro comprado em 01/01/1987A inferioridade do serviço do carro em relação ao veículo mais recente resulta da diferença de custo da quilometragem do ano.

Tabela 5 – Cálculo da inferioridade de serviço.

Ano	Inferioridade de serviço no decorrer do ano	Valor presente da inferioridade do serviço	Somatório do VP	CAUE da inferioridade do serviço
1987	0	0	0	0
1988	30,00	24,79	24,79	14,29
1989	90,00	67,62	92,41	37,16
1990	120,00	81,96	174,37	55,01
1991	180,00	111,76	286,13	75,48
1992	225,00	127,01	413,14	94,86
1993	300,00	153,95	567,09	116,48

Fonte: elaborada pela autora, adaptada de Casarotto Filho e Kopittke (2017).

A Tabela 6 mostra a determinação da vida econômica, que é a soma das duas tabelas anteriores, fornecendo o CAUE da inferioridade do serviço.

Tabela 6 – Determinação da vida econômica.

Ano	Gradiente de inferioridade de serviço total em termos de CAUE
1987	380
1988	295,24
1989	276,13
1990	271,36
1991	273,76
1992	277,81
1993	287,63

Fonte: elaborada pela autora, adaptada de Casarotto Filho e Kopittke (2017).

A tabela 6 mostra que a inferioridade mínima é obtida quando o automóvel é vendido ao final de 1990, quatro anos após o uso. O custo de R\$ 271,36 é chamado de “mínimo adverso”. A determinação da vida econômica difere do método tradicional de CAUE somente pelo fato da comparação dos custos de utilização dos equipamentos substituto (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2017).

Koowattanatianchai e Charles (2015) desenvolveram em seu estudo uma maneira extensa de determinar estratégias de substituição de ativos que levam em consideração a inflação, a tributação e o avanço tecnológico, simultaneamente. O modelo, que modifica os modelos clássicos de substituição de ativos, implica que os efeitos da inflação nas decisões de substituição são geralmente positivos, exceto no caso de ativos de vida curta, que não são

totalmente baixados no final de sua vida. Efeitos fiscais na vida ótima do ativo também são analisadas em um contexto de inflação zero e positiva. Os resultados mostram que um corte de impostos geralmente incentiva as empresas a aumentar a frequência de substituição, e que esse incentivo se tornará mais forte com inflação mais alta e mais tempo para substituição.

Ainda segundo os autores, melhoria tecnológica não importa para as empresas que consideram uma decisão de substituição quando as taxas de impostos mudam, e que essas empresas, sob tais circunstâncias, são susceptíveis a pensar mais sobre a responsabilidade fiscal do que o aumento na eficiência obtida em operar ativos recém-adquiridos. Isto é, o progresso tecnológico desempenha um papel insignificante na decisão de substituição após o corte/aumento de impostos.

3.3.2.1.5 Substituição estratégica

A substituição estratégica tem sido evidenciada em vários estudos, pois implica em maior variedade de produtos, menor tempo e maior qualidade, tornando o sistema de manufatura mais lucrativo. E o modelo que melhor representa essa substituição é estratégico, pois leva em conta a obsolescência de custos dos equipamentos e a obsolescência de mercado, que por sua vez, leva em conta o decréscimo do potencial de receita dos equipamentos velhos (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2017).

Em resumo, o Quadro 26 traz os modelos de substituição de equipamentos com as contingências ou razões que levam à decisão de substituição.

Quadro 26 – Modelos de substituição de equipamentos.

Contingências da substituição	Modelo	Custos envolvidos	Comparação com:
Deterioração	Substituição idêntica	Custos de operação, de perda de capacidade e de valor residual	Equipamento novo idêntico
Mudança tecnológica isolada	Substituição não idêntica	Idem	Equipamentos novos idênticos
Mudança tecnológica contínua com obsolescência de custos	Substituição com progresso tecnológico	Idem	Equipamento aperfeiçoado a ser lançado
Mudança tecnológica contínua com obsolescência de custos e de mercado	Substituição estratégica	Idem mais custos de perda de competitividade	Idem

Fonte: Casarotto Filho; Kopittke (2017, p. 181).

Segundo Márquez et al. (2020b), hoje, o uso de ferramentas para tomadas de decisão sobre renovação e substituição a longo prazo de equipamentos é bastante extenso, e graças à análise dos custos do ciclo de vida é possível saber, do ponto de vista econômico, o custo de um ativo sobre sua vida útil e estimar o tempo de substituição, se necessário. A desvantagem, em muitos casos, é a grande quantidade de variáveis que devem ser tratadas ao estimar o custo real de um ativo ao longo de sua vida útil, gerando um cenário de alta incerteza.

Com base nos tipos de substituição descritos acima e seus respectivos métodos e variáveis necessárias, serão indicados na política de GA quais dados devem ser apontados, pelas diversas áreas responsáveis definidas no SAMP, para que as análises de substituição e as tomadas de decisão sejam seguras e eficazes.

4 MÉTODO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas. A primeira etapa refere-se à definição da estrutura conceitual e teórica. A segunda etapa refere-se à coleta de dados. E por meio das informações obtidas, foi realizada a terceira parte, que é o desenvolvimento dos requisitos da ISO 55001 concomitantemente à construção de uma política de gestão de ativos, um dos requisitos, com ênfase na substituição de equipamentos.

Essa seção apresenta a classificação metodológica da pesquisa e as etapas da definição de sua estrutura, a pesquisa bibliográfica e os procedimentos iniciais da coleta de dados.

Para a elaboração desta pesquisa, foi utilizado o método de estudo de caso aplicado a uma empresa metal mecânica de médio porte, classificada assim pelo número de funcionários e seu faturamento, do interior de São Paulo/SP. A escolha da pesquisa na empresa foi realizada de forma intencional, devido ao problema de pesquisa abordado.

4.1 Classificação metodológica da pesquisa

A metodologia consiste em estudar, compreender e avaliar os vários métodos disponíveis para a realização de uma pesquisa acadêmica; ela examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta de dados e o processamento de informações, visando à resolução de problemas e/ou questões de investigação (PRODANOV; FREITAS, 2013). Quanto à coleta de dados, diferentes técnicas podem ser utilizadas: questionários, roteiros, entrevistas, observação e informações de arquivos (TURRIONI e MELLO, 2012).

Estudo de caso é um estudo de natureza empírica, que consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou mais objetos, permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2002) e tenta esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados alcançados. O estudo de caso como estratégia de pesquisa compreende um método que abrange desde a lógica do planejamento à coleta e à análise de dados (YIN, 2001).

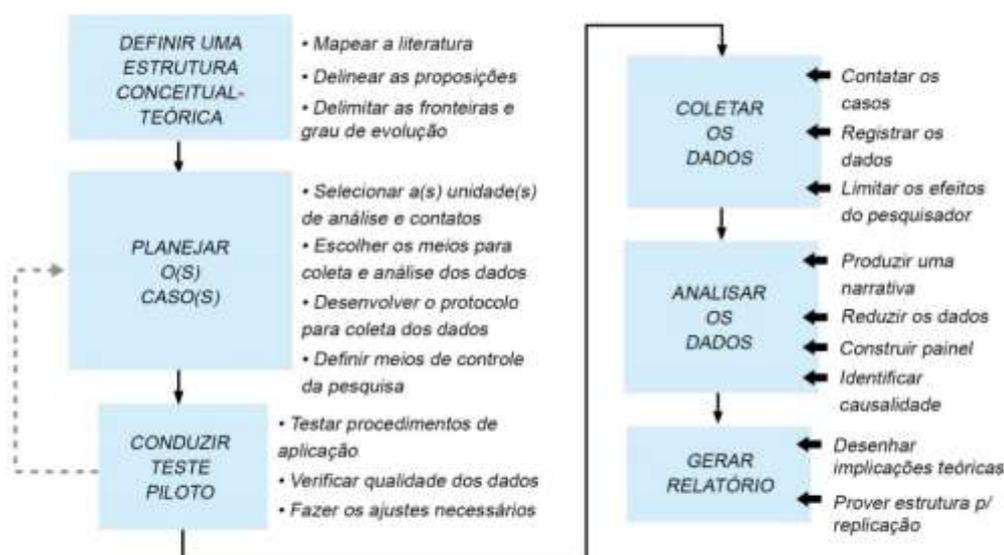
Os estudos de caso têm os seguintes propósitos: (i) explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; (ii) preservar o caráter unitário do objeto estudado; (iii) descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; (iv) formular hipóteses ou desenvolver teorias; e (v) explicar as variáveis causais de determinado

fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos (GIL, 2002).

Em um estudo de caso, é necessária a definição das questões norteadoras relacionadas à necessidade e decisão de se conduzir esse estudo. A decisão do tipo de estudo é um dos primeiros critérios a serem levados em consideração. Deve ser bem definido o caso a ser estudado, utilizando critérios válidos que efetivamente justifiquem a escolha feita, pois somente o fácil acesso ao caso e aos dados, embora seja condição necessária, não é suficiente para a escolha (MIGUEL, 2007).

Para que se atinjam os objetivos, o trabalho deve ser conduzido com rigor metodológico para que se justifique como uma pesquisa científica. Além dos aspectos operacionais, o estudo de caso deve prever quais os tipos de validade a que o estudo está sujeito e conter uma análise crítica de qualidade, resultante da pesquisa. Para a condução do estudo de caso, existe um protocolo a ser seguido: a definição clara das unidades de análise, como os dados serão coletados, com quem, *check lists*, itens de controle para pesquisa, entre outros. Devem ser estabelecidos meios apropriados para a análise dos dados e a análise deve ser suficientemente robusta para viabilizar uma ligação eficaz com a teoria, através de sólidas conclusões, cujo objetivo final é a contribuição teórica, seja uma extensão ou um refinamento com a teoria vigente, seja uma nova teoria (MIGUEL, 2007). A Figura 43 traz as etapas necessárias à condução de um estudo de caso.

Figura 43 – Etapas necessárias à condução de um estudo de caso.



Essa pesquisa pode ser classificada como um estudo de caso e, em relação a outros aspectos metodológicos, essa pesquisa é:

Do **ponto de vista da natureza**, a pesquisa deste trabalho é **aplicada**.

Uma pesquisa aplicada tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Do **ponto de vista de seus objetivos**, a pesquisa é **exploratória**.

A pesquisa, sob o ponto de vista de seus objetivos, é exploratória quando tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto investigado, possibilitando sua definição e seu delineamento; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto; em geral, são as pesquisas bibliográficas e estudos de caso (GIL, 2002; TURRIONI; MELLO, 2012; PRODANOV; FREITAS, 2013).

Do **ponto de vista da abordagem do problema**, a pesquisa é **qualitativa**.

A pesquisa, sob o ponto de vista da abordagem do problema, é qualitativa quando se refere ao significado pelo qual os fenômenos são interpretados; não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas; o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave (TURRIONI; MELLO, 2012; PRODANOV; FREITAS, 2013).

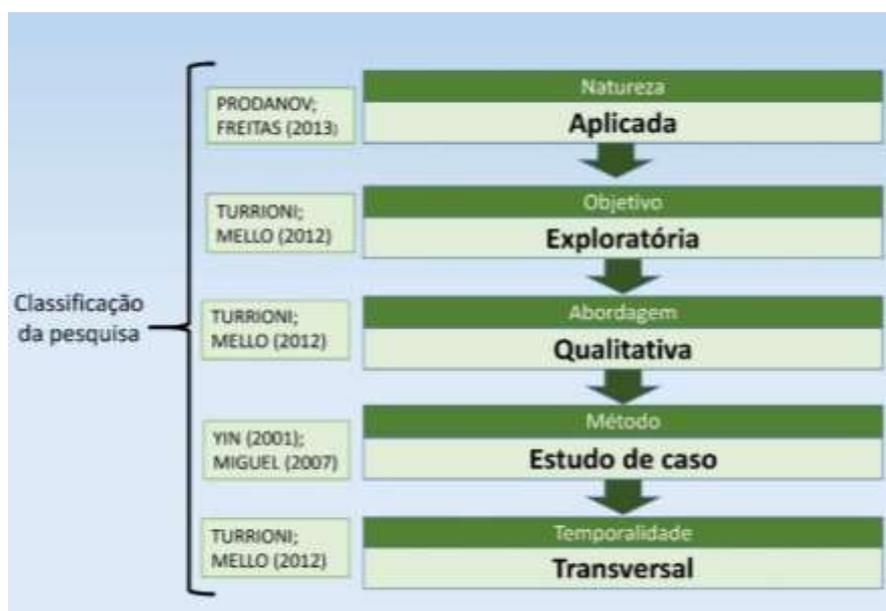
Essa pesquisa é qualitativa pois tem como finalidade analisar o processo de substituição de equipamentos da empresa estudada. São evidenciados também os princípios para o desenvolvimento de uma política, pelos quais a organização aplicará a gestão de ativos para alcançar os seus objetivos estratégicos, ao mesmo tempo que estabelecerá as informações necessárias requeridas para as decisões de substituição dos seus equipamentos críticos.

Do **ponto de vista da temporalidade**, a pesquisa é de **temporalidade transversal**, devido à realização em um curto período de tempo.

A pesquisa, sob o ponto de vista da temporalidade, é transversal, quando é um “corte transversal” na amostra pesquisada. Como grande vantagem o tempo de realização é mais curto, embora os dados coletados não apresentem o mesmo grau de fidedignidade da pesquisa longitudinal (TURRIONI; MELLO, 2012).

A Figura 44 traz a classificação metodológica dessa pesquisa.

Figura 44 – Condução do estudo de caso.



Fonte: elaborada pela autora.

As etapas de condução dessa pesquisa foram:

1. Levantamento da estrutura conceitual-teórica, juntamente com o planejamento da pesquisa;
2. Coleta de dados;
3. Análise dos dados e processamento das informações;
4. Relatório final.

Observa-se que houve uma adaptação do protocolo de pesquisa sobre estudo de caso proposto por Miguel (2007).

4.2 Definição da estrutura conceitual-teórica

O levantamento teórico, primeira etapa necessária à condução de um estudo de caso, é desenvolvido com base em material já elaborado, como livros, artigos científicos entre outros. A pesquisa bibliográfica é uma visão crítica da pesquisa existente, e é significativa para o trabalho que o pesquisador está desenvolvendo, pois mostra como os trabalhos anteriores se relacionam com o seu próprio trabalho (GIL, 2002; TURRIONI; MELLO, 2012).

4.2.1 Pesquisa preliminar: o início

Essa subseção intercalará as duas primeiras etapas da condução do estudo de caso, ora aspectos da investigação científica ora aspectos da coleta de dados, e o motivo pelo qual um conjunto de decisões foi tomado e levou a pesquisa a alterar sua estrutura conceitual e teórica.

A empresa desse estudo é familiar, e sua gestão, em muitos aspectos, não é profissional, característica comum desse perfil de empresa, o que contribuiu para que o estudo surgisse concomitantemente à intenção da empresa em substituir, inicialmente, quatro de seus tornos, já que gestão acreditava que, muito provavelmente, suas despesas de manutenção superavam o valor do investimento em novos equipamentos, e o resultado do estudo poderia dar à empresa uma resposta se a troca de seus equipamentos seria viável ou não.

Inicialmente, para a elaboração do estudo, a estrutura foi definida e a pesquisa realizada pelo descritor “análise de investimentos”, e os trabalhos encontrados tratavam da aquisição de novos ativos, sem levar em consideração um já existente e suas prováveis despesas de manutenção. Então a pesquisadora começou a procurar um tópico conexo nos sumários dos livros de análise de investimento, e após encontrar um capítulo – em todos os livros, dedicado exclusivamente à substituição de equipamentos, foi alterada a pesquisa.

Assim, foi definida a estrutura conceitual-teórica: “substituição de equipamentos”, e esse tema é tratado a parte em livros de engenharia econômica e análise de investimentos pelas várias possibilidades de substituição: em alguns casos, a utilização de VP e VPL exige maior cuidado do que nos exemplos clássicos de investimentos. Em PSE, de acordo com o tipo de problema, há vantagens ao escolher o método correspondente ao tipo de substituição. Como a empresa queria substituir quatro tornos: uma substituição com progresso tecnológico, uma substituição não idêntica e as outras duas substituições sem reposição, os métodos de análise seriam diferentes. Para baixa sem reposição, se usa VP; para o conceito de vida econômica, se usa CAUE.

A primeira revisão então, de 2014 a 2019, na base de dados Google Acadêmico, com o descritor “substituição de equipamentos”, em português, para saber o que se estava estudando no Brasil e na língua da pesquisadora sobre o tema, a pesquisa trouxe aproximadamente 1.640 resultados; então foi acrescentado “engenharia econômica” e como resultado, 112 estudos. Foram descartados os planos de ensino, projetos pedagógicos e programas de disciplina das universidades. Também foram descartados trabalhos de conclusão de curso, monografias e de iniciação científica. Depois de uma breve leitura, foram selecionados apenas 14 trabalhos, que permitiram, ao consultar suas referências bibliográficas, encontrar outros estudos sobre o tema.

Os autores que mais produziram material com esse tema, no Brasil, nos últimos dez anos, foram Abensur (2010; 2014; 2015; 2017) e Cesca (2012; 2017; 2018; 2019), que analisam a substituição de equipamentos através da programação dinâmica, que é um método mais complexo para ter reprodutibilidade dentro do ambiente fabril estudado. Mesmo assim, a pesquisadora entrou em contato com os dois autores, que indicaram outras obras, como artigos mais antigos, dissertação e livros clássicos de engenharia econômica. Cesca relatou em uma das conversas a mesma dificuldade na obtenção de dados confiáveis quando escrevia sua dissertação, de 2012.

Para a aplicação de métodos de análise de substituição são necessários dados históricos do desempenho e dos custos dos equipamentos existentes. Então se iniciou o levantamento de dados dos quatro tornos que se pretendia substituir, seus valores de manutenção e o quanto geraram de receita, no período de 2014 a 2018.

Os valores da receita foram obtidos com mais facilidade, com os dados da Contabilidade, além dos apontamentos (quantidade de peças produzidas) pelo PCP. No entanto, quanto aos números da manutenção, embora houvesse vários apontamentos, eles eram incompletos. A Manutenção faz o acompanhamento de todas as manutenções internas e externas, o que foi reparado e qual peça foi trocada, mas não faz uma relação com a ordem de serviço (OS) ou ordem de compra (OC) ou nota fiscal (NF); o PCP faz o apontamento de todas as horas improdutivas dos tornos (*setup*, limpeza, manutenção corretiva interna e externa, manutenção preventiva, retrabalho, entre outros), mas em termos de valores, só tem os das manutenções internas; a Qualidade também faz o acompanhamento das falhas e manutenções preventivas e corretivas, como parte dos requisitos da certificação da ISO 9001:2015, mas também não tem os apontamentos econômicos e financeiros.

Com a demora do levantamento e a inconsistência dos dados para uma análise adequada, a empresa substituiu os quatro tornos. A escolha desses quatro tornos foi feita, portanto, sem nenhum estudo técnico, e passados alguns meses das substituições, a empresa continuava com valores similares de despesas com manutenção corretiva, além dos parcelamentos dos dois novos ativos.

Esse trabalho tomou outro rumo e pretendia estudar por que as despesas de manutenção se mantiveram. O que havia ocorrido? As decisões de substituição foram as melhores? Não havia máquinas com prioridade de substituição?

Então, voltando à análise do histórico das manutenções, através das notas fiscais, foi possível construir a Tabela 7, que traz a relação entre os valores gastos com despesas de manutenção e o faturamento de 2014 a 2019:

Tabela 7 – Relação valores gastos com despesas de manutenção e faturamento.

Ano	Relação entre as variáveis
2014	0,54%
2015	0,68%
2016	0,67%
2017	0,83%
2018	0,73%
2019	0,61%

Fonte: elaborada pela autora.

Observando a relação entre as variáveis, 2017 apresenta o maior valor, mostrando que as substituições (2018 e 2019) tiveram, apesar de muito pequeno, algum impacto em 2019, já que a relação deste ano é maior apenas que a de 2014. Deve-se considerar não apenas o valor das despesas e sim o do faturamento, já que quanto maior a receita, maior a exigência das máquinas, maior será a probabilidade de falha e também maiores os gastos com manutenção. Nesse momento, a pesquisadora ainda não sabia que a relação custos de manutenção totais por faturamento era um indicador de manutenção, e apesar do desconhecimento, essa relação foi a única possível usar à época, embora as despesas apontadas fossem somente as de manutenção corretiva.

Ainda que as despesas permanecessem as mesmas, a empresa nunca havia notado que, mesmo sendo altas, elas não representavam nem 1% de seu faturamento, e que deveria existir um número esperado, e inclusive saudável, que as empresas gastam com a manutenção de seus equipamentos, afinal, são as manutenções que elevam o desempenho e disponibilidade dos equipamentos produtivos. Ao consultar o setor de custos, foi esclarecido que esse valor está dentro dos parâmetros aceitos.

Como encontrado mais tarde, e de acordo com a ABRAMAN, em 2017 a porcentagem da média brasileira para esse indicador (custos de manutenção total/faturamento) foi de 4%, e a média para a indústria de máquinas e equipamentos (metalúrgica) foi de 3%. Ou seja, mesmo que a empresa contabilize os gastos com MO interna de manutenção, peças, entre outros, é

improvável que o resultado seja maior que 3%, já que os maiores gastos são com manutenção corretiva, que é externa à empresa.

Novamente esse trabalho tomou outro rumo, pois o que se acreditava ser um dos principais fatores críticos, estava dentro dos limites de aceitação. Mas apesar das despesas de manutenção estarem dentro da normalidade, não havia o apontamento dos dados por máquina, e então foi sugerido que isso fosse alinhado com todos os setores da empresa que faz o registro das manutenções, assim como o desempenho: quanto cada máquina produz, quanto fica ociosa, quantas horas fica improdutiva com manutenção, *setup*, limpeza, retrabalho, entre outros. Nesse momento, a empresa entendeu que a maneira que eram geridos seus ativos não era clara e que era necessário construir uma política de atualização/substituição de suas máquinas, alinhada aos dados técnicos e financeiros relacionados ao desempenho e à manutenção, e colocá-la em prática para que suas próximas substituições fossem feitas criteriosamente e baseada em dados confiáveis.

Em síntese, voltando ao fato de a empresa ser familiar e sua gestão não ser profissional em alguns aspectos, ficou evidente que, além de não ter uma política de gestão de seus principais ativos, assim como a maioria das empresas - e já citado por Casarotto e Kopittke (2018), mantinha equipamentos velhos e obsoletos.

Em conversas com gestores, a motivação das substituições, além do olhar equivocado às despesas de manutenção, e embora elas também façam parte da gestão de ativos, foram:

- “Os tornos de usinagem CNC apresentavam defasagem no processo produtivo, por não apresentarem recursos físicos compatíveis com as novas estratégias de manufatura. As máquinas dentro das condições de operação realizam as atividades propostas de maneira modesta, ou seja, com baixo rendimento para produtos que apresentam elevado grau de complexidade geométrica”;
- “Com o cenário de usinagem apresentando números significativos de novos concorrentes, deu-se por necessário a realização de estudos internos e externos com o objetivo de identificar novas estratégias para a otimização do fluxo produtivo, reduzindo o tempo de preparação e o tempo de ciclo de operações”;
- “De acordo com os gestores, a empresa elaborou um plano de ação para que a implementação das novas estratégias para aquisição e adequação ocorresse dentro dos moldes necessários para o melhor aproveitamento dos recursos e fluxo produtivo”.

Assim, esse trabalho definiu mais de uma vez sua estrutura conceitual-teórica; planejou o caso, escolheu os meios para coleta de dados, mas ao verificar que a qualidade dos dados não era satisfatória, e apesar de fazer os ajustes necessários para sua condução, precisou voltar à primeira fase para definir uma nova estrutura conceitual-teórica.

A escolha pela implementação de uma política de gestão de ativos só surgiu depois de um amadurecimento entre pesquisador, orientador e empresa. E como a indústria já tinha um sistema de gestão da qualidade sólido, baseado nos requisitos da norma ABNT ISO 9001:2015, foi sugerida a criação de um sistema de gestão integrado, com a política de gestão de ativos alinhada às outras políticas da empresa, com os objetivos adotados pela organização para orientar de maneira confiável as próximas decisões de substituição.

4.2.2 Pesquisa nas bases de dados

Após definição da nova estrutura conceitual e teórica, foram realizadas novas pesquisas bibliográficas.

Na leitura dos 14 resultados selecionados da pesquisa com os descritores “substituição de equipamentos” e “engenharia econômica”, foram encontradas, em alguns, citações da PAS 55. Ao pesquisar PAS 55, foram encontradas as normas da ISO 5500X, que tratam da implementação de um sistema de gestão de ativos. Então, quando essa dissertação mudou seu tema para gestão de ativos, uma nova pesquisa foi realizada com as palavras-chaves: “substituição de equipamentos” e “gestão de ativos”, que resultou em 63 trabalhos, com alguns resultados repetidos da primeira pesquisa. E em uma pesquisa ainda em 2019, na base de dados Google Acadêmico, sem data específica, com os descritores: “substituição de ativos” e “ISO 55000”, e “substituição de ativos” e “PAS 55”, apresentou 18 e 19 resultados, respectivamente, também com repetições.

Na base de dados Scopus, em 2019, a pesquisa foi feita com as seguintes palavras-chaves: “*equipment replacement*” e “*asset management*”, de 2015 a 2019, nas áreas de estudo: *engineering; energy; business, management and accounting; decision sciences*, e o resultado trouxe 78 artigos. Ainda na base Scopus e em 2019, foi realizada a pesquisa com os descritores: ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002, no campo “*all*”, e os resultados foram, respectivamente: 95, 28 e 3 artigos.

Os artigos foram incorporados à medida que se constatava que o assunto era pertinente e corroborava para justificar essa pesquisa como pesquisa científica. Da leitura desses artigos, veio a leitura das referências bibliográficas, que trazia outras obras. Conforme os artigos eram

anexados ao *software Mendeley*, a *Elsevier* (empresa global de informações analíticas) indicava outros estudos relevantes. A rede social de pesquisadores “*ResearchGate*” também indicou vários textos sobre a área de interesse da pesquisadora.

Para que não houvesse dúvida de que estudos importantes ficassem ausentes desse trabalho, foi feita uma última pesquisa na base Scopus (até julho de 2020). A pesquisa está dividida em 4 partes. Primeiramente, foi pesquisado apenas o descritor em “título do artigo; resumo; palavra-chave”, para todo o período (total 1). Após, somente o ano com mais publicação (total 2). E em seguida, os refinamentos: o total 3 traz os últimos anos (8 anos, no máximo) de publicação, e o total 4 traz os últimos anos de publicação apenas na área de engenharia. A Figura 45 traz os resultados das pesquisas.

Figura 45 – Resultado da pesquisa bibliográfica.

Base	Palavra	Palavra	Campo	Período	Total	Ano com mais publicações	Total 2	Período	Total 3	Área	Total 4
Scopus	"asset management"		título do artigo; resumo; palavra-chave	1969 - 2021	12.639	2019	1.282	2014 - 2020	5.474	engenharia	2.890
Scopus	"equipment replacement"		título do artigo; resumo; palavra-chave	1902 - 2020	588	2019	27	2014 - 2020	137	engenharia	67
Scopus	"asset management"	"equipment replacement"	título do artigo; resumo; palavra-chave	1993 - 2020	16	2009	5	2014 - 2020	4	engenharia	1
Scopus	"asset management"	"asset replacement"	título do artigo; resumo; palavra-chave	1997 - 2020	32	2019	4	2014 - 2020	15	engenharia	11
Scopus	"equipment replacement policy"		título do artigo; resumo; palavra-chave	1961 - 2020	16	2015	2	2014 - 2020	3	engenharia	2
Scopus	"physical asset management"		título do artigo; resumo; palavra-chave	1975 - 2020	101	2017	13	2014 - 2020	58	engenharia	39
Scopus	ISO 55000		título do artigo; resumo; palavra-chave	2012 - 2020	97	2016	24	2014 - 2020	90	engenharia	60
Scopus	ISO 55001		título do artigo; resumo; palavra-chave	2013 - 2021	31	2019	8	2014 - 2020	31	engenharia	24
Scopus	ISO 55002		título do artigo; resumo; palavra-chave	2014 - 2020	3	2017	2	2014 - 2020	3	engenharia	3
Scopus	"asset management"	"ISO 55001"	título do artigo; resumo; palavra-chave	2013 - 2021	28	2019	7	2014 - 2021	28	engenharia	21

Fonte: elaborada pela autora.

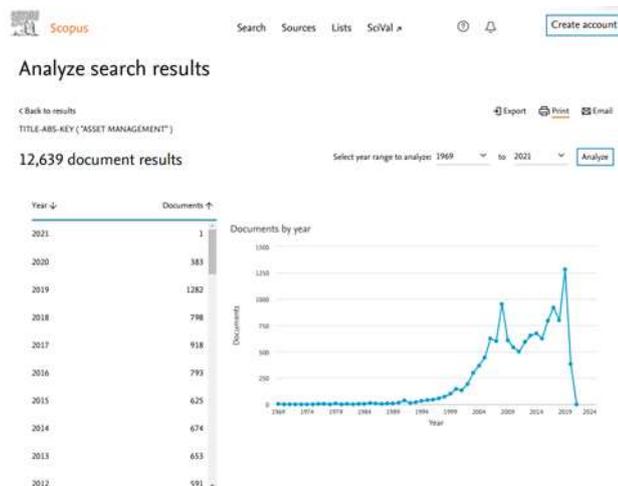
Para mostrar a relevância da pesquisa em gestão de ativos, basta ver a Figura 46, que apresenta a evolução da quantidade de publicações sobre o tema desde 1969 a 2021.

Os anos de 2012 a 2019 teve a curva ascendente; 2019 tem o maior número de publicações, desde o início das pesquisas com esse tema. O ano de 2020 volta a ter menos publicações, mas como ainda é um ano inacabado e atípico, devido à pandemia, ainda não se pode concluir. Já há publicação para 2021.

A data do início das publicações condiz com o que foi citado na seção 1 desse estudo, sobre a gestão de ativos, como pesquisa científica, ter começado no final da década de 60, início da década de 70.

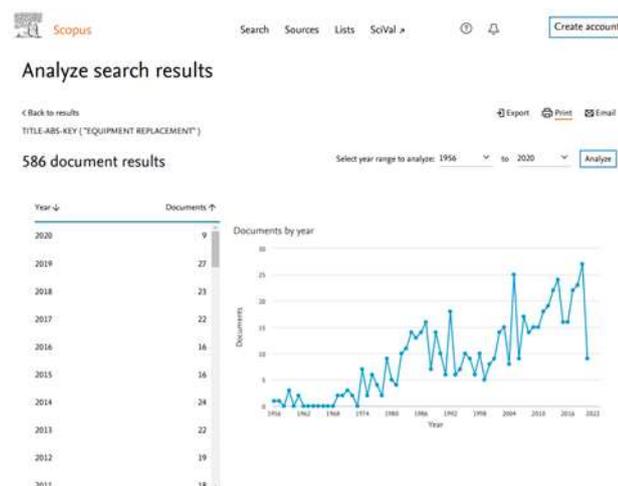
Já a Figura 47 traz a análise da pesquisa com o descritor “*equipment replacement*”, de 1956 a 2020, mostrando que como pesquisa científica, a substituição de equipamentos é mais antiga que a gestão de ativos, mas de igual forma, 2019 foi o ano com mais publicações com esse tema.

Figura 46 – Análise de publicações com o descritor “*asset management*”.



Fonte: Scopus (2020).

Figura 47 – Análise de publicações com o descritor “*equipment replacement*”.



Fonte: Scopus (2020).

Embora a PAS 55 se trata exclusivamente de ativos físicos e tenha colaborado com a política, estratégia, objetivos e planos desse trabalho, ela não foi considerada como uma das principais palavras-chaves na última pesquisa bibliográfica. Só as normas ISO 5500X foram analisadas. Embora também haja muitos estudos em GA, a ISO 55001 foi o principal descritor utilizado nas pesquisas bibliográficas, pois a implementação da norma é a formalização da gestão de ativos em uma organização, já que todas as organizações possuem uma forma, ou inclusive nenhuma, de gerir seus ativos.

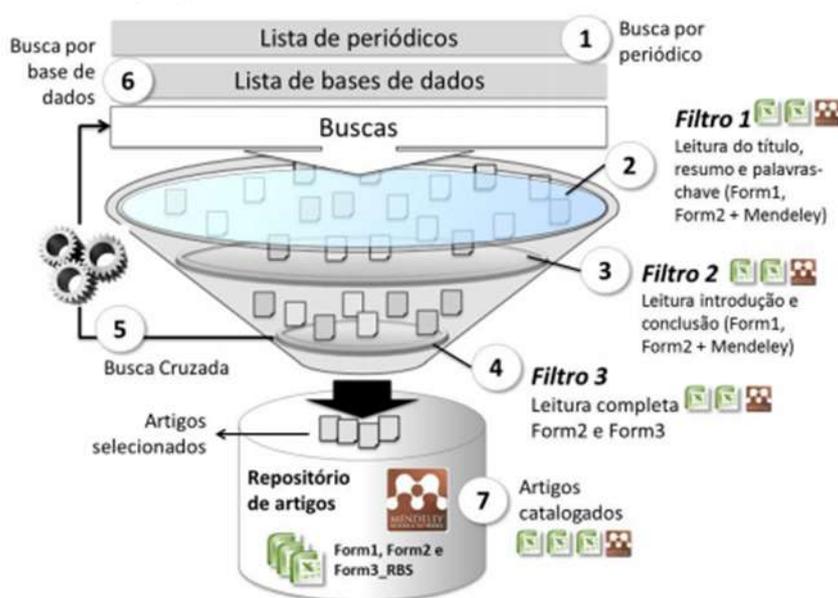
Como mostra a Figura 5 (p. 32), os setores que mais apresentam certificação são o elétrico; água e esgoto; instalações; infraestrutura; portos e aeroportos; construção;

concessionária de gás; transportes; óleo e gás; manufatura, processos e farmacêutica; e saúde. Assim como o setor de manufatura ainda é um dos menos representados na porcentagem das certificações, também é um dos menos representados nas publicações científicas.

Como a ISO 55001 se trata da implementação de todos os tipos de ativos: tangíveis, não tangíveis, financeiros, não financeiros, a pesquisa priorizou estudos com ativos físicos do setor de manufatura, também chamados de ativos de engenharia, pois gerir máquinas é diferente de gerir edifícios, estradas, linhas de trem, transmissão de energia e/ou fornecimento de água. Fazer o descomissionamento de um edifício é diferente de dar baixa em um torno, assim como a interrupção da transmissão de energia ou do fornecimento de água tem um impacto maior que a interrupção de uma linha de produção e, portanto, os planos de contingenciamento desses ativos devem ser mais robustos.

Os artigos com os descritores ISO 55002 e parte dos ISO 55000 estão contidos nos selecionados com o descritor ISO 51000. Então foram considerados na última pesquisa, os 24 artigos, resultado do descritor ISO 55001, de 2014 a 2020, em engenharia. Todos os artigos foram selecionados através dos filtros da Figura 48: leitura do título, resumo e palavras-chaves; leitura da introdução e conclusão; leitura completa.

Figura 48 – Procedimento iterativo da fase de processamento, RBS Roadmap.



Fonte: CONFORTO, E. C. et al. (2011, p. 8).

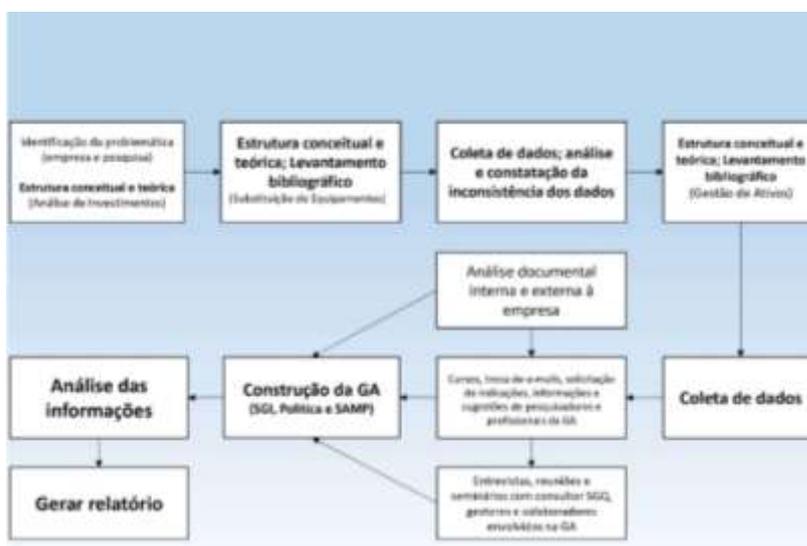
Todos os artigos até 2019, pertinentes a esse trabalho, já haviam sido selecionados, então foram incorporados os de 2020, que corroboram, também, com a cientificidade dessa pesquisa. Os artigos mais recentes ainda citam a dificuldade em relação às informações na GA.

Os artigos falam, além da ausência de dados de qualidade; das dificuldades e fatores críticos de sucesso na implementação da norma; dos indicadores de desempenho na GA; da lacuna entre desempenho do ativo e desempenho do negócio; e das ferramentas usadas na GA, para análise matemática. Poucos tratam efetivamente de como implementar a norma e, nesse sentido, os guias de estudos de casos trouxeram mais orientação. Os guias e livros de Zampolli et al. (2015, 2019), Lafraia (2015, 2020a, 2020b) e a dissertação da Meireles (2018) foram indispensáveis para que essa pesquisa entregasse o seu produto final.

Em síntese, a pesquisa bibliográfica foi realizada aplicando-se, principalmente, os seguintes descritores: substituição de equipamentos; *equipment replacement*; gestão de ativos, *asset management*; ISO 55000:2014, ISO 55001:2014. Não foram encontradas na base Scopus, até a última pesquisa, em “título do artigo; resumo; palavra-chave”, produções com os descritores ISO 55002:2018, NBR ISO 55002:2020, ISO 55010:2019, ISO/TS 55010, 55002:2018, 55002:2020, 55010:2019, 55010. No entanto, esses descritores farão parte das palavras-chaves da presente pesquisa: ABNT NBR ISO 55002:2020, ISO 55002:2018, ISO 55010:2019.

Também para finalizar a seção, a Figura 49 mostra como essa pesquisa seguiu o roteiro de Miguel (2007).

Figura 49 – Condução do estudo de caso.



Fonte: elaborada pela autora.

As etapas da próxima seção trarão a coleta de dados da nova estrutura conceitual e teórico, organização e análise dos dados e o processamento das informações, através da construção dos requisitos da norma ISO 55001:2014.

5 CONSTRUÇÃO DA GESTÃO DE ATIVOS – REQUISITOS ISO 55001

Essa seção descreve as etapas de coleta, organização e análise dos dados necessários à construção de um novo planejamento estratégico, os requisitos das partes interessadas, a escolha do portfólio de ativos que fará parte da fase inicial da implementação dos requisitos da norma, a liderança, a construção da política de gestão de ativos integrada, o plano estratégico de gestão de ativos, e o suporte à política e ao SAMP, que se trata do delineamento dos dados e informações com ênfase na substituição dos ativos.

5.1 Coleta de análise de dados

Os procedimentos de coleta, em relação à empresa estudada, realizados pela pesquisadora foram: análise documental, levantamento do banco de dados da empresa, levantamento de dados juntos às empresas que prestam serviço e venda de peças de manutenção, contabilidade externa, prestadores de serviço do ERP; entrevistas não-estruturadas, com gestores (gerentes e diretoria da empresa), consultores (financeiro e qualidade) e colaboradores; reuniões com consultores, gestores e com os colaboradores que estão e estarão envolvidos nos planos de gestão dos ativos, para que se cumpram os objetivos.

As entrevistas não-estruturadas, segundo Mattos (2005) são aquelas entrevistas em que se deixa o entrevistado decidir pela construção da resposta e são utilizadas nas pesquisas de administração; e segundo Lima (2016), o entrevistador é livre para desenvolver questões ao longo da entrevista; ou seja, não há necessidade de um roteiro. Ainda para Lima (2016), as características das entrevistas abertas são: maior informalidade, questões prévias estão abertas, caráter exploratório; livre manifestação do respondente; e livre condução por parte do entrevistador, contudo existe o risco de questões importantes ficarem sem resposta.

Sendo assim, todas as entrevistas na empresa não tiveram um roteiro.

A análise documental interna à empresa se refere ao SGQ, planejamento estratégico da empresa, objetivos organizacionais, indicadores estratégicos, gerenciais e operacionais, a análise das partes interessadas, forças, fraquezas, ameaças, oportunidades associadas referentes às metas já existentes, que estão na rede da empresa; aos dados referentes aos ativos, como horas improdutivas para preparação, limpeza, manutenção corretiva, que já estavam sendo apontadas de maneira mais organizada há um ano e se encontram no ERP; e novamente às notas fiscais de manutenção corretiva, que indicavam a OS e o equipamento reparado; análise do lançamento das notas de compra e venda de equipamentos, sendo os valores de compra superiores aos de venda;

os lançamentos são realizados internamente pela empresa junto ao ERP, mas contabilizados externamente. Foi averiguado que as notas não haviam sido escrituradas adequadamente, já que não havia relatórios de notas CFOP (Código Fiscal de Operação e Prestação) 5551 e 6551, referentes às vendas de bens integrantes do ativo imobilizado do estabelecimento, e também foi orientado que a empresa solicitasse a imediata correção. Cabe destacar que a compra (venda) de máquinas gera crédito de ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), que é uma maneira reduzir o impacto no valor final do produto. Ficou como sugestão a averiguação se há reconhecimento do crédito de impostos federais na compra de máquinas e reconhecimento do crédito de ICMS das notas de peças de manutenção das máquinas produtivas, já que elas estão relacionadas diretamente ao processo de industrialização e nele são consumidas. Também foi sugerido um estudo, resguardados os aumentos da distribuidora e pela inflação, se houve impacto desde 2018, quando começaram as substituições, no consumo de energia.

Outros procedimentos de coleta de dados foram cursos e solicitação de informações através de e-mails com pesquisadores e profissionais da área de gestão de ativos.

O curso da norma ISO 55001 e a convivência de mais de 20 horas com engenheiros da área de gestão de ativos de grandes empresas (gestão de navios, gestão de ativos de mineração, gestão de barragens, gestão de ativos de hidrelétricas e concessionárias de energia); o curso, de aproximadamente 10 horas, dos 39 principais assuntos do GFMAM oferecido pela ABRAMAN; e as indicações e informações, através de e-mails, fornecidas por profissionais e pesquisadores da área, também foram fundamentais à coleta de dados desse trabalho.

A anexação dos novos dados, dessa vez de qualidade, ao conteúdo teórico, e somados às sugestões de profissionais do ramo, sabedoria do consultor e conhecimento dos gestores do SGQ, possibilitou anexar novas e mais informações aos processos de gestão da empresa, integrando suas atividades e os reconfigurando, o que proveu os produtos finais desse trabalho.

Os procedimentos operacionais foram executados, na maior parte, pela pesquisadora e consultor da empresa, além da coparticipação dos colaboradores envolvidos em atividades relacionadas à GA e que também serão os responsáveis pela execução dos requisitos da norma na empresa.

5.2 Requisitos da norma ISO 55001:2014

5.2.1 Contexto da organização

Nesse requisito, foram determinadas entre pesquisadora e consultor da empresa as questões internas e externas, pertinentes às finalidades para alcançar os resultados pretendidos

com a criação de mais um sistema de gestão, que também deveriam estar alinhadas aos objetivos organizacionais. No início desse trabalho, os objetivos organizacionais e seus processos relacionados eram: (i) sustentabilidade Financeira; (ii) prestar serviços que atendam aos requisitos legais aplicáveis e dos clientes; (iii) melhorar continuamente os processos do sistema de gestão; e (iv) colaboradores qualificados com recursos adequados em um ambiente seguro.

Os processos relacionados aos objetivos organizacionais são apresentados na Figura 50.

Figura 50 – Objetivos organizacionais e seus processos associados inicial.

Perspectivas	Objetivos / Processos relacionados
Organizacional / Financeira	1. Sustentabilidade do Negócio Gestão Estratégica
Mercado	2. Prestar serviços que atendam aos requisitos legais aplicáveis e dos clientes Vendas Armazenagem e Expedição.
Processos	3. Melhorar continuamente os processos do sistema de gestão Planejamento Produção Gestão de Aquisição Gestão da Qualidade
Pessoas	4. Colaboradores qualificados com recursos adequados em um ambiente seguro. Gestão de Pessoas e Ambiente de Trabalho Gestão de Infraestrutura

Fonte: arquivo da empresa (2018).

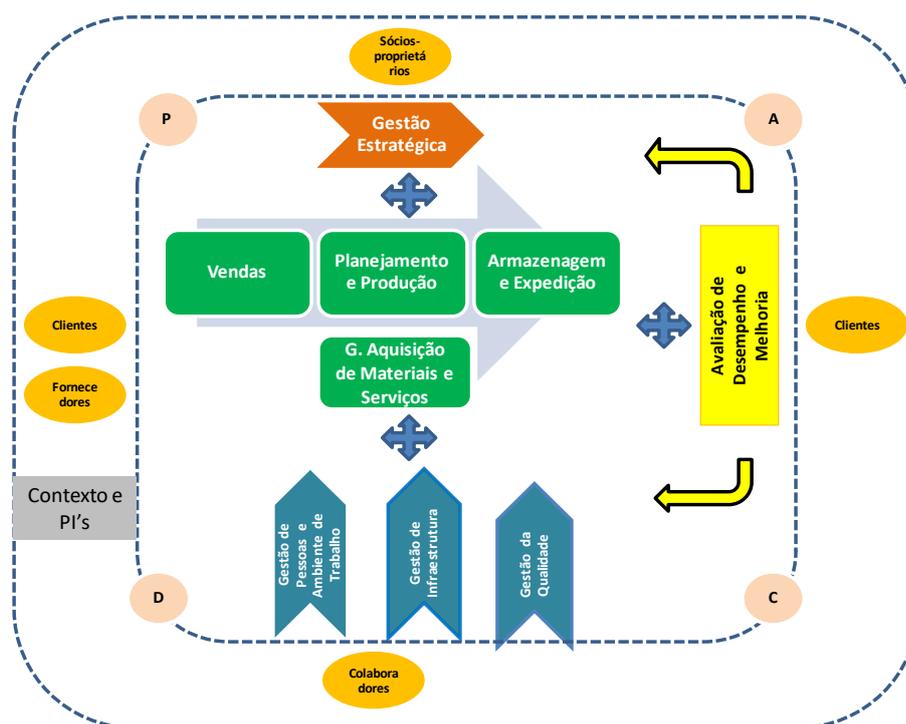
Como a empresa já tinha um planejamento estratégico definido, mesmo sendo de médio prazo, o SAMP e a política deveriam ser alinhados a ele. Foi esclarecido que o SAMP e a política de GA poderiam ter efeito nos processos associados aos objetivos do planejamento estratégico da empresa, como gestão estratégica, pois uma gestão eficaz dos ativos ajuda a promover sustentabilidade financeira; impacto nos processos de gestão da infraestrutura e na gestão de pessoas e ambiente de trabalho, promovendo um ambiente mais seguro aos colaboradores; impacto na gestão da qualidade, na gestão da aquisição e no PCP, melhorando continuamente os processos de seu sistema de gestão que, por fim, poderiam ter influência nas vendas, com possível redução de custos e *lead time*, prestando serviços que atendam aos requisitos dos clientes, com mais qualidade.

É notável que nesse momento, a gestão da infraestrutura, que envolve os equipamentos produtivos, estava inserida no objetivo organizacional “colaboradores qualificados com

recursos adequados em um ambiente seguro”. Não havia um objetivo específico para gestão de infraestrutura e equipamentos produtivos, embora o uso produtivo dos ativos da empresa forneça o valor que sustenta todos os outros ativos da empresa, sendo imprescindível à capacidade competitiva do negócio.

A política de gestão da qualidade e o SGQ, que existe há quase duas décadas na empresa, obviamente são alinhados ao planejamento organizacional. Para não haver conflitos entre as políticas de gestão da qualidade e política de gestão de ativos, ou entre as muitas outras políticas que a empresa pode, e deve ter, foi definido que seria refeito o planejamento estratégico para que as políticas de gestão da qualidade e de gestão de ativos fossem alinhadas e integradas ao mesmo planejamento. As alterações entre os macroprocessos e mapas estratégicos serão mostradas em forma de figura – para melhor visualização, com as devidas explicações, quando pertinentes. A Figura 51 traz o Macroprocesso da empresa no início do trabalho.

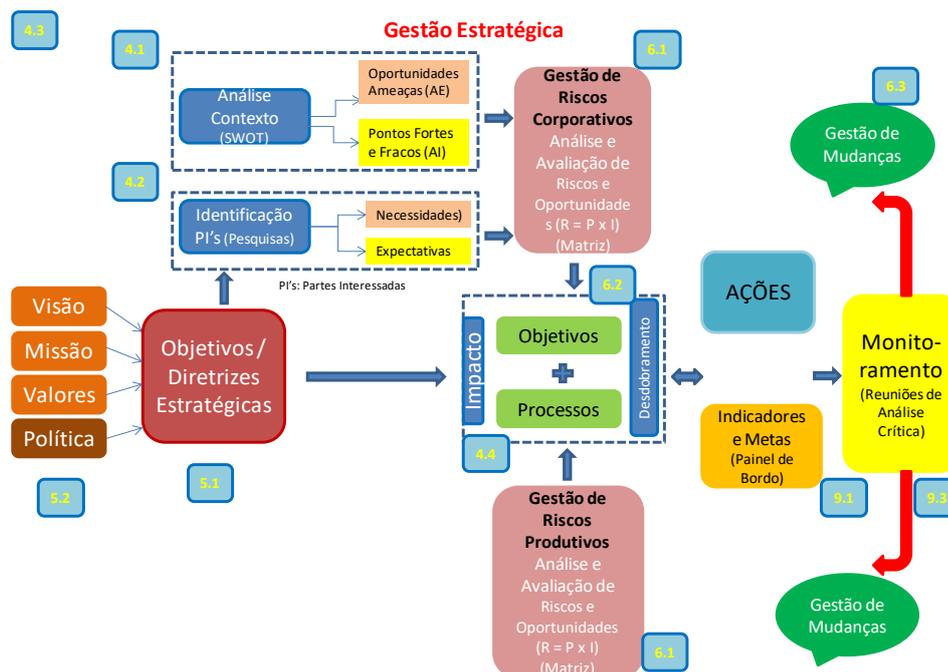
Figura 51 – Macroprocesso Inicial.



Fonte: arquivo da empresa (2018).

A Figura 52 mostra o Diagrama Estratégico do início do trabalho, indicando onde os requisitos das normas de gestão ISO, como a 55001 e a 9001, Contexto da Organização, Liderança, Planejamento, Avaliação de Desempenho, Análise Crítica pela Direção e Melhoria, atuam na gestão estratégica da empresa.

Figura 52 – Diagrama Estratégico Inicial.



Fonte: arquivo da empresa (2018).

Os pontos fortes, as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades, contidos no planejamento estratégico da empresa no início dessa pesquisa, determinados pela gestão e consultoria do SGQ, não serão citados por segurança com as informações e sigilo empresarial. Serão apenas mencionados os pontos fracos, internos e externos, que teriam impacto negativo ou positivo com a implementação de um SGA. Então foi esclarecido também como a política e o SAMP poderiam agir nas ameaças e oportunidades ao alcance dos objetivos da GA.

Um ponto fraco da empresa, que representava uma oportunidade de melhoria, era não utilizar todos os módulos de seu ERP, inclusive o de Manutenção – que podia fornecer diversos indicadores de desempenho, dados técnicos e financeiros. Investir em treinamento e no uso desse módulo era e ainda é uma oportunidade, já que a situação permanece.

“Aumento de faturamento pela melhoria do prazo de entrega” era um ponto fraco, à época, que era uma ameaça aos objetivos organizacionais e da GA; e “estrutura fabril com máquinas e equipamentos deficientes” era e ainda é um ponto fraco que também representa uma ameaça. Foi conversado que, além de poder melhorar os processos internos e o planejamento da demanda e da produção, a empresa, ao investir em manutenções preventivas, ter planos de contingência e/ou na aquisição de novos ativos, que operam mais fases e fabricam mais peças em menor tempo, reduziria ou eliminaria gargalos que estavam impondo restrições à produtividade, ao não cumprimento do prazo de entrega e, portanto, restrições em suas vendas.

A empresa poderia aumentar seu faturamento e lucro ao reduzir seu *lead time*, seus custos operacionais, custos ocultos, as falhas, o tempo de horas improdutivas e ter maior eficiência energética com planos de atualização de seus equipamentos deficientes. A substituição das máquinas também representaria melhoria de indicadores relativos à segurança dos colaboradores, do meio ambiente e, assim, melhoria do desempenho empresarial.

A partir do fluxograma do processo de planejamento da Figura 9 (p. 39) e através da análise das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças atuais (2020), foram reescritos, pela pesquisadora e consultor, os objetivos e metas organizacionais; o plano estratégico integrado; o SAMP; um painel de indicadores estratégicos, um painel de indicadores gerenciais e operacionais, e painéis para cada um dos ativos com indicadores operacionais e outras informações relevantes.

A empresa, que tinha 4 objetivos organizacionais, passou a ter 5; e Infraestrutura passou a ser uma das perspectivas organizacionais, cujo objetivo estratégico é “adequação e eficiência dos ativos” e a sua estratégia é “assegurar a produtividade dos ativos críticos à empresa, com foco na entrega de valor (equilíbrio entre desempenho, custos e riscos)”.

A Figura 53 traz a nova matriz estratégica organizacional.

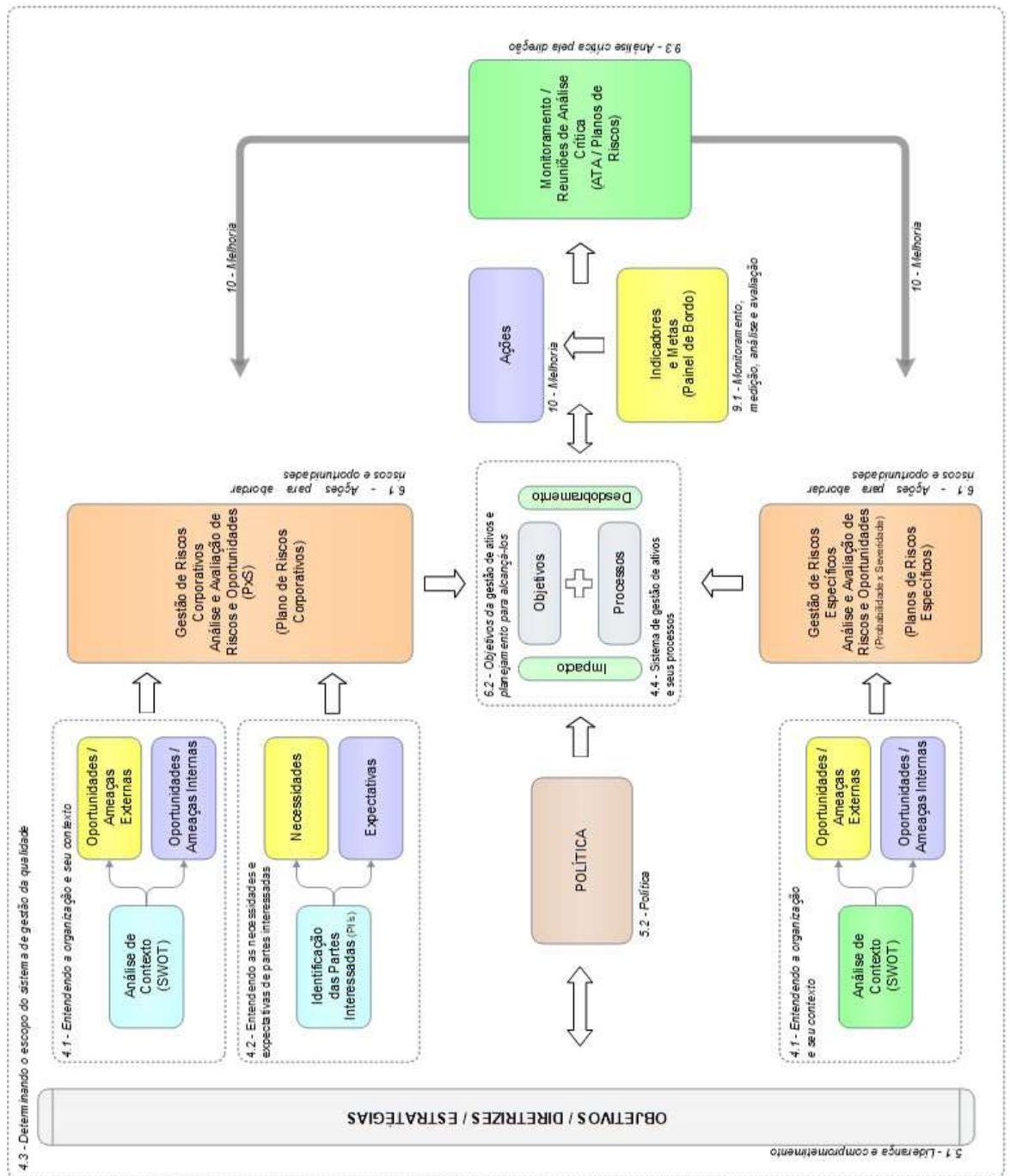
Figura 53 – Objetivos organizacionais, seus processos associados e estratégias atual.

Perspectivas	Objetivos / Processos relacionados	Estratégias
Organizacional / Financeira	1. Sustentabilidade do Negócio Gestão Estratégica	Faturamento compatível com o nível de endividamento Gestão responsável
Mercado	2. Desempenho Comercial e Satisfação das Clientes Vendas Armazenagem e Expedição.	Buscar um melhor desempenho comercial em nichos específicos que possuam potencial de fidelização e continuidade de negócios através do atendimento às suas necessidades e aos requisitos aplicáveis ao negócio (Clientes)
Processos	3. Eficácia e Melhoria contínua dos processos do sistema de gestão. Planejamento Produção Gestão de Aquisição Gestão da Qualidade	Buscar uma maior eficácia (resultados) e eficiência (produtividade) através da padronização e melhoria dos nossos processos e parceiros
Infraestrutura	4. Adequação e Eficiência dos Ativos Gestão de Infraestrutura	Assegurar a produtividade dos ativos críticos à empresa com foco na entrega de valor (equilíbrio entre desempenho, custos e riscos).
Pessoas	5. Colaboradores qualificados em um ambiente seguro. Gestão de Pessoas e Ambiente de Trabalho	Aumentar o desempenho através do desenvolvimento e a manutenção da capacitação e segurança dos colaboradores Aumentar o engajamento das pessoas por meio das Políticas de RH. Disponibilizar um ambiente seguro e adequado ao trabalho.

Fonte: elaborado pela autora e empresa (2020).

A Figura 54 traz o novo diagrama estratégico.

Figura 54 – Diagrama estratégico atual.



Fonte: elaborado pela autora e empresa (2020).

5.2.1.1 Entendimento da organização e seu contexto

Nesse requisito foram consideradas as atuais forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, através de uma análise SWOT, para a gestão organizacional, assim como os fatores internos e externos relevantes que podem afetar a habilidade da empresa em alcançar os

resultados pretendidos. A análise geral será ocultada; apenas a análise relacionada à GA será mostrada, especialmente as fraquezas, pois representam ameaça ou oportunidade de melhoria.

A análise foi feita pelo consultor do SGQ e pesquisadora, através de informações já existentes na empresa, com as devidas inclusões das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças relacionadas à GA e sugeridas pelos profissionais da empresa.

O primeiro ponto fraco da empresa era não ter nenhuma **política de gestão de seus ativos**, nem planos de manutenção preditiva e preventiva e planos de substituição – de partes ou de suas máquinas. O desenvolvimento desse trabalho construiu uma política, com ênfase na substituição dos equipamentos produtivos, pois outro ponto fraco era e é a necessidade de **atualização tecnológica dos equipamentos de produção**, já muito citada. Os **equipamentos de medição** era e é um ponto forte. Durante a pesquisa, a empresa passou a ter planos de contingenciamento para todas as suas máquinas, no entanto, ainda não tem plano de contingência para os seus computadores, o que pode ameaçar a gestão das informações. Foi considerado que a ausência de política de GA era um ponto fraco, que representava uma oportunidade, assim como a atualização tecnológica dos equipamentos produtivos; portanto, destinar recursos a esses dois pontos fracos aumentariam as chances de a organização atingir suas metas.

A **capacidade de produção**, quando foi analisada durante o desenvolvimento desse trabalho, não podia ser classificada nem como ponto fraco nem como ponto forte. A empresa tinha equipamentos novos e antigos e a substituição de alguns tornos, enquanto esse estudo ocorria, melhorou sua capacidade produtiva. O **lead time** e **prazo de entrega** eram pontos fracos, mas no último ano houve revisão da política de compras, mais planejamento da demanda e sazonalidade, e gestão do estoque, resultando redução do **lead time** e **prazos menores de entrega**, e assim aumento de vendas, não sendo possível afirmar qual medida teve maior impacto. Os profissionais e pesquisadora acreditam que foi o conjunto, inclusive a aquisição das novas máquinas. E apesar de a capacidade produtiva ter melhorado, a empresa ainda terceiriza muito trabalho. Com a atualização de equipamentos seria possível melhorar a capacidade produtiva, reduzir terceiros e reduzir a MO, caso necessário.

Todos os serviços terceirizados também devem fazer parte da GA, mas como no momento atual a empresa substituiu um centro de usinagem (avanço tecnológico) e alugou três equipamentos, com a melhor tecnologia disponível: dois tornos e outro centro de usinagem, será preciso rever com quais serviços terceirizados continuará, e no momento oportuno será sugerido que façam parte da política de GA da empresa. A empresa acredita que alugar será

mais vantajoso, pois pagará apenas pelas horas trabalhadas e a manutenção será por conta da empresa proprietária. No início desse trabalho, alugar não era uma opção e isso, muito provavelmente, alterará a política de gestão de ativos, que deverá ser revista quando houver dados suficientes para novas tomadas de decisões.

Quanto às **instalações**, como algumas são antigas, podia e pode ser considerado outro ponto fraco. Essas instalações antigas precisam de renovação tão logo que possível. A direção da empresa sempre postergou reformar suas instalações por não haver caixa, mas já perdeu contratos com montadoras por isso. É preciso que se faça entender que os investimentos em instalações resultarão em um ambiente mais seguro, mais agradável e mais atrativo para a manutenção dos atuais contratos e novos negócios.

A **extração e análise de informações do sistema de manutenção** era e é outro ponto fraco. Havia várias informações, porém desconectadas. Como também já citado, vários setores e várias pessoas fazem apontamentos, o que torna a qualidade dos dados duvidável. A empresa possui ERP, e dentro há um módulo de Manutenção, inexplorado. A empresa paga por ele, mas não o usa. Uma oportunidade de melhoria seria investir em treinamento com os responsáveis pelo apontamento dos dados, alinhando todos os setores que possam fazer uso dos dados nas tomadas de decisões: Manutenção (o que quebrou, quanto tempo ficou parado, ordem de serviço, ordem de compra); PCP (o que quebrou, quanto tempo ficou parado, o que deixou de produzir, refugo, retrabalho); Qualidade (qualidade do produto relacionada a cada equipamento de produção: qual gerou mais refugo, retrabalho, as peças devolvidas foram produzidas por quais máquinas? há relação? quais ações de melhoria (preventiva, corretiva e preditiva) estão sendo tomadas em relação aos ativos e ao SGQ?); Compras (relacionar ordem de serviço, ordem de compra, peças compradas e MO com as respectivas notas fiscais); Financeiro (valor do serviço – o que gastou, com o qual ativo gastou, quanto deixou de produzir, quanto poderia economizar com a redução dos custos ocultos e MO). Oportunidades de melhoria: revisão e apontamento de todos os custos ocultos; o uso potencial de novas tecnologias; e melhoria de processos.

A **execução das manutenções conforme o plano** era outro ponto fraco, já que as manutenções, em sua maioria, são corretivas. Com a substituição de cinco máquinas e o aluguel de mais três equipamentos, a empresa tem a oportunidade de melhorar esse plano e destinar o valor das despesas com manutenção corretiva para manutenção preventiva, preditiva e reforma das instalações. A empresa começou há pouco tempo a alinhar os dados de manutenção, e embora no momento atual seja possível medir o **tempo de disponibilidade dos equipamentos**,

apenas um colaborador sabe extrair essas informações do ERP. Sendo assim, os indicadores de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos: MTTR e MTBF, respectivamente, só podem ser medidos quando esse colaborador, que presta serviços à empresa, também tiver disponibilidade para acessá-los. Outra oportunidade de melhoria, com treinamentos.

Inicialmente, ficou acordado entre gestores, consultor e pesquisadora que esses eram os pontos fracos internos, com necessidade e oportunidade de melhoria. Para a pesquisadora, a cultura corporativa organizacional; as funções e responsabilidades; os recursos necessários: capital, tempo, pessoas; e o sistema de informações precisam de muita atenção. A alta direção se envolve e se compromete parcialmente com essas mudanças que a empresa passa e precisa, por falta de tempo ou por dedicar a maior parte dele para realizar tarefas operacionais. Os sistemas de gestão – de qualidade e, em breve, o de ativos, são responsabilidades dos gestores da produção e da qualidade, que são os auditores internos de suas próprias funções. Há confusão com SGQ e qualidade do produto, assim como haverá com SGA e incidentes que ocorrerão com os próprios ativos. Será necessário treinamento, qualificação, comunicação e integração entre os departamentos.

Os fatores externos no macro ambiente que representam uma ameaça aos objetivos da GA são os **juros**, que mesmo com a queda brusca da Selic, ainda serem altos para aquisição de novas tecnologias e expansão/atualização das instalações. Já o aluguel de **novas tecnologias** e a **pesquisa e desenvolvimento** de mais e novas peças afetarão positivamente a empresa. A **certificação** de mais uma norma também será mais uma oportunidade à organização.

Dos fatores citados por Polenghi et al. (2019), os fatores que ainda podem representar risco para o não cumprimento dos objetivos e metas da GA são: as máquinas, que podem falhar; a gestão das informações, já que o acesso a algumas informações ainda depende exclusivamente de um colaborador, e a empresa não ter plano de contingência na TI; a estrutura organizacional simples, mas às vezes confusa (empresa familiar). Como os equipamentos produtivos são os fatores críticos de sucesso para que a organização atinja suas metas de negócio, para a pesquisadora, eles são o maior risco e representam ameaça, se não bem geridos, aos objetivos da GA. A Figura 55 mostra a análise SWOT para as fraquezas da GA.

Figura 55 – SWOT Fatores Internos.

ANÁLISE ESTRATÉGICA SWOT - FATORES INTERNOS						
Observações / detalhamento	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Questões	Estratégias	Processos	Objetivo
	X	X	Atualização Tecnológica dos equipamentos de produção			
	X		Atualização Tecnológica dos equipamentos de medição			
	X		Extração e análise de informações do Sistema de Manutenção			
	N	N	Disponibilidade dos equipamentos: Tempo Médio de Reparo (MTTR) de equipamentos produtivos			
	N	N	Disponibilidade dos equipamentos: Tempo Médio entre Falhas (MTBF)			
Ausente	X	X	Política de GA	Assegurar a produtividade dos ativos críticos à empresa com foco na entrega de valor (equilíbrio entre desempenho, custos e riscos).	Gestão de Infraestrutura	4. Adequação e Eficiência dos Ativos
	X		Capacidade de produção/equipamentos			
	X		Instalações			
	X		Execução das Manutenções conforme Plano			

Fonte: elaborado pela autora e empresa (2020).

A Figura 56 mostra análise SWOT com as ameaças e oportunidades aos objetivos organizacionais e aos objetivos da GA.

Figura 56 – SWOT Fatores Externos.

ANÁLISE ESTRATÉGICA SWOT - FATORES EXTERNOS					
MACRO AMBIENTE					
ASPECTOS	VARIÁVEIS (QUESTÕES)	OPORTUNIDADES	AMEAÇAS	Observações / detalhamento	Objetivo Correlacionado
POLÍTICOS	Tributação / Leis Fiscais				
	Incentivo Fiscal				
	Intervenção Estatal				
	Instabilidade política				
	Políticas governamentais				
	Regulamentações trabalhistas				
	Políticas comerciais				
	Legitimidade do governo				
	Índice de aceitação/rejeição do governo				
	Greves				
ECONÔMICOS	Crescimento Econômico				
	Inflação				
	Taxa de Câmbio				
	Bolsa de Valores				
	Juros	X	X	Aquisição de equipamentos	4
	Taxa de Desemprego				
	Taxas de Importação / Exportação				
	Guerras Fiscais				
Renda da população					
SOCIAL	Padrões de consumo				
	Distribuição etária				
	Seguimentação por sexo/gênero				
	Expectativa de vida				
	Influências culturais				
	Crescimento populacional				
	Crenças do público-alvo				
	Nível de escolaridade				
	Gostos da sociedade				
	Migração da população para o interior do país				
	Interesses e opiniões da sociedade				
	Urbanização				
	Mobilidade Social				
Estilo de vida					
Distribuição de renda					
TECNOLÓGICO	Tendências P&D				
	Inovação	X			4
	Avanços Tecnológicos	X			4
	Novas tecnologias de comunicação				
	Novos modelos de negócio				
AMBIENTAL	Tempo (chuvas / seca, etc...)				
	Clima (calor, frio)				
	Grandes períodos de estiagem				
	Poluição				
	Aquecimento Global				
	Aumento da mentalidade Sociambiental				
	Aumento pela demanda de produtos e serviços ecologicamente responsáveis				
	Aumento/Queda matéria prima				
LEGAL	Localização				
	Segurança dos Produtos				
	Direitos do Consumidor (Lei 8.078/90)				
	Igualdade de Oportunidades				
	Saúde (Pandemias)				
	Segurança				
	Implantação ISO 55000	X		Certificação ISO 55001: Expansão comercial	4
	Lei Anticorrupção (Lei 12.846/13)				
	Reforma Trabalhista (Lei 13.467/17)				
	Lei Geral de Proteção de Dados (Lei 13.709/18) a ser efetivada em 08/2020				
MICROAMBIENTE					
ASPECTOS	VARIÁVEIS (QUESTÕES)	OPORTUNIDADES	AMEAÇAS	Observações / detalhamento	Objetivo Correlacionado
CLIENTES	Fidelização				
CONCORRENTES	Nível de rivalidade				
	Comportamento no mercado				
	Novos entrantes				
	Preço aplicado nos produtos				
	Comercialização				
FORNECEDORES	Logística				
	Recursos tecnológicos				
MERCADO	Poder de negociação				
	Logística				
	Segmento Geográfico				
	Composição de negócios				
	Expansão no varejo				

Fonte: elaborado pela autora e empresa (2020).

5.2.1.2 Entendimento das necessidades e das expectativas das partes interessadas

As partes interessadas, identificadas na literatura, e relevantes à organização são: acionistas, clientes, fornecedores, gestores e funcionários; e as partes interessadas relevantes à

GA são: engenharia, manutenção, financeiro, contabilidade, custos, compras, PCP, TI. O Quadro 27, elaborado pela pesquisadora e colaboradores de cada departamento, mostra as necessidades e as expectativas das partes interessadas relevantes à GA, que foram levantadas através de entrevistas abertas e reuniões com os colaboradores envolvidos nesse trabalho.

Quadro 27 – Necessidade e expectativas das partes interessadas relevantes à GA.

Parte Interessada	Necessidades	Expectativas
Acionistas	Equipamentos eficientes Ambiente Seguro	Redução de custos operacionais e de produção Melhoria do ROI ou (lucro líquido) Crescimento das vendas Aumento da receita
Comercial	Redução do <i>lead time</i> (prazo de entrega no mercado) Melhoria da qualidade, confiabilidade de produtos / serviços Preços competitivos	Crescimento das vendas Maior satisfação do cliente
Engenharia	Análise de demanda, análise da confiabilidade e capacidade produtiva de cada equipamento	Projetos de aquisição/substituição, reforma ou aluguel de equipamentos Planos das atividades do ciclo de vida do ativo Manutenção programada
Manutenção interna	Planos de manutenção preventiva e preditiva	Melhor desempenho da manutenção Equipamentos confiáveis e disponíveis
PCP	Equipamentos confiáveis e disponíveis	Cumprimento do Planejamento da Produção
Qualidade	Equipamentos de produção e de medição eficazes, colaboradores qualificados	Melhoria da qualidade, confiabilidade de produtos/serviços através da redução de erros, não conformidades, retrabalhos
RH/Colaboradores	Instalações e equipamentos seguros	Melhores desempenhos de condições de trabalho, saúde e segurança Evitar afastamentos, multas e processos relacionados a acidentes de trabalho
Compras	Ordem de compra e/ou de serviço externo com especificações do equipamento	---
Faturamento	NF de manutenção devidamente preenchida com a ordem de compra e/ou serviço e/ou cadastro do equipamento	---
Custos	CAPEX e OPEX Custos ocultos, como o da não qualidade	Redução dos custos totais para entregar preços mais competitivos
Financeiro	Custos e receitas de cada equipamento produtivo	Dados e informações de qualidade para tomadas de decisão de aquisição e substituição de equipamentos
Política Meio Ambiente	Máquinas novas (eficiência energética)	Redução de resíduos (óleo)

Fonte: elaborado pela autora e empresa (2020).

As necessidades e as expectativas das partes interessadas, relacionadas aos objetivos organizacionais, já constavam no planejamento estratégico e foram incluídas aos requisitos

relacionados à GA. As partes interessadas e os seus requisitos são: **acionistas**, e os requisitos que atendem às suas necessidades são: sustentabilidade financeira e processos eficientes e eficazes; **clientes**, e seus requisitos são cumprimento do prazo acordado, qualidade e pontualidade, continuidade da parceria; **fornecedores**, que também esperam a continuidade da parceria e pagamento em dia; **gestores e envolvidos com a GA**, que esperam ter ativos adequados para atingir as metas da GA; **funcionários**, cujos requisitos são: manutenção do emprego, pagamento em dia e crescimento.

5.2.1.3 Determinação do escopo do SGA

O escopo da GA se trata das questões internas e externas (requisito 4.1) e das partes interessadas (4.2), as interações que o SGA terá com o SGQ, e o portfólio de ativos que será coberto pela GA, nesse momento.

A ideia inicial era incluir todos os equipamentos produtivos no portfólio, mas como a GA permite que seu escopo cubra parte dos ativos, essa ideia foi repensada pela pesquisadora e pelo gestor da GA, e chegou-se à conclusão que seria mais efetivo começar apenas com os ativos mais críticos e conforme os planos de GA comecem a fazer parte da rotina e da cultura da empresa, expandir o escopo para outros ativos, até que todos façam parte. Foram eleitos como críticos, pelo gestor da GA, 14 ativos. A Figura 57 traz a relação com os respectivos dados.

Figura 57 – Relação dos ativos críticos.

Relação Ativos Críticos								
nº	Ativos	Data Fabricação	Relação MC/TMC	Horas Disponíveis	Horas em Preparação	Horas em Manutenção Corretiva	Horas Operação	Relação HMC/HO
1	Torno CNC 01	1997	...	...	...	...	...	...
2	Torno CNC 02	1997	...	...	...	...	...	...
3	Torno CNC 03	1999	...	...	...	...	...	...
4	Torno CNC 04	2005	...	...	...	...	...	...
5	Torno CNC 05	2005	...	...	...	...	...	...
6	Torno CNC 06	2010	...	...	...	...	...	...
7	Torno CNC 07	2005	...	...	...	...	...	...
8	Torno CNC 08	2006	...	...	...	...	...	...
9	Torno CNC 09	2008	...	...	...	...	...	...
10	Torno CNC 10	2006	...	...	...	...	...	...
11	Torno CNC 11	2007	0,09	...	...	...	...	...
12	CU CNC 01	2002	0,12	3168	603	396	2169	0,18
13	CU CNC 02	2001	0,09	3168	680	280	2208	0,13
14	CU CNC 03	2009	0,12	3168	560	302	2306	0,13
			0,42					

Fonte: elaborada pela autora.

Dos 14 ativos escolhidos, 11 são tornos CNC e 3 são centros de usinagem (CU) CNC. Os ativos mais críticos dentro do portfólio de ativos críticos estão em destaque amarelo. São os mais antigos, dois tornos (1997), e os que apresentaram mais gastos com manutenção corretiva no último ano. Os gastos são referentes a maio de 2019 (quando a empresa começou a alinhar notas fiscais com ordem de serviço e equipamento) a abril de 2020. Quatro equipamentos representam 42% do valor gasto com manutenção corretiva, 1 torno e 3 centros de usinagem. O ativo 12, que representava 12% dos custos totais de manutenção corretiva (TMC) e o que mais demandava horas com manutenção, 18% do total de seu tempo disponível à produção, foi substituído há pouco tempo, com base nesses dados. Como a empresa alugou mais 2 CU e um torno, ela fará a análise de qual poderá fazer a baixa também com esses dados, além do valor de revenda.

5.2.1.4 SGA

Como não é indicado que o SGA opere isoladamente, pois um fator de sucesso na GA é a capacidade de integrar seus processos, suas atividades e seus dados às outras funções da organização, nesse requisito, foi estabelecido o SGI; além do desenvolvimento do SAMP que, para evitar a duplicidade de informações foi suprimido do trabalho, já que todas as informações contidas nele estão nos resultados e ficaria redundante sua anexação.

Através do contexto da organização, identificação dos riscos e oportunidades, e entendimento das expectativas e necessidades das partes interessadas, foi construído o SGI sobre os elementos do SGA, e assim como o SGQ, o SGI deve ser, após implementado, mantido e melhorado. Também traz documentado os processos necessários para garantir o apoio do SGI na obtenção dos objetivos organizacionais e da GA; e como a realização de todos os objetivos gerenciais e estratégicos depende da realização dos objetivos operacionais, a capacidade dos ativos deve ser analisada criticamente com mais frequência, para validação dos planos de gestão dos ativos e dos planos de contingenciamento, para as possíveis falhas ou bloqueio do funcionamento dos equipamentos críticos.

Como se trata de uma média empresa e, embora seja familiar, a estrutura fabril não é complexa, e devido aos poucos ativos eleitos como críticos, ficaram óbvias as lacunas e quais eram as prioridades. Os planos, objetivos e indicadores de desempenho para diminuir essas lacunas estão no SAMP e descritos durante o desenvolvimento dessa seção.

5.2.2 Liderança

5.2.2.1 Liderança, comprometimento, autoridades e papéis

Como a organização é de médio porte, esses dois requisitos serão unificados. Também como as lideranças do SGQ já são formadas, elas permanecerão com os mesmos papéis, mas não com todas as responsabilidades, já que a GA será dividida entre vários departamentos. Os colaboradores da manutenção serão, impreterivelmente, incluídos. E por razões óbvias, um integrante do departamento financeiro também. Todos os operadores dos ativos críticos farão parte, já que cada um deles é responsável pelo ativo que opera. Apenas um integrante da alta administração fará parte da liderança da GA. Esse membro da direção é próximo dos operadores dos equipamentos, e pode influenciar positivamente com seus exemplos e atitudes.

Algumas das necessidades e expectativas das partes interessadas internas à GA, já descritas na subseção 5.1.1, serão as responsabilidades dos colaboradores na GA. A Engenharia terá, como responsabilidades, fazer a análise da demanda dos equipamentos críticos, análise da confiabilidade e capacidade produtiva de cada um deles, deve fazer e avaliar com frequência os planos das atividades do ciclo de vida dos ativos, como os planos de manutenção e, juntamente com financeiro, os planos de atualização das máquinas. A responsabilidade da Manutenção será de garantir a disponibilidade dos equipamentos. Custos e Financeiro devem acompanhar os custos de manutenção. O Financeiro fará a análise dos dados e informações para tomadas de decisão de aquisição e substituição de equipamentos, e juntamente com consultor financeiro e alta administração, fazer os planos de destinar a economia, ou parte dela, dos custos de manutenção corretiva para planos de manutenção preventiva e reforma das instalações.

5.2.2.2 Política

Para a construção da política de GA, foi questionado aos gestores e aos responsáveis o que se esperava dela, através de entrevistas abertas. Ficou definido, em um primeiro instante, por consenso dos envolvidos que a política de GA seria: **Buscar a melhoria contínua dos processos, o aprimoramento do sistema de gestão e o atendimento aos requisitos legais e dos clientes por meio de uma gestão eficaz de seus ativos.**

Em um segundo momento, na construção do SGI, ficou decidido que a política de GA estaria contida na política da organização, e a proposta foi:

Oferecer produtos e serviços que atendam aos requisitos legais e éticos dos clientes, por meio de um sistema de gestão integrado que promova uma vantagem

competitiva e a sustentabilidade do negócio; a eficácia e a melhoria de seus processos; a qualificação e a segurança de seus colaboradores; e a adequação e eficiência de seus ativos.

A adequação e eficiência dos ativos se daria através da atualização tecnológica, correção, análise de riscos e oportunidades, redução de custos, aumento da disponibilidade e produtividade dos equipamentos. No entanto, não ficou esclarecido que a política, nesse momento, era com foco na atualização de seus equipamentos produtivos. E foi discutida a política novamente. Ficou decidido, finalmente, que ela teria essa ênfase da substituição, mas que também deveria conter em sua declaração, como parte da sua estratégia e objetivos, o alcance do desempenho dos ativos críticos para que pudessem entregar valor à organização até o fim de sua vida útil, e que acompanhamento dos indicadores de desempenho e custos de cada um desses ativos faria parte do processo de tomada de decisão sobre as substituições.

Como são 14 equipamentos passíveis à atualização, é necessário o maior número de dados para que as decisões sejam assertivas, e possam indicar a sequência, por ordem de prioridade, das máquinas a serem substituídas. Sendo assim, a política integrada ficou definida como: **Oferecer produtos e serviços que atendam aos requisitos legais (éticos) e dos clientes por meio de um SGI que promova: sustentabilidade financeira; desempenho comercial e satisfação dos clientes; eficácia e melhoria contínua de seus processos; qualificação e segurança de seus colaboradores; e adequação e eficiência de seus ativos.**

Já a política de GA como: **Assegurar a produtividade dos ativos críticos à empresa, com foco na entrega de valor (equilíbrio entre desempenho, custos e riscos), até a substituição de todos os equipamentos produtivos do portfólio da Gestão de Ativos.**

A estratégia da GA, portanto, será: **Cumprir os planos de manutenção preventiva, reduzir falhas e horas improdutivas dos ativos físicos; construir e cumprir os planos de atualização tecnológica através da substituição de equipamentos; alinhar dados e informações técnicas e financeiras dos equipamentos produtivos do escopo da GA, para decisões de substituição.**

A Figura 58 traz o Painel de Bordo, construído pela pesquisadora e consultor, para acompanhamento das metas da política. Os objetivos da GA, assim como os objetivos gerenciais e operacionais são descritos melhor no requisito planejamento.

Figura 58 – Painel de bordo: metas da Política de GA.

SGA: Política da Gestão de Ativos, Estratégia, Objetivos, Planos, Indicadores e Responsáveis																			
Estratégia de GA: Planos de manutenção preventiva; redução de falhas; redução de horas improdutivas dos ativos físicos; planos de atualização tecnológica através da substituição de equipamentos, analisando os riscos e as oportunidades. Alinhamento de dados e informações técnicas e financeiras dos equipamentos produtivos do escopo da																			
Política de GA: Assegurar a produtividade dos ativos críticos à empresa, com foco na entrega de valor (equilíbrio entre desempenho, custos e riscos), até a substituição de todos os equipamentos produtivos do portfólio da Gestão de Ativos. Objetivos: consultar SAMP																			
Escopo proposto: ativos críticos selecionados pelo gestor da GA para substituição (atualização tecnológica)																			
Objetivo Organizacional	Estratégia Organizacional	Estratégia de GA	Processos	Indicadores Estratégicos organizacionais e da GA	Meta 2020	Resultado 2019	Análise Freq.	Resp.	Análise Crítica	Indicadores Operacionais de GA	Meta 2020	Resultado 2019	Análise Freq.	Resp.	Análise Crítica				
4. Adequação e Eficiência dos Ativos	Assegurar a produtividade dos ativos críticos à empresa com foco na entrega de valor (equilíbrio entre desempenho, custos e risco).	Cumprir os planos de manutenção preventiva, reduzir falhas e horas improdutivas dos ativos físicos; planos de atualização tecnológica através da substituição de equipamentos, analisando os riscos e as oportunidades; planos de atualização tecnológica através da substituição de equipamentos, analisando os riscos e as oportunidades; planos de atualização tecnológica através da substituição de equipamentos, analisando os riscos e as oportunidades.	Gestão da Infra-Estrutura	Desempenho dos Ativos Críticos															
				Confiabilidade															
				Disponibilidade															
				Custos															
				Taxa de Falhas		NA	Mensal	Finan	Quadri-mestral	Cumprimento do Plano de Manutenção				Manut					
				Tempo Médio de Falhas (MTBF)		NA				Nº de paradas para manutenção				Operador					
				Tempo Médio de Reparo (MTR)		NA	Mensal	Finan	Quadri-mestral	Nº de intervenções corretivas				Operador					
				Custos de Manutenção Corretiva por Faturamento	0,50%	0,61%	Quadri-mestral	Finan	Finan	Custos totais de manutenções corretivas				Manut, Compras					
				Custo de Manutenção por Faturamento	0,75%	NA	Quadri-mestral	Finan	Finan	Custos totais de manutenções, peças, materiais, serviços e MO por				Manut, Compras					
				Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição (CMR)	>2,5%	NA	Quadri-mestral	Finan	Finan	manutenções, peças, materiais, serviços e MO por				Manut, Compras, Finan					

Fonte: elaborada pela autora.

5.2.3 Planejamento

5.2.3.1 Ações para tratar os riscos e oportunidades para o SGA

Para tratar dos riscos e oportunidades, esse estudo considerou as questões mencionadas no “entendimento da organização e seu contexto” e “os requisitos mencionados das partes interessadas”, para determinar os riscos e oportunidades que precisam ser tratados para garantir que o SGA alcance os resultados pretendidos e prevenir ou reduzir efeitos indesejados.

Para a análise de riscos são necessários os níveis de criticidade (severidade) e a probabilidade de ocorrer o evento. Os critérios para medir a probabilidade de ocorrer o evento se encontram na Figura 59, que já eram os critérios utilizados pelo SGQ.

Figura 59 – Critérios para avaliação da probabilidade.

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE				
		Descrição	Crítérios orientativos	Grau
RISCOS NEGATIVOS	Não conformidade	Baixa possibilidade de ocorrer (Raramente ocorre ou temos conhecimento do que pode ocorrer).	< 3% ao ano	Baixa (1)
		RAZOÁVEL possibilidade de ocorrer (Pode ocorrer ou ocorre algumas vezes ao ano - pouca reincidência).	3 a 6% ao ano	Média (2)
		ALTA possibilidade de ocorrer (Pode ocorrer com frequência ou ocorre muitas vezes ao ano - recorrentes).	> 6% ao ano	Alta (3)
RISCOS POSITIVOS	Oportunidade de Melhoria	BAIXA possibilidade de aproveitar a oportunidade ou ação inviável.	< 30%	Baixa (1)
		RAZOÁVEL possibilidade de aproveitar a oportunidade ou ação viável.	30% a 70%	Média (2)
		ALTA possibilidade de aproveitar a oportunidade ou ação altamente viável.	> 70%	Alta (3)

Fonte: dados da empresa (2018).

Como a definição de criticidade varia de acordo com a organização, para analisar criticamente os ativos escolhidos pela gestão – sujeitos à substituição e que podem ser uma ameaça às metas da empresa, essa pesquisa escolheu o estudo de caso de Menezes et al. (2015) que, para identificar os equipamentos que provocaram maior impacto nas linhas de produção, os classificou quanto ao efeito e criticidade de suas falhas por meio de um fluxo de decisão, para os fatores: segurança e ambiente, qualidade, regime de trabalho, produção, frequência e custo, em três níveis.

O Quadro 28 traz os critérios (níveis e fatores) para avaliar a severidade do evento e a Figura 60 mostra a classificação dos riscos (probabilidade x severidade).

Quadro 28 – Critérios para avaliar a severidade do evento.

Fator	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Segurança e Ambiente	A falha funcional não tem impacto em segurança e saúde ou meio ambiente	A falha funcional pode provocar impactos dentro dos limites legais. A falha funcional pode provocar exposição ao risco de acidentes, respeitando a política de segurança e saúde ocupacional	A falha funcional pode ter consequências catastróficas em segurança e saúde ou meio ambiente
Qualidade	A falha funcional não tem impacto na qualidade do produto.	A falha funcional afeta parcialmente o processo produtivo, podendo comprometer a quantidade	As falhas funcionais podem ter consequências catastróficas na qualidade do produto.
Regime de Trabalho	O equipamento é requerido por menos de 12 horas por dia, oferecendo oportunidades para manutenções programadas entre as campanhas produtivas.	O equipamento é requerido 24 horas por dia, oferecendo algumas oportunidades para manutenções programadas entre as campanhas produtivas	O equipamento é requerido 24h por dia. Não existe oportunidade para manutenções programadas entre campanhas produtivas.
Produção	A falha funcional não provoca perdas de produção e nem provoca o aumento no consumo de insumos.	A falha funcional do equipamento interrompe de um subsistema ou sistema, afetando parcialmente a linha de produção, podendo provocar perdas de produção ou aumento no consumo de insumos.	A falha funcional do equipamento causa a interrupção total de linhas produtivas, podendo provocar perdas catastróficas de produção.
Frequência	O histórico demonstra ou é esperado que o equipamento, em função de características intrínsecas, apresente falhas funcionais ocasionais pouco frequentes (menos de uma falha por ano).	O histórico demonstra ou é esperado que o equipamento, em função de características intrínsecas, apresente falhas funcionais ocasionais durante sua vida útil (mais de uma a cada seis a doze meses).	O histórico demonstra ou é esperado que o equipamento, em função de características intrínsecas, apresente falhas funcionais durante sua vida útil (mais de uma a cada seis meses).
Custo	O custo de reparo do equipamento é inferior a R\$ 2.000,00.	O custo de reparo do equipamento é de R\$ 2.000,00 a R\$ 5.000,00.	O custo de reparo do equipamento é maior do que R\$ 5.000,00.

Fonte: adaptado de Menezes et al. (2015, p. 14).

Figura 60 – Classificação risco (P X S).

		SEVERIDADE		
		Baixo (1)	Médio (2)	Alto (3)
PROBABILIDADE	Alto (3)	3	6	9
	Médio (2)	2	4	6
	Baixo (1)	1	2	3

Resultado	Grau do Risco
1 e 2	Baixo
3 e 4	Médio
6 e 9	Alto

Fonte: dados da empresa (2018).

A análise do contexto, realizada pela pesquisadora e consultor, dos pontos fracos e fortes, ou seja, ameaças e oportunidades em relação ao SGA, e as ações propostas para mitigar os riscos é mostrada na Figura 61.

Figura 61 – Análise do Contexto.

APRETO	ANÁLISE DO CONTEXTO		ORGANIZACIONAL				Grupo	Coordenador	PROCESSOS AFETADOS					Ações Propostas	Recursos Necessários	Responsável	Prazo Inicial	Prazo Final	Situação	Comentários (Data, Responsável, Verano)			
	CONTEXTO INTERIO		CONTEXTO EXTERIO		G. Estratégica	G. Operacional			G. Produção	G. Manutenção	G. PESSOAS & AT	G. Qualidade											
	Pontos Fortes	Pontos Fracos	Ameaças	Oportunidades									Processos								Ativos	Riscos	
Infraestrutura	Atualização tecnológica dos equipamentos de produção e medição	0																					
	Extensão e análise de informações do sistema de manutenção	0																					
	Indisponibilidade de indicadores de GA: MTR e MTBF, entre outros	0																					
	Ausência de uma Política de GA	0																					
	Capacidade de produção/ equipamentos	0																					
	Instalações	0																					
	Execução das Manutenções conforme Plano	0																					
	Estrutura fabril/ equipamentos deficientes	3	3																				
	TI Servidor deficiente	3	3																				

Fonte: elaborado pela autora e empresa (2020).

A Figura 62 traz a análise, realizada pela pesquisadora e consultor, das partes interessadas e as ações propostas para mitigar os riscos.

Figura 62 – Avaliação de riscos dos requisitos das partes interessadas.

PARTES INTERESSADAS	Meio de Levantamento PI's	ANÁLISE DAS EXPECTATIVAS E NECESSIDADES DAS PI'S		Grupo		Coordenador	Objetivo correlacionado	PROCESSOS AFETADOS										Impacto no ciclo de vida do ativo	Responsável	Prazo	Situação	Fechamento	Comentários (Data, Responsável, Assunto)
		REQUISITOS	Necess	AVALIAÇÃO DE RISCOS				G. Estratégia	Vendas	Plan. & Produção	G. Aquisição	Armaç & Exped	G. Pessoas & AT	G. Infraestrutura	G. Qualidade								
				Probabilidade	Impacto											Severidade = PI							
Adonidas	Entrevista	Sustentabilidade Financeira	X	...	...	...	1. Sustentabilidade Financeira	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Até a completa substituição dos ativos críticos	Em curso	05 anos			
		Processos eficientes e eficazes	X	3	2	6			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Até a completa substituição dos ativos críticos	Em curso	05 anos	
Clientes	Pesquisa / Entrevista	Cumprimento do prazo acordado	X	4	4	16	2. Prestar serviços que atendam aos requisitos legais aplicáveis e dos clientes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Até a completa substituição dos ativos críticos	Em curso	05 anos			
		Qualidade e Pontualidade	X	2	1	2			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Até a completa substituição dos ativos críticos	Em curso	5 anos		
Fornecedores	Seminário / Visita	Continuidade da parceria	X	...	...	...	3. Melhorar continuamente os processos do sistema de gestão.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
		Continuidade da parceria	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Gestores & Colaboradores	Entrevista	Pagamento em dia	X	...	...	...	4. Adequação e Eficiência dos Ativos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Até a completa substituição dos ativos críticos	Em curso	05 anos		
		Equipamentos adequados e eficientes	X	3	2	6			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Assurar o desempenho dos ativos; Substituição de parte ou de equipamento para mitigar ou eliminar riscos	Em curso	05 anos		
Funcionários	Entrevista	Manutenção do emprego	X	...	...	...	5. Operadores qualificados em um ambiente	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
		Pagamento em dia	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
		Crescimento	X	...	...	...		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						

Fonte: elaborado pela autora e empresa (2020).

A Figura 63 traz as orientações, que o SGQ já tinha, em caso de riscos positivos, que são as oportunidades. A Figura 64 traz as orientações em caso de riscos negativos, que são as ameaças, também já utilizadas pelo SGQ.

Figura 63 – Orientações para oportunidades.

Positivos (Oportunidades)	
<div style="background-color: #f4a460; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Orientativo</div> <div style="background-color: #ff0000; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #ff0000; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #ffff00; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #90ee90; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #90ee90; height: 10px;"></div>	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar ou Provocar – Esta estratégia pode ser selecionada para riscos com impactos positivos nos pontos em que a organização deseja garantir que a oportunidade seja concretizada. Esta estratégia tenta eliminar a incerteza associada a um risco positivo específico fazendo com que a oportunidade definitivamente aconteça. A exploração de forma direta das respostas inclui a designação de recursos mais capacitados para o projeto a fim de reduzir o tempo para término ou a fim de fornecer uma qualidade maior do que a originalmente planejada. • Compartilhar – O compartilhamento de um risco positivo envolve a atribuição da propriedade a terceiros que possam capturar melhor a oportunidade em benefício do projeto. Os exemplos de ações compartilhadas incluem a formação de parcerias, equipes, empresas de propósito específico ou joint ventures para compartilhamento de riscos, que podem ser estabelecidas com o objetivo expresso de gerenciar oportunidades. • Melhorar ou Alavancar – Esta estratégia tem como objetivo modificar o “tamanho” de uma oportunidade através do aumento da probabilidade e/ou dos impactos positivos e pela identificação e maximização dos principais acionadores desses riscos de impacto positivo. Procurar facilitar ou fortalecer a causa da oportunidade e direcionar e reforçar de forma pró-ativa suas condições de acionamento podem aumentar a probabilidade. Os acionadores de impacto também podem ser direcionados, tentando aumentar a suscetibilidade do projeto à oportunidade. <p>* Aceitar ativamente</p> <p>* Aceitar passivamente</p>

Fonte: dados da empresa (2018).

Figura 64 – Orientações para oportunidades.

Negativos	
<div style="background-color: #f4a460; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Orientativo</div> <div style="background-color: #ff0000; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #ff0000; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #ffff00; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #90ee90; height: 10px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: #90ee90; height: 10px;"></div>	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir ou evitar – A prevenção de riscos envolve mudanças no plano de gerenciamento do projeto para eliminar a ameaça apresentada por um risco adverso, onde podemos: isolar os objetivos do projeto do impacto do risco ou flexibilizar o objetivo que está sendo ameaçado, como extensão do cronograma ou redução do escopo. O esclarecimento dos requisitos, a obtenção de informações, a melhoria da comunicação ou a aquisição de especialização podem prevenir alguns riscos que surgem no início do projeto. • Transferir – A transferência de riscos exige a passagem do impacto negativo de uma ameaça para terceiros, juntamente com a propriedade da resposta. Essa transferência de riscos simplesmente confere a uma outra parte a responsabilidade por seu gerenciamento; ela não elimina os riscos. A transferência da responsabilidade pelo risco é mais eficaz quando está relacionada à exposição a riscos financeiros. A transferência de riscos quase sempre envolve o pagamento de um prêmio de risco à parte que assume o risco. As ferramentas de transferência podem ser bem diferentes e incluem, entre outros: seguros, seguros-desempenho, garantias, etc. Os contratos podem ser usados para transferir responsabilidades por riscos especificados para uma outra parte. Em muitos casos, o uso de um contrato com base no custo pode transferir o risco do custo para o comprador, enquanto um contrato de preço fixo pode transferir o risco para o fornecedor, se o design do projeto estiver estável. • Mitigar. A mitigação de riscos exige a redução da probabilidade e/ou impacto de um evento de risco adverso até um limite aceitável. A realização de ações no início para reduzir a probabilidade e/ou o impacto de um risco que está ocorrendo no projeto é frequentemente mais eficaz do que a tentativa de reparar os danos após a ocorrência do risco. A adoção de processos menos complexos, realizando mais testes, ou a escolha de um fornecedor mais estável constituem exemplos de ações de mitigação. A mitigação pode exigir a elaboração de protótipos para reduzir o risco decorrente do incremento de escala a partir de um modelo de bancada, para um dado processo ou produto. Quando não for possível reduzir a probabilidade, uma resposta de mitigação poderá abordar o impacto do risco se concentrando nas ligações que determinam a gravidade. Por exemplo, o projeto de redundância em um subsistema pode reduzir o impacto de uma falha do componente original. • Aceitar ativamente – A aceitação ativa refere-se à decisão de não alterar o projeto para que o risco não ocorra devido à baixa probabilidade de acontecimento ou o seu impacto reduzido. Apesar disso, periodicamente o risco será monitorado e uma atividade de contingência será preparada. • Aceitar passivamente – quando a equipe resolve que a ocorrência do risco trará insignificante impacto ao projeto a ponto de sequer valer a pena monitorá-lo e, caso aconteça, alguma correção será então preparada.

Fonte: dados da empresa (2018).

A empresa do estudo de caso, embora tenha que fazer uma análise da vulnerabilidade em relação à segurança de suas informações, tanto interna quanto externamente, não está exposta nem a eventos perigosos e nem a perigos naturais. A matriz da gestão dos riscos relacionados aos ativos está no requisito “informações”, após o painel de bordo com indicadores do ativo.

5.2.3.2 Objetivos da GA e planos para alcançá-los

5.2.3.2.1 Objetivos da GA

O objetivo organizacional em relação à infraestrutura é a adequação e eficiência dos ativos críticos. Sua estratégia para alcançar esse objetivo é assegurar a produtividade dos ativos, com foco na entrega de valor (equilíbrio entre desempenho, custos e riscos).

Os ativos críticos foram eleitos pelo gestor da GA, que são os equipamentos produtivos selecionados para serem substituídos. Os objetivos e indicadores foram escolhidos pela pesquisadora e consultor, embasados na literatura.

Os **objetivos estratégicos da GA** devem estar alinhados com o objetivo organizacional e sua estratégia. Sendo assim, os objetivos da GA são:

- ✧ Assegurar/aumentar a confiabilidade;
- ✧ Assegurar/aumentar a disponibilidade;
- ✧ Assegurar/aumentar a capacidade;
- ✧ Redução de custos operacionais;
- ✧ Redução de custos de capital.

Os **indicadores estratégicos** são:

- ✧ Desempenho dos ativos: confiabilidade e disponibilidade;
- ✧ Custos.

Os **objetivos gerenciais da GA** devem estar alinhados com os objetivos estratégicos da GA e suas estratégias e, portanto, são:

- ✧ Redução de falhas
- ✧ Redução das paradas
- ✧ Redução de horas improdutivas
- ✧ Redução de manutenção corretiva
- ✧ Redução de energia
- ✧ Eliminação de gargalos operacionais

Os **indicadores gerenciais** são:

- ✧ Taxa de falhas
- ✧ MTBF
- ✧ MTTR
- ✧ Custos de manutenção total/faturamento
- ✧ Custos de manutenção do equipamento/valor de reposição

Os **objetivos operacionais da GA** são:

- ✧ Planos de manutenção, calibração, lubrificação;
- ✧ Redução do nº de paradas para manutenção corretiva, externas à empresa
- ✧ Redução das ações de manutenção corretiva, internas à empresa

Os **indicadores operacionais** são o apontamento dos de cada ativo do escopo da GA:

- ✧ Cumprimento do plano de manutenção preventiva, calibração, lubrificação;
- ✧ Apontamento nº de paradas para manutenção corretiva
- ✧ Apontamento nº total de ações de manutenção corretiva
- ✧ Custo de manutenção total (acompanhamento de todos os custos de manutenção preventiva, corretiva, peças, MO)
- ✧ Custos de manutenção corretiva de cada equipamento (acompanhamento de todas as ações corretivas, peças, MO de cada ativo).

O aumento da disponibilidade ocorre através da redução de paradas; a redução de paradas ocorre com o aumento da confiabilidade; o aumento da confiabilidade ocorre com a redução de falhas; a redução de falhas ocorre com planos de manutenção preventiva e preditiva.

Aumento da confiabilidade e da disponibilidade: aumento de produtividade, redução de custos - objetivo sustentabilidade do negócio e da infraestrutura e ativos.

Equipamentos eficientes refletem diretamente na capacidade produtiva e, desta maneira, no planejamento da produção; equipamentos eficazes (calibrados) produzem peças de melhor qualidade (satisfação do cliente) e aumenta o desempenho da gestão da qualidade (objetivo de eficácia e melhoria contínua dos processos); equipamentos eficientes falham menos, param menos, o que permite diminuir o *lead time* dos pedidos dos clientes, cumprindo o prazo de entrega e, assim, não perdendo e/ou aumentando vendas (objetivo de desempenho comercial e satisfação do cliente). Equipamento seguros e envolvimento dos colaboradores na GA têm relação com objetivo colaboradores qualificados em um ambiente mais seguro.

Sendo assim, pode-se ressaltar que todos os objetivos e indicadores da GA tem relação com os objetivos e estratégias organizacionais.

O Quadro 29 traz os objetivos e indicadores, para melhor visualização.

Quadro 29 – Objetivos e Indicadores da GA

	Objetivos da GA	Indicadores
Estratégicos	Assegurar/aumentar a confiabilidade Assegurar/aumentar a disponibilidade Assegurar/aumentar a capacidade Redução de custos operacionais Redução de custos de capital	Confiabilidade Disponibilidade Custos
Gerenciais (Táticos)	Redução de falhas Redução de horas improdutivas Redução de manutenção corretiva Redução de energia Eliminação de gargalos operacionais	Taxa de falhas MTBF MTTR Custos de manutenção total/faturamento Custos de manutenção do equipamento/valor de reposição
Operacionais	Planos de manutenção, calibração, lubrificação Redução do nº de paradas para manutenção corretiva, externas à empresa Redução das ações de manutenção corretiva, internas à empresa	Cumprimento dos planos de manutenção preventiva, calibração e lubrificação Apontamento do nº de paradas para manutenção corretiva Apontamento nº total de ações de manutenção corretiva Custo de manutenção total (acompanhamento de todos os custos de manutenção preventiva, corretiva, peças, MO) Custos de manutenção corretiva de cada equipamento (acompanhamento de todas as ações corretivas, peças, MO de cada ativo)

Fonte: elaborado pela autora.

5.2.3.2.2 Planejamento para o alcance dos objetivos da GA

Os planos de GA são todas as ações que foram pensadas, pela pesquisadora, consultor e colaboradores da empresa, para mitigar os riscos que foram destacados na análise SWOT e análise dos requisitos das partes interessadas, sendo a construção da política de GA, considerada uma ameaça, a precursora de todos os outros planos: atualização tecnológica; treinamento e adequado apontamento de dados; extração e análise de informações do sistema de manutenção; ativação e possível customização do módulo Manutenção do ERP, planos de investimentos em um novo servidor e rede mais moderna; atualização das instalações; executar devidamente o plano de manutenção preventiva; criação de indicadores de desempenho dos ativos, para saber a real confiabilidade, disponibilidade, capacidade e enfim, a produtividade, planos de remanejamento do valor gasto com manutenção corretiva com manutenção preventiva e preditiva, a fim de garantir a eficiência dos ativos, que é o objetivo estratégico da GA e da empresa.

Os planos são concomitantemente de cima para baixo e de baixo para cima; planos estratégicos são objetivos gerenciais, estratégias gerenciais são os objetivos operacionais; e

cumprimento dos planos operacionais para assegurar o desempenho de cada ativo incorrerá na execução dos planos táticos e, por fim, dos planos estratégicos. Em síntese, os planos de GA para o alcance das respectivas metas são:

- ✧ Planos de manutenção preventiva, para reduzir de falhas;
- ✧ Redução de falhas, para assegurar/aumentar a confiabilidade;
- ✧ Aumento da confiabilidade, para reduzir paradas, para assegurar/aumentar a disponibilidade;
- ✧ Redução de horas improdutivas (paradas para manutenção corretiva, limpeza, *setup*), para aumento da disponibilidade;
- ✧ Redução de manutenção corretiva e redução de energia, para a reduzir custos operacionais;
- ✧ Eliminação de gargalos operacionais, para reduzir custos de capital.
- ✧ Investir em equipamentos energeticamente mais eficientes, novas instalações, para reduzir gastos com energia.
- ✧ Substituição dos ativos e redução das horas improdutivas, para assegurar/aumentar a capacidade;
- ✧ Substituição de equipamentos, para atualização tecnológica e garantia da capacidade e capacidade dos ativos;
- ✧ Alinhamento de dados e informações técnicas e financeiras dos equipamentos, para decisões de substituições;
- ✧ E enquanto não houver um longo histórico com dados que se transformarão em informações robustas, os painéis de bordo dos ativos críticos possibilitará que as decisões sejam tomadas com mais eficiência e eficácia.

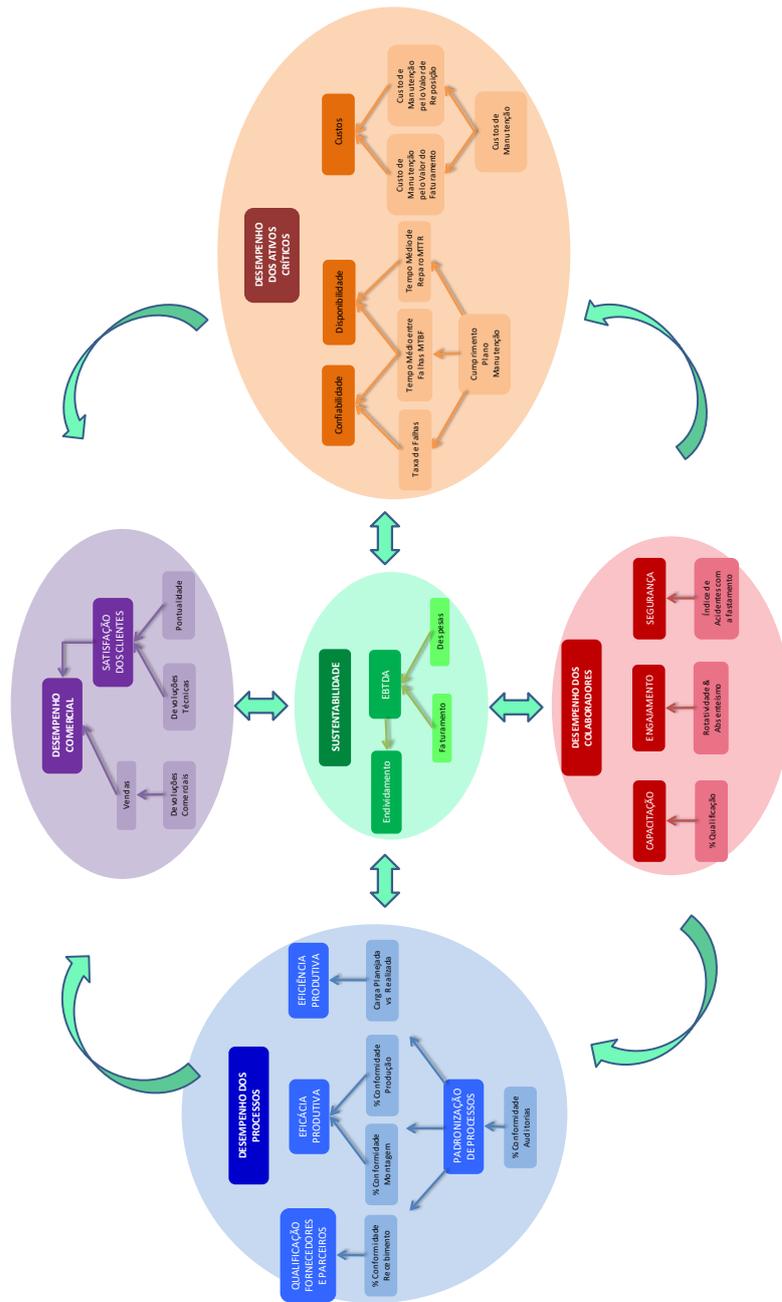
Como nenhum ativo crítico representa risco severo ao trabalhador ou ao meio ambiente, a gestão dos riscos tem a ver com severidade da falha funcional que cada ativo pode apresentar. O principal risco dos ativos está ligado à interrupção da produção, aumento do *lead time* e atraso na entrega. A melhora na produtividade tem sido um dos fatores-chave do faturamento em constante crescimento e a empresa deve garantir a entrega de valor de seus ativos.

Os planos de contingenciamento são as várias possibilidades de remanejamento da linha de produção dos equipamentos que possam apresentar uma falha inesperada e ficar em demasiado tempo de manutenção. No portfólio de cada ativo tem o campo que indica qual equipamento pode substituí-lo e quais equipamentos esse ativo pode socorrer.

Porter (1996) escreveu que estratégia é, afinal, fazer ajustes das atividades de uma empresa, e que seu sucesso depende de fazer muitas coisas bem, integrando-as; e que caso não

haja ajuste e integração das atividades da organização, haverá pouca sustentabilidade. Sendo assim, a Figura 65, elaborada pela pesquisadora e consultor, traz o desenho do último mapa estratégico da empresa, que traz o objetivo do planejamento estratégico “sustentabilidade financeira” no centro, integrado e dependente de todos os outros objetivos.

Figura 65 – Mapa estratégico atual.



Fonte: elaborado pela autora e empresa (2020).

5.2.4 Informações

5.2.4.1 Requisitos da informação

5.2.4.1.1 Portfólio de ativos

Os dados devem ser de qualidade e para isso é necessário que tenham esses atributos: completude, precisão, oportunidade, acessibilidade, consistência. Ou seja, são todos os dados a serem coletados ou apenas alguns deles, que devem representar com precisão a realidade - particularmente uma preocupação quando a entrada de dados realizada por humanos é necessária. Os dados devem estar prontamente disponíveis como e quando necessários, para aqueles que os usam, e tenham as mesmas definições e padrões aplicados em toda empresa.

Como a qualidade das informações depende da qualidade dos dados, nesse requisito foi discutido, por pesquisadora e colaboradores, quais dados serão necessários apontar e as recomendações para a coleta de dados. Os dados são referentes ao cumprimento dos planos de manutenção, ao número de paradas para manutenção preventiva, corretiva, corretiva não planejada – após falha, ao número de ações referentes a cada tipo de manutenção, quantas horas foram dispendidas em cada ação, os custos totais referentes a elas: valor das peças, valor do serviço, se foi MO interna, se foi serviço terceirizado, para cada manutenção realizada no equipamento, e o que foi afetado com a ação. Se quando ação de manutenção corretiva não planejada, se houve interrupção da produção, se houve atraso por isso, o que deixou de produzir e faturar no dia da ação. Deve-se realizar treinamentos para esclarecer do que se trata cada ação. Como o “dono” do equipamento produtivo é o colaborador que o opera, ele deve estar qualificado para identificar a diferença entre as horas de uso, as horas de limpeza, horas de preparação, horas para manutenção corretiva – trabalho de reparo/conserto, horas de manutenção preventiva. É o colaborador que fará o apontamento dos dados: número de paradas, número de ações, horas para todas as atividades referentes ao seu equipamento e, portanto, deve estar capacitado para isso.

Entre as partes interessadas internas à GA, é necessário alinhamento entre Manutenção, Compras e Faturamento, para que as ordens de serviço externas à empresa e as ordens de compra tenham todos os dados requeridos. Manutenção solicita a ordem de serviço de reparo com a especificação do equipamento, se serviço terceirizado; ou solicita ordem de compra de peça, se serviço interno. Compra solicita o orçamento do serviço externo ou da(s) peça(s) necessária(s) para reparo interno; após aprovação do gestor da GA ou alta administração, solicita serviço ou compra. Terceirizada envia NF com serviço realizado relacionado à OS e

valor a ser pago, ou Fornecedor envia NF relacionada à OC e valor a ser pago. Faturamento faz lançamento da NF para Contas a Pagar e aponta no ERP o valor do serviço realizado ou da aquisição, assim como o número da OC ou OS. É importante esclarecer que o valor do serviço ou da compra deve ser lançado no dia do faturamento e no dia a ser pago, e o que vai ser útil à GA é o valor da data de emissão da NF, para não haver confusão sobre o período que o custo pertence (no caso de uma OS feita em dezembro de 2019 e pagamento realizado em janeiro de 2020, o custo pertence a 2019), e também para não haver apontamento de despesas financeiras, caso haja atraso de pagamento, pois apenas o valor original deve ser contabilizado para não afetar os indicadores.

As recomendações sobre a qualidade da coleta dos dados foi feita baseada no estudo de Ho et al. (2014), sobre como evitar dados errôneos no ERP, através de ações para mitigar ou eliminar os problemas causadores: (i) desenvolver vocabulário e apontamento padronizados para cada ação; (ii) termos comuns devem usados para o mesmo subsistema, item de manutenção e componente; (iii) as ações e o ERP devem estar no idioma dos operadores e mantenedores que geram as notificações de trabalho e refletem o que é realmente observado (ao invés das falhas que os engenheiros acham que podem acontecer); (iv) deve haver um campo separado no ERP para indicar uma suspensão, isso ocorre quando um item de manutenção é removido, mas ainda funciona; essa substituição preventiva pode ocorrer por várias razões, como a substituição baseada em intervalos de tempo, um projeto novo/alternativo que está sendo testado ou outro item está sendo substituído e é tomada a decisão de fazer isso ao mesmo tempo; os dados são vitais para determinar a confiabilidade dos equipamentos, já que contabilizar suspensões, pode leva a erros grosseiros na estimativa dos parâmetros estatísticos como o tempo médio entre falhas (MTBF); (v) criar ordens de serviço separadas para cada equipamento e para cada subsistema ou componente do item de manutenção que é trocado; os componentes que são trocados juntos precisam ser registrados separadamente para que seja fácil verificar quando cada componente foi alterado; (vi) fazer uma revisão que permita contabilizar a diferença entre uma grande reconstrução, trabalho resultante de táticas de manutenção (substituições em intervalos fixos de tempo de vida, monitoramento da condição e inspeções) e trabalho gerado por operadores e mantenedores que não fazem parte de uma tática de manutenção; (vii) embora não seja diretamente necessário para a análise da confiabilidade, um valor correto no campo de custo, bem como acesso a dados sobre custos trabalhistas e tempo de inatividade, pode ser considerado. O custo ajuda a deduzir a ação em uma ordem de serviço (inspeção, pequeno reparo, grande reparo ou alteração) ou o número de partes alteradas se essa

informação não for dada claramente; é possível desenvolver regras que façam a revisão dos dados de custo e outras entradas para que, obviamente, entradas imprecisas sejam detectadas antes do fechamento da ordem de serviço ou como parte de uma auditoria de fim de mês; (viii) deve-se considerar criar relatórios que podem se basear em dados desde planos de manutenção, peças sobressalentes, contratos de manutenção e horas de uso dos equipamentos para que uma imagem mais completa do ativo seja obtida.

Tratando-se de informações, o inventário dos ativos é um dos componentes mais importantes do SGA e deve ser mantido e atualizado periodicamente pela organização. O inventário dos equipamentos do portfólio dos ativos deve estar no ERP, para garantir o sincronismo, a atualização, a confiabilidade, a qualidade e a rastreabilidade de informações; no entanto, enquanto isso não for ajustado com a TI, deve haver um controle externo no Excel, com as informações, separadas entre os grupos (i) identificação do ativo; (ii) informações financeiras; (iii) utilização; (iv) desempenho; (v) criticidade; (vi) riscos e planos de contingenciamento; (vii) requisitos específicos de competência.

A identificação do ativo se trata da ID (identidade) do ativo, número da etiqueta patrimonial, localização, tipo de ativo, função, fabricante, ano de fabricação, data de aquisição, data de entrada em serviço. As informações financeiras são custo de aquisição, custos operacionais, custos de manutenção (incluindo as datas das manutenções e os componentes trocados ou substituídos), valor do ativo, vida útil esperada, depreciação, valor/passivo residual, e quando possível, custos de substituição, custo de descarte, custo do ciclo de vida. Utilização traz relação entre as horas efetivamente utilizadas na produção e as horas disponíveis. Desempenho são os indicadores de confiabilidade, disponibilidade e custos, neste momento. A criticidade é a importância do ativo em relação aos resultados pretendidos. Riscos são os impactos potenciais da falha desse ativo (a probabilidade do evento x o impacto da consequência) e os planos de contingenciamento desse ativo, ou seja, qual equipamento pode substituí-lo para não haver interrupção da produção. Em relação aos requisitos específicos de competência dos ativos, ou seja, dos equipamentos, convém à empresa assegurar que os operadores tenham conhecimento, entendimento, habilidades e experiências necessárias para realizar a sua função, com segurança, e atender aos objetivos operacionais, evitando falhas relacionadas ao erro humano.

O painel de bordo dos ativos traz a identificação, as informações financeiras, com quais objetivos estratégicos ele está relacionado, indicadores gerenciais e operacionais de custos e desempenho. A análise dos riscos que os ativos oferecem, através da severidade (nível da

criticidade, segundo o Quadro 28 (p. 159) e probabilidade, assim como os planos, estão contidos em outra matriz.

5.2.4.1.2 SGA

Ao determinar os requisitos de informações em relação ao SGA, esse trabalho considerou os objetivos organizacionais e os objetivos de GA; as informações requeridas para o desenvolvimento do SAMP e os planos de GA, incluindo informações sobre o ciclo de vida; a identificação, avaliação e gestão de riscos e oportunidades relacionados aos ativos, gestão de ativos e sistema de gestão de ativos; definição de papéis, responsabilidades, os requisitos de competência e as autoridades; os requisitos de informações para avaliação e melhoria de desempenho; a necessidade de priorizar dados e informações; e as informações adequadas requeridas para o desempenho de diferentes níveis dentro da organização.

5.2.4.1.3 Gestão de ativos

Para determinar os requisitos da informação em relação as atividades da GA, esse trabalho considerou os requisitos necessários da liderança (gestores e alta administração), como ela deve comunicar e agir para motivar e engajar os demais colaboradores, para que essa prática resulte em cultura organizacional; também considerou como e onde serão exibidos a política e os objetivos da GA, e a exibição visual do desempenho da gestão de ativos, para ações de melhoria contínua. Também considerou incentivar os colaboradores a darem contribuição sempre que acharem necessário. Sendo o colaborador a pessoa que mais tem contato com o equipamento que opera, é fundamental que ele esteja atento a quaisquer alterações, seja encorajado e tenha a iniciativa para relatá-las (que isso seja uma crença).

5.2.4.2 Informação Documentada

Todos os dados operacionais são lançados no ERP nos módulos PCP, Compras, Faturamento e Financeiro. Enquanto empresa e colaboradores não começarem a usar módulo Manutenção, que geraria os relatórios com os indicadores gerenciais e estratégicos, eles serão realizados no *dashboard* desenvolvido para controle do cumprimento dos objetivos estratégicos.

Cada ativo também terá seu próprio painel de bordo até que seja alinhado com todos os setores, TI, consultor do ERP, entre outros, assim como o painel de bordo com os indicadores

estratégicos e operacionais. Quando o módulo Manutenção for usado adequadamente, será necessário verificar se já existem os relatórios e indicadores requeridos, ou se precisará de uma customização para atender às necessidades da organização.

A Política de GA, impressa, ficará em pontos estratégicos da empresa. A política, o planejamento organizacional, SGI e SAMP estarão disponíveis para leitura na pasta K, com compartilhamento entre alta administração, gestor GA, gestor Qualidade, consultor; e a edição deverá ser comunicada e justificada, com autorização do gestor da GA. O SAMP e o mapa com os ativos críticos que pertencem ao escopo da GA também serão disponibilizados impressos.

A empresa ainda não usa nenhuma das ferramentas que otimizam os dados, como BI, IoT (*Internet of Things*), Governança de Dados, e embora tenha que pensar sobre isso em algum momento, ainda não é agora. Ela deve dar prioridade em treinamentos para uso adequado de seu ERP, que é subutilizado, por desconhecimento.

A Figura 66 mostra o painel de bordo, ou *dashboard*, com objetivos estratégicos organizacionais e da GA, indicadores estratégicos e gerenciais, elaborado pela pesquisadora e consultor. Os indicadores gerenciais devem ser apontados mensalmente, e suas análises críticas serão quadrimestrais; com exceção dos indicadores de custos, que serão anuais.

Figura 66 – Painel de bordo com indicadores organizacionais e gerenciais.

PAINEL DE BORDO															Data Início: 02/01/2020		Data Final: 31/12/2020								
Objetivos	Indicadores Estratégicos	Indicadores Gerenciais	Meta	Jan	Fev	Mar	Abr	1º Quadr.	Mai	Jun	Jul	Ago	2º Quadr.	Set	Out	Nov	Dec	3º Quadr.	Média Anual	Meta 2020	Responsável IG	Responsáveis IE			
4. Adequação e Eficiência dos Ativos	Desempenho dos Ativos Críticos																					Engenharia	GA		
	Confiabilidade																						Engenharia	GA	
		Taxa de Falhas																					Engenharia	GA	
		Tempo Médio entre Falhas (MTBF)																					Engenharia	GA	
		Disponibilidade																					Engenharia	GA	
		Tempo Médio de Reparo (MTTR)																					Engenharia	GA	
		Custos operacionais e de Manutenção																					Financeiro	GA	
			Custo de Manutenção Corretiva por Faturamento	0,50%																		0,50%		Financeiro	GA
			Custo de Manutenção por Faturamento																				Financeiro	GA	
		Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição																				Financeiro	GA		

Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 67 traz o painel de bordo do ativo, com todas as informações relevantes, elaborado pela pesquisadora.

Figura 67 – Painel de bordo com indicadores do ativo.

PAINEL DE BORDO ATIVO													Data Início:	02/01/2020																
													Data Final:	31/12/2020																
Objetivos	Identificação	Informações Financeiras (\$)	Objetivo	Utilização	Indicadores Estratégicos	Indicadores Gerenciais	Indicadores Operacionais	Meta	Jan	Fev	Mar	Abr	1 ^o Quadr.	Mai	Jun	Jul	Ago	2 ^o Quadr.	Set	Out	Nov	Dez	3 ^o Quadr.	Méda Anual	Meta 2020	Responsável	Responsáveis IE			
Ativo X	ID		Produtividade		Desempenho dos Ativos Críticos																						Engenharia	GA		
	Nº etiqueta patrimonial				Confiabilidade																							Engenharia	GA	
	Localização					Taxa de Falhas																						Engenharia	GA	
	Tipo de ativo					Tempo Médio entre Falhas (MTBF)																						Engenharia	GA	
	Função						Cumprimento Plano de Manutenção																					Manutenção	GA	
	Fabricante						Nº de paradas para manutenção corretiva																					Manutenção	GA	
	Ano de fabricação						Nº total de ações de manutenção corretiva																					Manutenção	GA	
	Data de aquisição					Disponibilidade																						Engenharia	GA	
	Data de entrada em serviço						Tempo Médio de Reparo (MTTR)																					Engenharia	GA	
			\$ Aquisição					Horas de set up																				Operador	GA	
			Valor do ativo					Horas de limpeza																				Operador	GA	
			Vida útil esperada					Horas troca de ferramenta																				Operador	GA	
			Depreciação					Horas instrumento de medição																				Operador	GA	
			Valor/passivo residual					Horas de manutenção corretiva																				Operador	GA	
								Outras horas improdutivas																				Operador	GA	
								Nº total de horas improdutivas																				Operador	GA	
								Horas disponíveis																				Operador	GA	
								Horas produtivas																				Operador	GA	
				Horas produtivas / Horas disponíveis																									Produção	GA
							Custos operacionais e de Manutenção																					Produção	GA	
			Custos operacionais (ano)				Custo de Manutenção Corretiva por Faturamento	0,50%																	0,50%			Financeiro	GA	
			Custo totais de manutenção (ano)				Custo de Manutenção por Faturamento																					Financeiro	GA	
			Receita total do equipamento (ano)				Custo de Manutenção pelo Valor de Reposição																					Financeiro	GA	
								Receita do equipamento																				Produção	GA	
								Custos de manutenção corretiva - serviço externo																				Vários	GA	
								Custos de manutenção preventiva - serviço e MD																				Vários	GA	
								Custos de manutenção preventiva - peças																				Vários	GA	
								Custos totais de manutenção																				Vários	GA	
								Custos operacionais																				Produção	GA	
			Custos não qualidade (ano)	Qualidade			Nº peças refugo e retrabalho / Nº peças totais																					Qualidade	GA	
							Nº de peças produzidas																				Operador	GA		
							Nº de refugo																				Operador	GA		
							Nº retrabalho																				Operador	GA		

Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 68 traz a matriz de risco de cada ativo, elaborada pela pesquisadora.

Figura 68 – Matriz de risco do ativo

Criticidade	Ativo X		Objetivo relacionado	PROCESSOS AFETADOS							Ação Proposta	Responsável	Equipamentos que o substituem	Substituto de quais equipamentos	Comentários		
	AVALIAÇÃO DE RISCOS			G. Estratégica	Vendas	Plan. & Produção	G. Aquisição	Armaz & Exped	G. Pessoas	G. Infraestrutura						G. Qualidade	
	Severidade (1-3)	Probabilidade (1-3)															Risco= P x S
Segurança e Ambiente	#VALOR!	4. Adequação e Eficiência dos Ativos 5. Colaboradores qualificados em um ambiente seguro.					X	X			Assegurar que os equipamentos não sejam uma ameaça ao trabalhador e ao meio ambiente (revisões, manutenção, coleta adequada de óleo)	Gestor GA			
Qualidade	#VALOR!	3. Eficiência e Melhoria contínua dos processos do sistema de gestão 2. Desempenho Comercial e Satisfação do Cliente	X						X		Equipamentos eficazes (verificação, calibração)	Gestor GA			
Regime de Trabalho	#VALOR!	4. Adequação e Eficiência dos Ativos		X				X			Planos de contingenciamento para que o ativo passe por manutenções programadas	Gestor GA			
Produção	#VALOR!	4. Adequação e Eficiência dos Ativos 1. Sustentabilidade do Negócio			X			X			Assegurar o desempenho dos ativos; Substituição de parte ou do equipamento para mitigar ou eliminar riscos de falha	Gestor GA			
Frequência	#VALOR!	3. Eficiência e Melhoria contínua dos processos do sistema de gestão 4. Adequação e Eficiência dos Ativos	X		X				X		Assegurar o desempenho dos ativos; Substituição de parte ou do equipamento para mitigar ou eliminar riscos de falha	Gestor GA			
Custo	#VALOR!	1. Sustentabilidade do Negócio	X								Planos de manutenção preventiva para evitar custos com correção	Gestor GA			
	CRITICIDADE DOS PROCESSOS																

Fonte: elaborada pela autora.

6 RESULTADOS

Quanto às questões dessa pesquisa, o trabalho responde como implementar os requisitos 4, 5 e 6 da norma ISO 55001:2014. Também responde à pergunta sobre como construir uma política de gestão de ativos voltada à substituição de equipamentos.

A construção da política de GA demandou a revisão de processos e procedimentos já existentes na organização. Para a construção da política, foi necessário construir um sistema de gestão de ativos alinhado ao planejamento organizacional e integrá-lo ao sistema de gestão de qualidade, resultando em um sistema de gestão integrado. Até que seja auditado e aprovado o SGI, o SGQ deve continuar coexistindo.

Sendo assim, o objetivo principal e os objetivos específicos foram alcançados, já que agora a empresa possui um sistema de gestão de ativos, com os objetivos estratégicos, táticos e operacionais integrados ao planejamento organizacional, e tem definida uma política de gestão de ativos. A pesquisa também mostra o passo a passo de como elaborar e implementar os requisitos 4, 5 e 6 da norma, além de enfatizar a importância da informação e sua gestão à gestão de ativos.

No início da pesquisa, os ativos e a sua gestão eram subestimados no planejamento organizacional. A gestão da infraestrutura era um processo relacionado à estratégia “colaboradores qualificados com recursos adequados em um ambiente seguro e adequado”, e seus únicos indicadores de desempenho eram “cumprimento do plano de manutenção” e “cumprimento do plano de calibração”, o que torna mais evidente, não apenas a falta de uma política sobre como a empresa deveria gerir seus equipamentos produtivos, mas a desvalorização dos principais ativos que geram valor e sustentam todos os outros ativos da organização.

Ao acompanhar o desempenho dos ativos críticos, que são os fatores críticos para o alcance dos objetivos do negócio, a empresa, além de assegurar que eles cumprirão as tarefas requeridas, terá um conjunto de dados que se transformarão nas informações relevantes às tomadas de decisão sobre a substituição de suas máquinas.

Os métodos de análise de substituição descritos nesse trabalho são de fácil compreensão e por isso foram eleitos para fazer parte do processo de tomada de decisão sobre a aquisição de um equipamento ao dar baixa em outro. No entanto, no decorrer do trabalho, houve mudanças de fatores que podem afetar a política de gestão dos ativos, como o aluguel de máquinas novas, que também é uma modalidade de substituição, mas muito recente para esse setor. Essa possibilidade altera a forma como a empresa analisará a aquisição de novas tecnologias, sem

alterar seus planos para a manutenibilidade dos equipamentos críticos. Ao optar pelo aluguel, a empresa terá que fazer estudos diferentes, pois não terá que se endividar a longo prazo e pagará apenas pelas horas de utilização, enquanto que a manutenção é de responsabilidade da fabricante. Como a empresa não precisará investir uma alta quantia na aquisição de novas tecnologias, não precisará também se desfazer do equipamento que será substituído, pois geralmente esse ativo entra como parte do pagamento, e outras possibilidades surgirão. A empresa pode optar por vendê-lo e fazer capital de giro, ou mantê-lo na organização como parte de seus planos de contingenciamento, alugá-lo ou fazer permuta com um dos prestadores de serviços terceirizados.

Durante a pesquisa a empresa começou a buscar novos mercados, com altos volumes de venda e, nesse momento da conclusão da pesquisa, parece ser muito provável que essas parcerias se concretizem, o que demandará mais capacidade produtiva da organização. A capacidade produtiva, inicialmente, não apresentava ameaça aos objetivos organizacionais, mas tão logo começarem os pedidos, a capacidade será afetada, e ela se tornará uma ameaça tanto da perspectiva do cliente, se a empresa não conseguir produzir no prazo, quanto das outras perspectivas da organização. Para produzir mais e dentro do prazo, a empresa precisará de equipamentos mais eficientes, com melhores tecnologias, sendo imperativo que ela saiba analisar criticamente se, quando e como serão realizadas as atualizações de suas máquinas.

A empresa não tinha planos de contingência de suas máquinas quando esse trabalho se iniciou e nesse momento tem planos para todos os seus equipamentos, ou seja, a parada de qualquer máquina não resultará em parada na linha de produção.

Como resultado do trabalho, além da criação de um objetivo e uma estratégia organizacionais diretamente associados à gestão de ativos, o entendimento das partes interessadas deixou de ser apenas sob o ponto de vista dos requisitos dos principais *stakeholders*, e ampliou as expectativas e necessidades de todos os departamentos internos que têm ligação com a GA. Os fatores internos e externos também foram relacionados aos ativos e a sua gestão, com propostas de ações para mitigar os riscos negativos, e ações para assimilar e agregar os riscos positivos. Buscando preencher o *gap* entre as metas de curto e longo prazos, foram criados e alinhados objetivos estratégicos, gerenciais e operacionais para garantir que o desempenho dos ativos crie valor e resulte em desempenho da organização.

Painéis de bordo foram criados para acompanhamento dos resultados dos indicadores estratégicos e gerenciais e visão completa de cada ativo que faz parte do portfólio. Um novo mapa estratégico foi desenhado e o objetivo organizacional “sustentabilidade financeira”

deixou de estar acima de todos os outros objetivos para estar no centro deles, já que a sustentabilidade do negócio só é atingida quando todas as outras metas também o são.

Embora a empresa, em relação as suas informações, tenha migrado do estágio reativo ao estágio preventivo e já tenha realizado uma substituição baseada nos dados e informações que fazem parte das ações conjuntas desse trabalho, ficou claro que a disponibilidade de dados de qualidade ainda é a maior ameaça aos objetivos da GA, já que a empresa continua subutilizando seu ERP, ainda não substituiu seu servidor, e o acesso a alguns dados continua sendo da competência e responsabilidade de apenas um colaborador.

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho surgiu de um problema de substituição e atualização tecnológica que seria estratégico à empresa estudada, mas não pôde ser concluído por falta de dados operacionais. À medida que o trabalho ocorria, ficava claro que não havia na empresa uma política que estabelecia como os seus equipamentos eram geridos e como eram eleitos à substituição; e à medida que as pesquisas se aprofundavam no tema, a descoberta da gestão de ativos e das normas esclareceu qual era o problema da empresa e quais eram as questões dessa pesquisa.

A publicação das normas e especificações foi disruptiva à gestão de ativos. A PAS 55 e as normas ISO 5500X inovaram a forma de gerir os ativos, conectando os dados técnicos aos dados econômicos, o chão de fábrica ao ambiente financeiro, integrando seus processos e suas atividades às outras funções da organização, integrando o seu sistema de gestão aos sistemas de gestão da qualidade, meio ambiente, saúde e segurança e gestão de riscos.

Os fundamentos teóricos, as normas, as ferramentas e metodologias associadas à gestão de ativos, embora condicionados à cultura e peculiaridades de cada organização, são guias no planejamento e implementação desse sistema de gestão. Revisar as limitações, os erros cometidos e os fatores críticos de sucesso na implementação de outras organizações é uma forma de assegurar que os objetivos possam ser atingidos.

Assim como a disponibilidade de dados de qualidade é fator determinante ao sucesso das tomadas de decisões, o sucesso da implementação da gestão de ativos, através dos requisitos da norma ISO 55001:2014, está intrinsecamente ligado à cultura organizacional, integração e comunicação dinâmica entre os departamentos. Apenas o desejo de implementá-la não garantirá os resultados pretendidos.

Limitações da Pesquisa

A principal limitação da pesquisa foi o tempo, pois não pôde acompanhar a operação dos requisitos da norma na empresa estudada.

Pesquisas Futuras

É importante colocar que, embora a pesquisa se encerre com esse trabalho, o processo de consolidação e melhoria na política de gestão dos equipamentos continua na empresa. Será possível realizar a avaliação de desempenho e, portanto, uma análise crítica, a médio prazo, quando a empresa desenvolver os outros requisitos de suporte – recursos, competências, conscientização e comunicação, e implementar efetivamente a Política de GA, o SAMP e as ações para tratar os riscos e as oportunidades de seu novo sistema de gestão. Assim, estudos futuros poderão acompanhar e analisar essa evolução.

Impactos para a Organização

A construção do SGA integrado ao SGQ, do SAMP e da política de gestão de ativos direcionada aos equipamentos passíveis à análise de substituição, em parceria com consultor, gestor e colaboradores, inicia uma nova fase na empresa estudada que, se investir em treinamentos, utilizar de maneira eficaz seu ERP, e cumprir com os processos e procedimentos exigidos pela ISO 55001, pode ser certificada com essa norma, que ainda é incomum nas indústrias de manufatura e talvez inexistente em empresas de médio porte.

Impactos para a Sociedade

Espera-se que essa pesquisa possa orientar outras pequenas e médias empresas, cujos equipamentos são fatores críticos para o sucesso do negócio, assim como dar suporte a empresas de gestão familiar, que não contam com um profissional com competências em gestão de ativos.

Impactos para a Pesquisadora

Por fim, esse trabalho possibilitou à pesquisadora aprender sobre gestão de ativos e expandir seus conhecimentos sobre planejamento estratégico, sistemas de gestão, implementação de normas técnicas, manutenção e engenharia econômica. Como já citada, a implementação da norma independe da escalabilidade da empresa e assim, esse trabalho possibilitará à pesquisadora a chance de elaborar novos estudos, em novas empresas.

REFERÊNCIAS

- ABENSUR, E. O. Um modelo alternativo de otimização para a política de reposição de equipamentos. **Sinergia**, São Paulo, v. 11, n. 2, jul-dez 2010, p. 140-150. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/issue/view/25/44>. Acesso em: 30 de novembro de 2019.
- . A Substituição de Bens de Capital: um Modelo de Otimização sob a Óptica da Engenharia de Produção. **Gestão & Produção**, v. 22, n.3, 2015, p. 525–538. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1690-14>. Acesso em: 29 de novembro de 2019.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 55000**: Gestão de ativos. Rio de Janeiro, 2014.
- . **ISO 55001**: Gestão de ativos: Sistemas de gestão: Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
- . **ISO 55002**: Gestão de ativos Sistemas de gestão: Diretrizes para aplicação da ABNT NBR ISO 55001. Rio de Janeiro, 2014.
- . **ISO 55002**: Gestão de ativos Sistemas de gestão: Diretrizes para aplicação da ABNT NBR ISO 55001. Rio de Janeiro, 2020.
- . **NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- . **ISO 31000**: Gestão de riscos: Diretrizes para aplicação da ABNT NBR ISO 55001. Rio de Janeiro, 2018.
- ABRAMAN. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **PAS 55:2008**: Qualitymark. Rio de Janeiro, 2011.
- . A Situação da Manutenção no Brasil. Documento Nacional 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/105100568-Resultado-do-documento-nacional-2017.html>. Acesso em 13 de junho de 2020.
- ALARCÓN, L. F.; RODRÍGUEZ, A.; MOURGUES, C. Impact of Machine-Failure Costs on Equipment Replacement Policies: Tunneling Company Case Study, **Journal of construction engineering and management**, v. 138, n. 6, 2012, p. 767 -774.
- AL-CHALABI, H.; LUNDBERG, J.; AHMADI, A.; JONSSON, A. Case Study: Model for Economic Lifetime of Drilling Machines in the Swedish Mining Industry, **The Engineering Economist: A Journal Devoted to the Problems of Capital Investment**, v. 60, n. 2, 2015, p. 138-154.
- AL MARZOOQI, F., HUSSAIN, M., AHMAD, S. Performance of physical asset management using the analytic hierarchy process. **Property Management**, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/PM-07-2018-0039>. Acesso em 28 de agosto de 2020.
- ALLEN, G., DERR, R. **Threat Assessment and Risk Analysis**: an applied approach. Waltham: Elsevier, 2016.
- ALSYOUF, I., ALSUWAIDI, M., HAMDAN. S., SHAMSUZZAMAN, M. Impact of ISO 55000 on organisational performance: Evidence from certified UAE firms. **Total Quality**

Management & Business Excellence, v. 29, 2018, p. 1-19. doi: 10.1080/14783363.2018.1537750.

AMCOUNCIL. Asset Management Council. What is asset management? 2014. Disponível em: <https://www.amcouncil.com.au/knowledge/what-is-asset-management.html>. Acesso em: 31 de julho de 2020.

ARGYROUDIS, S., MITOULIS, S.A., WINTER, M., KAYNIA, A.M. Fragility of transport assets exposed to multiple hazards: State-of-the-art review toward infrastructural resilience. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 191, 2019, 106567. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832018315254>. Acesso em: 11 de julho de 2020.

ARTHUR, D., SCHOENMAKER, R., HODKIEWICZ, M., MURUVAN, S. Asset planning performance measurement. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, 2016, p. 79-95.

ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Cadernos de Estudos**, n. 6, São Paulo, 1992. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141392511992000300001&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

———. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2003.

ASSETIVITY. Implementing ISO 55000 - Part 8 - Key Asset Management, 2016. Disponível em: <https://www.assetivity.com.au/article/asset-management/implementing-iso-55000-part-8-key-asset-management-processes.html>. Acesso em 03 de março de 2020.

ASSIS, M. V. B.; PIRATELLI, C. L.; FRANCO, A. L.; MOTA JUNIOR, A. A.; PERES, C. Análise de viabilidade e risco econômico de investimento na modernização de equipamentos em uma empresa de alimentação coletiva. **Anais do XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa, out 2016. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_228_330_29898.pdf. Acesso em: 10 janeiro de 2019.

ASSIS, R. Como avaliar se um equipamento deve ou não ser substituído na perspectiva de um Gestor de Activos. In **CONGRESSO APMI, 1., 2013, Cascais, Anais...** Cascais: Congresso APMI, 2013. p.1-10. Disponível em: http://www.rassis.com/artigos/Manutencao/Artigo_Rui%20Assis_Congresso_APMI_2013.pdf. Acesso em: 04 de agosto de 2020.

ATTWATER, A.; WANG, J.Q.; PARLIKAD, A.; RUSSELL, P. Measuring the performance of asset management systems. In **Proceedings of the Asset Management Conference 2014**, London, 2014, p. 1–6. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266768867_Measuring_the_performance_of_asset_management_systems. Acesso em 13/06/2020.

BAUTISTA, W. C. Technological Infrastructure for Asset Monitoring Systems. **2019 FISE-IEEE/CIGRE Conference - Living the energy Transition (FISE/CIGRE)**, Medellin, Colombia, 2019, p. 1-8. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8984956>. Acesso em 13 de julho de 2020.

BERGMAN, J. J.; NOBLE, J. S.; MCGARVEY, R. G.; BRADLEY, R. A Bayesian Approach to Demand Forecasting for New Equipment Programs. In: **Proceedings of the 25th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2015)**, 25, 2015.

BOUDART, J.; FIGLIOZZI, M. Key Variables Affecting Decisions of Bus Replacement Age and Total Costs, **Journal of the Transportation Research Board**, v.1, n. 2274, 2012, p. 109–113.

BUREAU VERITAS. Apostila de Treinamento ISO 55000:2014, 2019.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. São Paulo: Atlas, 2017.

CESCA, I. G. **Previsão de Custo de Ciclo de Vida e Gestão Econômica de Ativos Físicos de Indústrias do Setor Energético**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo) - Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Campinas, Campinas.

———. Custo de ciclo de vida de equipamentos industriais com programação dinâmica.

Sinergia (IFSP. Online), v. 18, p. 30-34, 2017. Disponível em:

<https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/article/view/158/320>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.

———. A comparison between ae and npv in the replacement problem. **Revista Produção Industrial & Serviços**, 6 (1), 2019, 22-42. Acesso em:

http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/rev_prod/article/view/52400. Acesso em 21 de julho de 2020.

———. Desdobramentos da tomada de decisão em problemas de substituição de equipamentos por meio de funções contínuas e análise não suave. **Revista Produção Online, Florianópolis**, v. 18, n. 3, p. 850-874, 2018. Disponível em:

<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2977>. Acesso em 17 out. 2019.

CESCA, I. G.; NOVAES, D. D. Physical assets replacement: an analytical approach. **arXiv preprint arXiv:1210.3678**, 2012.

CESCA, I. G.; LIMA, G. A. C.; ELIAS JUNIOR, A.; CARVALHO, M. H. Modelo para previsão de custo de ciclo de vida de equipamentos e sua aplicação na gestão de ativos na indústria do petróleo. **Anais do Rio Oil & Gas Expo and Conference 2012**. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/22082939>. Acesso em: 29 de maio de 2019.

CONFORTO, E. C., AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **Anais Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos**, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://vision.ime.usp.br/~acmt/conforto.pdf>. Acesso em 05 de dezembro de 2019.

ELLIOTT, J. et al. **IMPLEMENTATION GUIDE FOR AN ISO 55001 ASSET MANAGEMENT SYSTEM: A Practical Approach for the Road Sector in Europe**. CEDR, Luty, 2017. Disponível em: <https://www.cedr.eu/download/Publications/2017/CEDR->

Contractor-Report-2017-1-Implementation-Guide-for-an-ISO-55001-Management-System.pdf. Acesso em 04 de abril de 2020.

ELYAMANY, A. H; EL-NASHAR, W. Estimating Life Cycle Cost of Improved Field Irrigation Canal, **Water Resour Manage**, v. 30, 2015, p. 99-113.

FANTI, L. D.; DIAS, T. S.; LUCENA, L. P.; REIS, R. A. D.; NASCIMENTO, L. B. O uso das técnicas de valor presente líquido, taxa de interna de retorno e payback descontado: um estudo de viabilidade de investimentos no Grupo Breda Ltda. **Desafio Online**, v. 3, n. 2, jan-abr 2015, p. 1.141-1.157. Disponível em: <http://seer.ufms.br/ojs/index.php/deson/article/view/1251/796>. Acesso em: 22 agosto 2019.

FARINHA, J.T. **Asset Maintenance Engineering Methodologies**, 1st ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018.

FLORIDI, L. **The logic of information: a theory of philosophy as conceptual design**. New York, NY: Oxford University Press, 2019.

FONSECA, Y. D. Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura. **Cadernos de Análise Regional**, v. 1, p. 40-54, 2003. Disponível em http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aM2OIVPKrKMJ:ead2.fgv.br/ls5/centro_rec/docs/tecnicas_avaliacao_investimentos.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 22 agosto 2019.

FUKUYAMA, H. et al. Input–output substitutability and strongly monotonic p-norm least distance DEA measures. **European Journal of Operational Research**, 2014, p. 997-1007.

GFAMAM. Global Forum on Maintenance and Asset Management. **The asset management landscape**, 2014. Disponível em: https://www.gfamam.org/sites/default/files/2019-05/GFAMAMLandscape_SecondEdition_English.pdf. Acesso em 11 de março de 2020.

———. **About us**. 2020. Disponível em: <https://gfamam.org/about>. Acesso em 10 de março de 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZÁLEZ-PRIDA, V.; GUILLÉN, A.; GÓMEZ, J.; CRESPO, A.; DE LA FUENTE, A. An Approach to Quantify Value Provided by an Engineered Asset According to the ISO 5500x Series of Standards. In **Asset Intelligence through Integration and Interoperability and Contemporary Vibration Engineering Technologies**; Springer: Cham, Switzerland, 2018; pp. 189–196

GRANO, C.; ABENSUR, E. Optimization model for vehicle routing and equipment replacement in farm machinery. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 5, set 2017, p. 987-993. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162017000500987&script=sci_arttext. Acesso em: 3 dezembro de 2018.

GUARDIA, E. C. Desenvolvimento de metodologia para cálculo da vida útil de ativos da Distribuição de energia focando a revisão tarifária. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/364>. Acesso em 21 de julho de 2020.

HAIDER, A. **Information Systems for Engineering and Infrastructure Asset Management**. Springer Science & Business Media; 2012.

HAIDER, A., HAIDER, W. Improving engineering asset lifecycle data quality: Setting the rules. **Proceedings of PICMET '13: Technology Management in the IT-Driven Services (PICMET)**, San Jose, CA, 2013, p. 1200-1206.

HANSKI, J., JÄNNES, J., OJANEN, V., VALKOKARI, P. Strategic asset information management: Experiences from finnish companies. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, PartF4, 2016, p. 227-236.

HARTMAN, J. C.; TAN, C. H. Equipment Replacement Analysis: A Literature Review and Directions for Future Research, **The Engineering Economist**, v. 59, n. 2, 2014, p.136-153. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0013791X.2013.862891>. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

HASTINGS, N.A.J. **Physical Asset Management**. Springer: Cham, 2015.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. São Paulo: Atlas, 2018.

HO, M., HODKIEWICZ, M. R., PUN, C. F., PETCHEY, J., LI, Z. Asset Data Quality - A Case Study on Mobile Mining Assets. **Engineering Asset Management - Systems, Professional Practices and Certification**, 2014, p. 335–349. doi:10.1007/978-3-319-09507-3_30

HODKIEWICZ, M. R. The Development of ISO 55000 Series Standards. **Engineering Asset Management - Systems, Professional Practices and Certification**, 2015, p. 427–438.

IAM. **Asset Management - An Anatomy**, 2015. Disponível em: https://theiam.org/media/1781/iam_anatomy_ver3_web.pdf. Acesso em 03 de março de 2020.

———. IAM - The Asset Management Landscape, 2019. Disponível em: <https://theiam.org/knowledge/the-asset-management-landscape/>. Acesso em 31 de janeiro de 2020.

IDC. IDC FutureScape: Worldwide CIO Agenda 2019 Predictions. Disponível em: <https://www.idc.com/research/viewtoc.jsp?containerId=US44390218>. Acesso em: 14/08/2020.

IEEE. Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems, in: **IEEE Std 493-2007 (Revision of IEEE Std 493-1997)**, vol. p.1-383, 2007.

ISO. International Organization for Standardization. Asset Management – ISO, 2017. Disponível em: <https://committee.iso.org/files/live/sites/tc251/files/guidance/Briefing%20Note%20A4%20April%202017%20Rev9%20EN.pdf>. Acesso em 02 de abril de 2020.

———. The new ISO 55002:2018 Guidelines for the application of ISO 55001, 2018.

Disponível em:

<https://committee.iso.org/files/live/sites/tc251/files/guidance/Leaflet%2055002%20A4%20Nov%202018%20EN%20LR.pdf>. Acesso em 02 de abril de 2020.

———. ISO/TS 55010, 2019a. Disponível em:

<https://committee.iso.org/sites/tc251/home/projects/published/isots-55010.html>. Acesso em 02 de abril de 2020.

———. Newsletter for the TC251 Community October 2019, 2019b. Disponível em:

http://www.55000.org.cn/wp-content/uploads/2019/10/ISO-TC251_Newsletter_201909.pdf. Acesso em 02 de abril de 2020.

———. **ISO/TS 55010**: Asset management - Guidance on the alignment of financial and non-financial functions in asset management. Geneva, 2019c.

KAFUKU, J. M. *et al.* Investment Decision Issues from Remanufacturing System Perspective: Literature Review and Further Research. **12th Global Conference on Sustainable Manufacturing – Emerging Potentials**, v. 26, 2015, p. 589-594.

KARDEC, A., ESMERALDO, J., LAFRAIA, J. R. B., NASCIF, J. A. **Gestão de ativos**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014.

KARDEC, A.; NASCIF, J.A. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2017.

KING, T.M., CROWLEY-SWEET, D. Best practice for data quality enables asset management for rail. **IET Conference Publications**, 2014.

KINNUNEN, S.; YLÄ-KUJALA, A.; MARTTONEN-AROLA, S.; KÄRRI, T.; BAGLEE, D. Internet of Things Technologies to Rationalize the Data Acquisition in **Industrial Asset Management**, 2019. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/306344347_Internet_of_Things_Technologies_to_Rationalize_the_Data_Acquisition_in_Industrial_Asset_Management. Acesso em 01 de agosto de 2020.

KONSTANTAKOS, P. C., CHOUNTALAS, P. T., MAGOUTAS, A. I. The Contemporary Landscape of Asset Management Systems. **Quality Access to Success**, v. 20, n. 169, 2019, p. 10-17. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3380765. Acesso em 08 de julho de 2020.

KOOWATTANATIANCHAI, N.; CHARLES, M. B. An Extended Asset Replacement Model: Impacts of Taxation, Inflation and Technological Advancement on Optimal Asset Duration. **INFOR: Information Systems and Operational Research**, v. 53, 2015, p. 178–193.

LAFRAIA, J. R. B. **Vivendo a gestão de ativos: liderança, pessoas, sistemas de gestão de ativos, ativos físicos**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2015.

———. Manual de Gestão de Ativos - Volume 1: Fundamentos. Edição do Kindle, 2020a.

———. Manual de Gestão de Ativos - Volume 2: Certificação. Edição do Kindle, 2020b.

LAFRAIA et al. **Competências do avaliador de gestão de ativos: Preparatório para o Exame CAMA**, v. 2, 2020. ABRAMAM.

LIMA, M. O uso da entrevista na pesquisa empírica in **Métodos de pesquisa em Ciências Sociais: bloco qualitativo**. São Paulo: SESC São Paulo/CEBRAP, 2016, p. 24-41.

LIMA, E. S.; COSTA, A. P. C. S. Improving Asset Management under a Regulatory View. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 190, P. 1- 11. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832019300067?via%3Dihub>. Acesso em 02 de março de 2020.

MADUSANKA, WML E PAD, RAJINI E KMGK, KONARA. Decision Making in Physical Asset Repair / Replacement: A Literature Review. **13ª Conferência Internacional sobre Gestão de Negócios (ICBM)**, University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka, 2016, Disponível em <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2910207>. Acesso em: 01 de agosto de 2020.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. Análise dos custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. **Revista de Ciência&Tecnologia**, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.

MÁRQUEZ, A. C. **The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance**. Springer Science & Business Media, 2007.

MÁRQUEZ, A. C., MACCHI, M., PARLIKAD A.K. Fundamental Concepts and Framework. In: MÁRQUEZ, A.C., MACCHI, M., PARLIKAD, A. (eds) **Value Based and Intelligent Asset Management**. Springer, Cham, 2020a. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20704-5_4. Acesso em 13 de julho de 2020.

MÁRQUEZ, A. C. et al. Defining Asset Health Indicators (AHI) to Support Complex Assets Maintenance and Replacement Strategies. A Generic Procedure to Assess Assets Deterioration. In: MÁRQUEZ, A.C., MACCHI, M., PARLIKAD, A. (eds) **Value Based and Intelligent Asset Management**. Springer, Cham, 2020b. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20704-5_4. Acesso em 13 de julho de 2020.

MATTOS, P. L. C. L. de. A entrevista não estruturada como forma de conversação: razões e sugestões para sua análise. **Revista de Administração Pública (RAP)**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 4, 2005. p. 823-847. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6789/5371>. Acesso em 25/08/2020.

MCGRAIL, A. J. Asset management: Data and decision. **IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies**, Perth, WA, 2011, pp. 1-5.

MEIRELLES, A.P.L. **Gestão de ativos técnicos: uma abordagem à ISO 55001 na perspectiva do ciclo de vida útil: concetualização do modelo**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Coimbra: Portugal. Disponível em:

<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/25345/1/Ana-Paula-Leitao-Meireles.pdf>. Acesso em: 13 de dezembro de 2019.

MENEZES, G. S.; SANTOS, M. M. N.; CHAVES, G. L. D. O pilar manutenção planejada da manutenção produtiva total (TPM): aplicação da manutenção centrada em confiabilidade (RCM). *Revista Gestão Industrial*, V. 11, N. 4, 2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/3004/2477>. Acesso em 04 de abril de 2020.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para a sua condução. *Prod.*, v. 17, p. 216-229, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000100015&lng=en&nrm=iso. Acesso em 18 de maio de 2019.

MINNAAR, J.R., BASSON, W., VLOK, P.J. Quantitative methods required for implementing pas 55 or the ISO 55000 series for asset management. **South African Journal of Industrial Engineering**, 24 (3), 2013, p. 98-111.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **Manutenção: custos da não-eficácia - a vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1993.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.

MURTY, A. S. R.; NAIKAN, V. N. A. **Availability and Maintenance Cost Optimization of a Production Plant**. *International journal of quality & Reability Management*, Cambridge, v. 12, n. 2, p. 28-35, 1995.

NAIR, S. K.; HOPP, W. J. A model for equipment replacement due to technological obsolescence. **European Journal of Operational Research**, North Holland, v. 63, n. 3, 1992, p. 207-221. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.484.9680&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 29 de novembro de 2019.

NOWAKOWSKI, T., TUBIS, A., AND WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, S. ISO 55001 and difficulties of its implementation in polish enterprises. **Journal of Konbin**, vol. 42, no. 1, p. 209–234, 2017. <https://doi.org/10.1515/jok-2017-0026>.

O'HANLON, T. The three laws of asset management. **Plant Engineering**, 68 (6), 2014, p. 26-27.

PAIS, J.; FARINHA, J.; RAPOSO, H. ISO 55001 – Gestão de Activos. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339363909_ISO_55001_-_Gestao_de_Activos. Acesso em: 13 de julho de 2020.

PANEGOSSI, A. C. G.; SILVA, E. C. C. Substituição de equipamentos: estudo de caso em uma indústria do setor metal mecânico do interior do Estado de São Paulo. **IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, PA, 2019. Disponível em: http://aprepro.org.br/combrepro/2019/anais/arquivos/10162019_121056_5da73d503a1f9.pdf. Acesso em 13 de junho de 2020.

PARIS, D.S., SEVERINO, M.S. The importance of ISO 55000 in small and medium sized enterprises. **ISEC 2017 - 9th International Structural Engineering and Construction Conference: Resilient Structures and Sustainable Construction**, 2017.

POLENGHI, A., RODA, I., MACCHI, M., TRUCCO, P. Risk Sources Affecting the Asset Management Decision-Making Process in Manufacturing: A Systematic Review of the Literature. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, 566, 2019, p. 274-282.

PORTER, M. E. What is strategy? **Harvard Business Review**, 1996, p. 1–19.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E, C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. E-book. 2a edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 9 de setembro de 2019.

RAMAMURTHY, A. Data integration- Jefferson County’s journey to compile, track, and report on key performance indicators (KPI). **WEFTEC 2016 - 89th Water Environment Federation Annual Technical Exhibition and Conference**, 9, 2016, p. 4271-4284.

RAUSAND, M.; HAUGEN, S. **Risk Assessment: Theory, Methods, and Application**. NJ: JohnWiley & Sons, 2020.

RICHARDSON, S. et al. Optimised asset replacement strategy in the presence of lead time uncertainty, **International Journal of Production Economics**, v. 141, n. 2, 2013, p. 659 - 667.

RODA, I., GARETTI, M. Application of a Performance-Driven Total Cost of Ownership (TCO) Evaluation Model for Physical Asset Management. In: MÁRQUEZ A. C., MACCHI M., PARLIKAD A. (eds) **Value Based and Intelligent Asset Management**. Springer, Cham, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20704-5_3. Acesso em 13 de julho de 2020.

RODA I., PARLIKAD A.K., MACCHI M., GARETTI M. A Framework for Implementing Value-Based Approach in Asset Management. In: KOSKINEN K. et al. (eds) **Proceedings of the 10th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2015). Lecture Notes in Mechanical Engineering**. Springer, Cham, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27064-7_47. Acesso em 14 de junho de 2020.

ROIZ, G. A. **Análise da substituição de ativos com base em variáveis de confiabilidade e sustentabilidade: uma aplicação DEA**. 2016. Dissertação (Mestrado em Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SOMIA ALFATIH, M.S., LEONG, M., HEE, L. M. Definition of Engineering Asset Management: **A Review. Applied Mechanics and Materials**, v. 773–774, 2015. p. 794–798. Disponível em: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.773-774.794>. Acesso em 14/08/2020.

SPRUIT, M., LINDEN, V.V. **BIDQI: The Business Impacts of Data Quality Interdependencies Model**. 2019. Disponível em: <http://www.cs.uu.nl/research/techreps/repo/CS-2019/2019-001.pdf>. Acesso em: 16/08/2020.

STOUFFER, K.; PILLITTERI, V.; LIGHTMAN, S.; ABRAMS, M.; HAHN, A. **Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security**. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology Special Publication, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.800-82r2>. Acesso em 11 de julho de 2020.

STORTTE, J. M. C.; JACOMETTI, M. Aplicação do custo anual uniforme equivalente na identificação do momento ótimo para a substituição de uma colhedora de cana-de-açúcar. **Anais do XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa, out 2016. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_228_330_28855.pdf. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

SYED, Z., LAWRYSHYN, Y. Multi-criteria decision-making considering risk and uncertainty in physical asset management. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, 65, 2020.

TELES, J. **Indicadores de Manutenção: Conheça os principais KPI's para Gestão da Manutenção**, 2016. Disponível em: <https://engeteles.com.br/indicadores-de-manutencao/>. Acesso em 13 de junho de 2020.

THERON, E. **An integrated framework for the management of strategic physical asset repair/replace decisions**. Doctoral dissertation, Faculty of Engineering at Stellenbosch University Department of Industrial Engineering, University of Stellenbosch, 2016.

TOLEDO, R. Governança e Qualidade de Dados. **Revista IIMA**, v.70, 2018, p. 28-39. Disponível em: https://issuu.com/docmanagement/docs/70_revista_information_management. Acesso em 14/08/2020.

TORRES, O. F. F. **Substituição e reposição de equipamento**. In: CONTADOR, J, C. **Gestão de Operações**. São Paulo: Blucher, 2010.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Apostila do curso de especialização em Qualidade e Produtividade. Itajubá, 2012. Universidade Federal de Itajubá. Disponível em: http://www.marco.eng.br/adm-organizacao-I/Apostila_Metodologia_Completa_2012_%20UNIFEI.pdf. Acesso em: 20 de dezembro de 2019.

VALVERDE, S. R.; RESENDE, J. L. P. Substituição de máquinas e equipamentos: métodos e aplicações. **Revista Árvore**, v. 21, n. 3, 1997, p. 353-364. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=qj6aAAAIAAJ>. Acesso em: 29 de novembro de 2019.

VEGA, R. D. L.; ABENSUR, E. O. Um modelo de roteamento de veículos aplicado à decisão de substituição de equipamentos: um estudo de caso do mercado automobilístico brasileiro. **Anais do 34º Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba, PR, 2014.

Disponível em:

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_197_114_23427.pdf. Acesso em 30 de novembro de 2019.

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

VIEHS, M.; CLARK, G.; FEINER, A. From The Stockholder To The Stakeholder - How Sustainability Can Drive Financial Outperformance. **SSRN Electronic Journal**, 2014.

Disponível em? https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2508281. Acesso em 08 de julho de 2020.

VISSER, J.K.; BOTHA, T.A. Evaluation of the importance of the 39 subjects defined by the global forum for maintenance and asset management. **S. Afr. J. Ind. Eng.**, Pretoria, v. 26, n. 1, p. 44-58, 2015. Disponível em:

http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902015000100005&lng=en&nrm=iso. Acesso em 31 de agosto de 2020.

WARSCHAUER, C. L. Engenharia econômica. In: CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações**. São Paulo: Blucher, 2010.

WIJNIA, Y. Towards quantification of asset management optimality. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, 2016, p. 663-670.

WIJNIA, Y., DE CROON, J. The asset management process reference model for infrastructures. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, 1, 2015, p. 447-457.

WOODHOUSE, J. **Asset management decision-making: The SALVO process**. Hampshire, UK: The Woodhouse Partnership Ltd, 2014.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZAMPOLLI, M et al. **Gestão de ativos: guia para aplicação da Norma ABNT NBR ISO 55001**. International Copper Association Brazil. Disponível em:

<http://www.abcobre.org.br/uploads/conteudo/conteudo/2020/01/5pgSV/gestao-de-ativos-guia-para-aplicacao-da-norma-abnt-nbr-iso-550001.pdf>. Acesso em 02 de abril de 2020.

———. **Gestão de ativos: guia para a aplicação da norma ABNT NBR ISO 55001 considerando as diretrizes da ISO 55002:2018**. International Copper Association Brazil. 2 ed. Disponível em: <https://www.leonardo-energy.org.br/wp-content/uploads/2019/10/gestao-de-ativos-guia-para-a-aplicacao-da-iso-55001.pdf>. Acesso em: 4 de dezembro de 2019.

ZHANG X., XIANG S. Data Quality, Analytics, and Privacy in Big Data. In: HASSANIEN A., AZAR A., SNASAEL V., KACPRZYK J., ABAWAJY J. **Big Data in Complex Systems**. Studies in Big Data, v. 9, 2015, p. 393-418. Springer, Cham.