UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MATHEUS ABREU BITTENCOURT

GESTÃO DE ESTOQUE: UMA PESQUISA-AÇÃO EM UMA PRESTADORA DE SERVIÇOS DE MINERAÇÃO E CONSTRUÇÃO PESADA

JUIZ DE FORA
2022

MATHEUS ABREU BITTENCOURT

GESTÃO DE ESTOQUE: UMA PESQUISA-AÇÃO EM UMA PRESTADORA DE SERVIÇOS DE MINERAÇÃO E CONSTRUÇÃO PESADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Malheiros Moreira Filho

JUIZ DE FORA

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Bittencourt, Matheus Abreu.
Gestão de Estoque: uma pesquisa-ação em uma prestadora de serviços de mineração e construção pesada. / Matheus Abreu Bittencourt. -- 2022.
71 p. : il.

Orientador: Roberto Malheiros Moreira Filho
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2022.

1. Gestão de Estoque. 2. Nível de Serviço. 3. Peças de Reposição. I. Moreira Filho, Roberto Malheiros, orient. II. Título.

MATHEUS ABREU BITTENCOURT

GESTÃO DE ESTOQUE: UMA PESQUISA AÇÃO EM UMA PRESTADORA DE SERVIÇOS DE MINERAÇÃO E CONSTRUÇÃO PESADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovado em 01 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc., Roberto Malheiros Moreira Filho

Universidade Federal de Juiz de Fora

p/

D. Sc., Clarice Breviglieri Porto

Universidade Federal de Juiz de Fora

p/

D. Sc., Eduardo Breviglieri Pereira de Castro

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Dedico esta conquista a toda minha família e a todas as pessoas que torcem por mim. Agradeço à minha mãe, Simone, por todo carinho, amizade e amor incondicional. Ao meu pai, Gumercindo *(in memoriam)* – que serei eternamente grato – , por ter proporcionado as melhores condições e oportunidades possíveis na minha vida para chegar até aqui e ir além. E as minhas irmãs, Fernanda e Cristiane, pela confiança e apoio.

Em especial, agradeço à minha companheira de vida, Maria Gabriela, por ter sido a grande propulsora da realização deste sonho. Agradeço por todos os conselhos pelos quase nove anos em que estamos juntos, pelo amor, pela compreensão e por ter permanecido ao meu lado nos momentos mais difíceis e desafiadores.

Agradeço aos meus queridos avós *(in memoriam)* por todo suporte, carinho e ensinamentos ao longo da vida. E ao meu tio, Fernando, pelo incentivo e apoio durante a jornada.

Agradeço à GR Company pela primeira oportunidade profissional e por todas as grandes responsabilidades que tive dentro da empresa.

Agradeço à U&M pela oportunidade de realização deste trabalho e por todo o aprendizado até aqui. Muito obrigado, Luciana, Gustavo, Luan e Ivo, por toda a confiança depositada no desempenho das minhas atividades.

Agradeço aos meus amigos que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento e por todas as experiências compartilhadas.

Agradeço à Universidade pelo curso de excelência e por todas as oportunidades nos segmentos acadêmicos: SEEPRO, GET Produção e CRITT.

Por fim, agradeço aos meus professores pelo compromisso e dedicação com o ensino de qualidade. Em especial, ao meu orientador, professor Roberto Malheiros, pela atenção e norteamento na execução deste trabalho.

“A única maneira de fazer um excelente trabalho é amar o que você faz”

Steve Jobs

RESUMO

A gestão de estoque assume um papel fundamental dentro da administração empresarial e pode representar o sucesso de uma organização ao impactar diretamente seus resultados financeiros e operacionais. Diante disso, este trabalho foi desenvolvido em uma empresa de grande porte prestadora de serviços de mineração e construção, que é impactada negativamente pela falta de peças em estoque em função da consequente indisponibilidade de suas máquinas e equipamentos geradores de receita. Dessa forma, o presente estudo visa analisar o modelo de gestão de estoque adotado pela empresa no controle das suas peças de reposição, buscando identificar oportunidades de melhoria e propor soluções para melhorar o nível de serviço, otimizar o capital empregado e apoiar à tomada de decisões estratégicas de estoque. A partir da análise crítica do modelo de gestão, da análise dos dados e do estudo teórico acerca do tema, foi possível identificar oportunidades de melhoria que foram propostas e executadas com uma participação planejada do autor. Com isso, o trabalho é classificado em aplicado, exploratório, quantitativo e se caracteriza como uma pesquisa-ação. Após a implantação das modificações sugeridas, os indicadores de desempenho foram estruturados para um melhor gerenciamento e os resultados de curto prazo demonstraram que a disponibilidade de peças de reposição em estoque aumentou, sendo possível notar na prática o clássico *trade-off* entre custos de estoque e nível de serviço. Além disso, o trabalho iniciou um processo de mudança cultural na gestão de materiais da empresa, sendo proposta a expansão dos conceitos aplicados para todas as demais unidades da organização. Para o primeiro trimestre de 2022, a expectativa é que o conjunto das atividades desenvolvidas impacte positivamente o estoque médio, a cobertura e o giro de estoque.

Palavras-chave: Gestão de Estoque, Nível de Serviço, Peças de Reposição.

ABSTRACT

Inventory management assumes a fundamental role within business administration and can represent the success of an organization by directly impacting in its financial and operational results. Therefore, this work was developed in a large company that provides mining and construction services, which is negatively impacted by the lack of parts in stock due to the consequent unavailability of its revenue generating machines and equipment. In this way, this study aims to analyze the inventory management model adopted by the company in the control of its spare parts, seeking to identify opportunities for improvement and propose solutions to improve the service level, optimize the capital invested and support decision making inventory strategies. From the critical analysis of the management model, data analysis and theoretical study on the subject, it was possible to identify opportunities for improvement that were proposed and executed with a planned participation of the author. With this, the work is classified as applied, exploratory, quantitative and is characterized as an action research. After the implementation of the suggested modifications, the performance indicators were structured for a better management and the short-term results showed that the availability of spare parts in stock increased, being possible to notice in practice the classic trade-off between inventory costs and service level. In addition, the work initiated a process of cultural change in the materials management at the company, with a proposal to expand the applied concepts to all other units of the organization. For the coming months, the expectation is that the set of activities developed will have a positive impact on inventory in terms of value, coverage and turnover.

Keywords: Inventory Management, Service Level, Spare Parts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: custos totais e quantidade mantida em estoque. 28
Figura 2: esquematização da distribuição da curva ABC. 30
Figura 3: ciclo de reposição do estoque. 35
Figura 4: modelo de revisão contínua. 36
Figura 5: modelo de revisão periódica. 38
Figura 6: estratégias de gerenciamento de estoques. 41
Figura 7: cronograma das ações realizadas. 47
Figura 8: nível de serviço das peças de reposição automática no depósito geral. 49
Figura 9: teste de normalidade *Anderson-Darling* para a demanda agregada. 50
Figura 10: nível de serviço pós aplicação do estoque de segurança. 51
Figura 11: variabilidade no tempo de ressuprimento por material para o fornecedor A. 52
Figura 12: variabilidade no tempo de ressuprimento por material para o fornecedor B. 52
Figura 13: variabilidade no tempo de ressuprimento por material para o fornecedor C. 52
Figura 14: antes e depois do ajuste no fluxo de atendimento à demanda U&M. 57
Figura 15: nível de serviço anual e quantidade de requisições totais e atendidas. 59
Figura 16: estoque médio DPGE e consumo anual. 60
Figura 17: cobertura de estoque. 61
Figura 18: giro de estoque. 61
Figura 19: nível de estoque trimestral. 62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: tipos de estoques e suas funções. 25
Quadro 2: critérios de classificação de materiais. 29
Quadro 3: classificação combinada e sua definição. 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: classificação ABC por parcela de valor total dos materiais. 30
Tabela 2: relação entre o nível e fator de serviço (k). 33
Tabela 3: tempo médio de entrega do fornecedor por peça. 48
Tabela 4: classificação de todos os materiais consumidos pela U&M. 54
Tabela 5: classificação dos itens de reposição automática no depósito geral. 54
Tabela 6: nível de serviço U&M por classificação de material. 55

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

JIT – *Just in Time*

WMS – *Warehouse Management System*

CD – Centro de Distribuição

SKU – *Stock Keeping Unit*

DPOS – Depósito de Ordens de Serviço

DPMG – Depósito de Mangueiras Hidráulicas

DPPU – Depósito de Peças Usadas

DPGE – Depósito Geral

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 15
1.2 JUSTIFICATIVA 17
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 18
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 20
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 20
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 21

2. REVISÃO DE LITERATURA 23

2.1 LOGÍSTICA E GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS 23
2.2 ESTOQUES 24
2.3 GESTÃO DE ESTOQUES 26
2.4 CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS 28
2.4.1 CLASSIFICAÇÃO ABC 29
2.4.2 CLASSIFICAÇÃO PQR 30
2.5 ESTOQUE DE SEGURANÇA 31
2.6 TESTE DE NORMALIDADE DE DEMANDA 34
2.7 MODELOS DE CONTROLE DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO 34
2.7.1 MODELO DE REVISÃO CONTÍNUA 35
2.7.2 MODELO DE REVISÃO PERIÓDICA 37
2.7.3 MODELO HÍBRIDO 38
2.8 INDICADORES DE DESEMPENHO 39
2.8.1 ESTOQUE MÉDIO 39
2.8.2 GIRO DE ESTOQUE 39
2.8.3 COBERTURA DE ESTOQUE 40
2.9 ALOCAÇÃO DOS ESTOQUES 40

3. DESENVOLVIMENTO 43

3.1 DESCRIÇÃO DO PROTOCOLO DE PESQUISA 43
3.2 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE 44
3.3 PROCESSO DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUE 45
3.4 ANÁLISE DO PROBLEMA 46
3.5 ETAPAS DA PESQUISA-AÇÃO 47
3.5.1 LEAD TIME POR MATERIAL 48
3.5.2 ESTOQUE DE SEGURANÇA SEM INCERTEZA DE LEAD TIME 49
3.5.3 ESTOQUE DE SEGURANÇA COM INCERTEZA DE LEAD TIME 51
3.5.4 NÍVEL DE SERVIÇO SEGREGADO PELA CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS 53
3.5.5 INDICADOR DE ALOCAÇÃO DE ESTOQUES 55
3.5.6 AJUSTE NO PROCESSO DE ATENDIMENTO ÀS REQUISIÇÕES 56
3.6 DIFICULDADES ENCONTRADAS 57

4. RESULTADOS 59

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS 59
4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 62

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 65

REFERÊNCIAS 67

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE 72

ANEXO B – DECLARAÇÃO DA EMPRESA 73

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil é um dos maiores produtores de minério do mundo, detendo uma parcela considerável de insumos para o mercado mundial (CARDOSO, 2021). Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), em 2021, além de se destacar na produção, o Brasil ocupou uma posição de destaque no cenário global também pelas reservas que possui e pelo seu representativo potencial para crescimento.

Em 2020, apesar das incertezas geradas pelo efeito pandemia, o faturamento do setor mineral no Brasil atingiu R$209 bilhões, sendo 36% maior em relação a 2019, resultado do aumento da produção mineral e do preço das *commodities* (IBRAM, 2021). No aspecto da balança comercial, o crescimento das exportações foi de 2% em relação a 2019, porém o Brasil importou 30% a menos, trazendo a contribuição expressiva de mais de 62% para o saldo positivo da balança comercial do país (IBRAM, 2021), reforçando a mineração como um dos pilares da sustentação econômica brasileira (PINHEIRO, 2011).

Do ponto de vista dos investimentos no setor, as expectativas para o período compreendido entre 2020 e 2024 saltaram de US$ 34,5 bilhões em janeiro de 2020 para US$ 38 bilhões em dezembro de 2020, sendo Minas Gerais, Bahia e Pará os estados com os maiores percentuais sobre esse valor (IBRAM, 2021). Na geração de empregos, o relatório do IBRAM (2021) demonstrou que o setor empregou diretamente mais de 10 mil pessoas entre dezembro de 2019 e abril de 2021, o que é significativo pelo fator multiplicador de 1:11 na geração de empregos da indústria.

De acordo com o Plano Nacional de Mineração 2030 (BRASIL, 2010), caso os investimentos previstos se concretizem, a produção para alguns minerais deverá crescer de três a cinco vezes. Esse cenário atrelado ao aumento da competitividade no mercado e diante da necessidade de oferecer um serviço ou produto de alto desempenho com custo mínimo, exige que a cadeia de suprimentos de uma empresa seja a mais otimizada e integrada possível (ÂNGELO, 2005).

Dentro da logística empresarial, um dos instrumentos que buscam a eficiência da cadeia produtiva é a gestão de estoque (ROSA *et al.*, 2020). Os estoques são benéficos por reduzirem o tempo de espera do cliente, evitarem a interrupção dos processos e reduzirem as incertezas do ambiente de fornecimento (GRANT, 2013). Segundo Ballou (2006), os estoques

contribuem para a redução do custo operacional ao permitirem a economia nas compras por meio da negociação de maiores quantidades de produto e por manterem um nível de atendimento à demanda equilibrado.

No entanto, apesar dos benefícios do estoque, sua gestão tem sido a grande preocupação da administração (MARTINS; ALT, 2009). Slack *et al.* (2009) definem os estoques como acumulações de recursos materiais, processados ou não. Porém, da mesma maneira que a falta de itens tem impactos negativos na operação realizada, o excesso representa perdas financeiras, pois, de acordo com Martins e Alt (2009), estoque é investimento contabilizado como parte do capital da empresa.

Segundo Christopher (2018), os estoques podem superar 50% do ativo circulante de uma empresa. Com isso, a necessidade de um bom gerenciamento dos estoques assume um papel estratégico, buscando minimizar o capital total investido ao definir níveis ideais de estoque, sem que a empresa interrompa suas operações, se mantendo capaz de oferecer um produto ou serviço de qualidade.

Em um estudo realizado por Cardoso *et al.* (2020), que relaciona a gestão de estoque com o desempenho das empresas brasileiras não financeiras listadas na B3, a conclusão demonstrou que há um nível ideal de estoque e desempenho na perspectiva da rentabilidade, o que permite as empresas otimizarem a gestão dos ativos de curto prazo. Segundo os autores, os níveis mais altos de estoque resultam em baixo giro de estoque, políticas de créditos alongadas e custos de oportunidades perdidas, que culminam na queda do desempenho.

De acordo com Wanke (2011), os estoques de peças de reposição em empresas orientadas a prestação de serviço podem representar um significativo investimento de capital. Segundo o autor, os custos anuais de peças de reposição relacionados aos custos de oportunidade, armazenamento, seguro, depreciação e movimentação representam entre 25 e 35% do valor contábil da totalidade dos estoques de uma empresa típica.

Para evidenciar a importância de uma estratégia adequada de estoques, com a aplicação do *Just in Time (JIT)*, por exemplo, a Toyota e a Honda assumiram a liderança da indústria automobilística em rentabilidade e qualidade (AKTOUF, 2007). Diante desse sucesso, empresas de diversos setores como Nike, General Motors, Embraer e Zara começaram a replicar essa filosofia de gerenciamento da cadeia de suprimentos visando obter as vantagens de custo (MINADEO, 2012), uma vez que com a coordenação adequada de suprimentos e demanda os estoques podem ser reduzidos ou eliminados (GRANT, 2013).

De maneira semelhante, um estudo realizado por Janfrone e Campos (2020) em uma indústria do ramo metalúrgico, demonstrou que o estoque de peças de reposição é um fator determinante para o desempenho empresarial. Segundo os autores, a implantação do estoque desses materiais proporcionou um aumento de produtividade ligado diretamente a maior disponibilidade dos ativos ao reduzir as horas de máquina parada, que, por consequência, acarretaram melhorias no atendimento aos prazos de entrega e nos resultados corporativos. Porém, destacaram ainda, a necessidade da gestão eficiente desses materiais ao identificarem que manter itens de baixo giro e alto valor agregado em estoque não seria lucrativo e, portanto, inviável para a organização.

Diante do exposto, uma boa política de estoques pode representar o sucesso da empresa frente ao cenário competitivo, impactando os resultados da organização ao garantir mais confiabilidade e qualidade ao seu produto ou serviço (CARDOSO *et al.*, 2020). Dessa maneira, o presente trabalho analisou o modelo de gestão de estoque utilizado por uma empresa prestadora de serviços de mineração e construção pesada no controle de peças de reposição que são demandados em reformas e manutenções da sua frota de máquinas e equipamentos.

Sendo assim, buscou-se avaliar os processos e a política de reposição de estoque adotada pela empresa fazendo uso de uma abordagem quantitativa com aplicação de métodos presentes na literatura que conduzam a resultados práticos e objetivos. Dessa forma, o estudo contribuiu para um melhor gerenciamento do estoque, garantindo o apoio à decisão e impactando culturalmente a organização.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), a logística é uma das dez principais áreas de atuação desse engenheiro, que deve ser capaz de aplicar técnicas, conhecimentos especializados e métodos de análise para solucionar problemas relacionados a transporte, movimentação e estoque com o objetivo de reduzir custos, atingir os níveis desejados de exigência do cliente e otimizar recursos e processos.

Dentro desse cenário, as empresas enfrentam o chamado “enigma do estoque” na tentativa de encontrar o equilíbrio entre custo e disponibilidade do material (GRANT, 2013). Além disso, como o estoque representa a imobilização do capital de giro por um período, é, portanto, um fator potencial de geração de lucro e retorno do investimento principalmente dentro de um mercado cada vez mais agressivo e competitivo. Sendo assim, a gestão de

estoques assume um papel fundamental dentro da organização, incentivando que os processos sejam repensados visando a vantagem competitiva e o aperfeiçoamento do resultado financeiro e operacional (PORTER, 1989), especialmente diante do cenário de expectativas de crescimento do setor de mineração nos próximos anos.

Para Silva e Madeira (2004), se tratando da visão contábil, os estoques são extremamente relevantes para as empresas por representarem sua riqueza ou a facilidade de gerá-la. Segundo as autoras, dentro da abordagem econômica é considerado que, além da imobilização do capital, existem custos associados à manutenção dos estoques que afetam o lucro da empresa, sendo eles: capital, armazenagem, movimentação, obsolescência, seguros e outros. As autoras mencionam que normalmente se trata de um valor muito representativo no balanço e ter um alto índice de rotação dos estoques é um fator fundamental para reduzir a necessidade de investimento em capital de giro. Dessa maneira, seu gerenciamento adequado assume um papel fundamental para a gestão empresarial.

Ainda de acordo com a ABEPRO, compete a um Engenheiro de Produção especificar, prever e avaliar os resultados obtidos dentro de um sistema com o suporte de conhecimentos especializados e métodos de análise e engenharia. No caso da empresa de realização deste estudo, a falta de indicadores de desempenho definidos e estruturados para o apoio à tomada de decisões de estoques e a não aplicação do estoque de segurança no cálculo dos parâmetros de ressuprimento foram algumas das oportunidades de melhorias identificadas. Com isso e diante da possibilidade de desenvolvimento e aplicação de técnicas e habilidades demandadas do Engenheiro de Produção, o tema em questão foi escolhido.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta uma pesquisa-ação realizada em uma empresa de grande porte atuante no setor de mineração e construção pesada, denominada U&M Mineração e Construção Pesada S/A. A empresa oferece serviços em operações e implantação de minas e transporte de materiais atuando em regiões remotas. Possui uma frota de equipamentos de ponta para realização dos serviços, em especial escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira e caminhões fora de estrada. Atualmente, possui contrato para prestação de serviços em 10 operações distribuídas em 4 estados do Brasil e conta com 2 centros de apoio as operações, aqui denominados de Central e Almoxarifado Norte.

Em função da sua frota variada de equipamentos, a empresa possui um estoque de apoio em cada operação visando suprir a demanda local de manutenção preventiva, corretiva e de demais itens críticos. Dessa maneira, é capaz de aumentar a qualidade do serviço prestado em um ambiente que conta com elevados tempos de entrega dos fornecedores e alta variabilidade de demanda entre as operações, que pode sofrer influência do tipo de obra, tipo de frota, tipo de solo, normas específicas e regras de contrato com o cliente.

Já nos centros de apoio, cada um deles possui um estoque com o objetivo de atender a demanda interna das suas oficinas – que são responsáveis pela reforma e reparo de equipamentos e componentes da frota –, além de buscar suprir as demandas de cada operação mediante a necessidade. No caso da Central, é por onde chegam todos os itens que são importados, independentemente do local de aplicação do item, seja para consumo na operação ou no próprio centro de apoio.

Dessa maneira, o trabalho foi desenvolvido na gerência de logística e suprimentos da empresa, na área responsável pela administração do estoque. O estudo se limitou a analisar o processo de gestão das peças de reposição automática – segregados em peças originais e consumíveis de oficina. Essas peças possuem o estoque gerenciado via parametrizações de ressuprimento no cadastro do material no sistema de gestão empresarial (SAP).

O estudo do modelo de gestão e das políticas de reposição, seus processos e indicadores ficou restrito aos materiais mantidos em um depósito específico da Central, aqui denominado de depósito geral (DPGE). Não teve como foco estudar os materiais mantidos em estoque para demandas específicas ou que não possuem as parametrizações de ressuprimento automático cadastradas, embora sejam armazenados no armazém principal. Além disso, a análise de materiais na perspectiva de demanda se deu numa visão local para os itens nacionais e geral para os itens importados.

O estudo conduziu as análises se sustentando sobre métodos numéricos e ferramentas de estatística para compreender o comportamento dos materiais, suas características e traçar os níveis ideais de estoque. Para isso, utilizou a base de dados do módulo de materiais do sistema de gestão empresarial utilizado pela empresa. Nesse caso, as transações específicas que foram utilizadas estão restritas a estoque, movimentação de materiais e compras.

Por fim, a análise dos dados foi feita a partir do dia 1° de janeiro de 2020, com o intuito de se beneficiar do índice de acuracidade do estoque obtido a partir da referida data, em função do sucesso da implantação do *Warehouse Management System* (WMS) ou Sistema de Gerenciamento de Armazéns, que foi plenamente estabelecido no segundo semestre de 2019.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho consistiu em identificar pontos de melhoria e propor soluções no modelo de gerenciamento de estoque adotado pela U&M, que estejam atrelados aos processos de monitoramento, ressuprimento e atendimento à demanda. De maneira geral, o estoque foi analisado buscando compreender a importância econômica e operacional dos materiais, propondo o dimensionamento ideal do estoque das peças de reposição automática.

Os objetivos específicos consistiram em classificar os materiais com critérios de priorização, definir políticas de reposição específicas para cada grupo de material, mensurar o giro de estoque e o nível de serviço e definir os processos de monitoramento do estoque que ofereça mais segurança e apoio à tomada de decisões de estoque.

Além disso, esperava-se que o tema trouxesse contribuições culturais no processo de gestão de materiais para toda a organização, provocando a expansão dos conhecimentos e conceitos aqui aplicados para a totalidade do estoque da empresa.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

De acordo com Miguel *et al.* (2010) a metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção é classificada com base nas suas características com relação a sua natureza, objetivos, abordagens e procedimentos técnicos.

Nesse sentido, se tratando da natureza da pesquisa, o estudo é classificado como uma pesquisa aplicada em função do interesse em gerar conhecimentos para aplicação prática orientados à solução de um problema específico, envolvendo a verdade e o interesse local (SILVA; MENEZES, 2005).

Com relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois segundo Gil (2007) esse tipo de pesquisa visa proporcionar maior familiaridade com o problema e com o modo que os fatos são produzidos.

Além disso, quanto ao procedimento técnico, o estudo é classificado como uma pesquisa-ação que, de acordo com Fonseca (2002), se caracteriza pela participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser observada. Para o autor, nesse caso, o pesquisador abandona o papel de observador em prol de uma atitude participativa no sentido de

transformar a realidade observada a partir da compreensão, conhecimento e compromisso para ação.

Do ponto de vista da abordagem, o estudo é quantitativo e tem suas raízes no pensamento lógico, enfatizando o raciocínio dedutivo e os atributos mensuráveis. Com base em Fonseca (2002), a pesquisa quantitativa se centra na objetividade e na compreensão da realidade a partir dos dados brutos, requerendo o uso de recursos e técnicas estatísticas.

De maneira procedimental, o presente trabalho se iniciou a partir da definição do tema e do local de aplicação. Com o tema escolhido, foi feito um estudo teórico acerca do assunto visando embasar o trabalho a ser realizado. Posteriormente, foi feita uma avaliação crítica do modelo de gestão de estoques utilizado pela empresa e seus processos.

A partir disso, diversas ações foram sendo realizadas e implementadas ao modelo de gestão de estoque da empresa conforme as dificuldades e oportunidades surgiam. Ao todo, foram seis ações, divididas em seis etapas da pesquisa-ação, realizadas no decorrer do ano de 2021 que impactavam a política de gerenciamento dos estoques das peças de reposição automática.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho contém cinco capítulos. No primeiro capítulo é feita uma introdução sobre o cenário do mercado em que a empresa de realização do estudo está inserida e o tema, gestão de estoque, é contextualizado, apresentando-se sua importância para a eficiência da cadeia de suprimentos e, consequentemente, para a administração empresarial. Além disso, apresenta-se neste capítulo a justificativa do trabalho, seu escopo frente as suas premissas e limitações, objetivos e metodologia da realização do estudo.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica acerca dos temas relacionados à pesquisa. Neste caso, são abordados os conceitos de logística e cadeia de suprimentos, visão geral de estoques e sua gestão, classificação dos estoques, estoque de segurança, teste de normalidade de demanda, modelos de controle de estoque, indicadores de desempenho e alocação de estoques.

O terceiro capítulo aborda o cenário atual do gerenciamento de estoques da empresa para os itens de reposição automática, apresentando detalhadamente os mecanismos do processo de monitoramento, ressuprimento e atendimento à demanda do depósito geral. Também aborda as características do modelo de negócio da empresa de realização do estudo,

bem como as particularidades existentes na unidade de aplicação da pesquisa-ação. Além disso, são detalhadas as seis etapas de realização da pesquisa, bem como as principais percepções obtidas em cada passo. Por fim, descreve as principais dificuldades encontradas durante a realização do trabalho.

No quarto capítulo os resultados alcançados com o desenvolvimento da pesquisa-ação são expostos. Esses resultados são discutidos tanto na perspectiva quantitativa, quanto na qualitativa, buscando evidenciar os eventos internos e externos que justifiquem o comportamento dos indicadores de desempenho obtidos ao longo do ano de 2021.

Por fim, no último capítulo, são apresentadas as considerações finais do estudo realizado em conjunto com as sugestões de trabalhos futuros com potencial de contribuição para a otimização do capital empregado nos estoques da empresa, evitando as compras desnecessárias e os acúmulos excessivos de estoque.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O objetivo deste capítulo consiste em apresentar a base teórica utilizada para sustentar o desenvolvimento do trabalho. Nesta seção, são abordados os temas relacionados a logística e a gestão da cadeia de suprimentos, gestão de estoques, classificações de materiais, estoque de segurança, teste de normalidade de demanda, modelos de controle de peças de reposição e alguns indicadores de desempenho.

2.1 LOGÍSTICA E GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A logística, de acordo com Moura (2010), está pautada em três pilares de planejamento: estoque, armazenagem e transporte. Portanto, tem o foco de nortear e ser uma estrutura de programação que visa um plano único para o fluxo de produtos e informações em um negócio que maximize a rentabilidade (CHRISTOPHER, 2018).

Segundo Dias (2010), são dois os subsistemas que compõem a logística: administração de materiais e distribuição física. Do ponto de vista de Grant (2013), a logística é caracterizada por possuir cinco atividades principais: gerenciamento de transportes, gerenciamento de estoques, gerenciamento de armazém, gerenciamento de tecnologia da informação e gerenciamento da produção (GRANT, 2013).

De acordo com Kobayashi (2000), a logística dentro de um contexto empresarial está diretamente relacionada com a satisfação dos clientes. Da mesma maneira, Ballou (2006) atribui o valor da logística a relação de tempo e lugar do produto ou serviço, pois não há valor se o produto ou serviço não está em posse dos clientes quando e onde pretendem consumi-los.

Dentro dessa perspectiva, um estudo prático realizado por Souza e Silva (2018) sobre o gerenciamento da cadeia de suprimentos de peças de reparo de veículos, objetivou avaliar a correlação existente entre a eficiência logística e a satisfação dos clientes. Segundo os autores, a percepção de satisfação dos clientes estava relacionada ao tempo de atendimento e permanência do veículo em reparo. Nesse caso, a gestão eficiente da cadeia de suprimentos se apresentou como um fator significativo de aumento da satisfação do cliente final por se relacionar intimamente com a diminuição do tempo de entrega das peças, além de impactar na redução dos custos envolvidos.

Sendo assim, a logística assume uma parte importante do processo da cadeia de suprimentos (BALLOU, 2006). Segundo Christopher (2018), a gestão dessa cadeia busca

conquistar a articulação e coordenação entre os demais processos de outras entidades: fornecedor, cliente e organização em si. Em vista disso, empresas do setor de varejo, por exemplo, obtêm sucesso através do compartilhamento de informações com seus fornecedores que, por sua vez, concordam em gerenciar o estoque da varejista (BALLOU, 2006).

Com relação a vantagem competitiva, Christopher (2018) declara que a superioridade de uma empresa sobre os concorrentes pode ser alcançada a partir da eficiência da gestão da cadeia de suprimentos ao operar com um custo mais baixo e lucrando mais. Para o autor, empresas bem-sucedidas possuem uma combinação eficiente de vantagem de custo e valor em relação aos concorrentes.

No âmbito dos resultados empresariais, o retorno sobre o investimento (ROI) é um dos principais indicadores de avaliação do desempenho empresarial (PEREZ; FAMÁ, 2006). Nesse sentido, de acordo com Christopher (2018), a gestão logística impacta o ROI tanto na relação com o lucro - a partir dos custos -, quanto no capital empregado - a partir do investimento em estoque, por exemplo.

Por fim e em síntese, para Scandiuzzi (2011) são diversos os benefícios do gerenciamento da cadeia de suprimentos. Dentre eles, o autor menciona os menores níveis de estoque em função da otimização dos fluxos de materiais e informações, a redução no tempo entre ciclos da cadeia proporcionando uma resposta mais rápida para o cliente, e o melhor desempenho no relacionamento com os fornecedores. Dessa maneira, é possível reduzir os custos ao longo da cadeia e impactar o cliente final com um custo menor.

2.2 ESTOQUES

Os estoques são definidos por Slack *et al.* (2009) como a acumulação de materiais, clientes ou informações através de processos, operações e redes de suprimentos. Do mesmo modo, Grant (2013) define que os estoques são os materiais que percorrem a cadeia até o ponto em que são requeridos. Para Ballou (2006), os estoques são acumulações de matérias primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que estão dispostos em pontos do canal de produção e logística.

De acordo com Slack *et al.* (2009), apesar dos estoques existirem para suavizar a diferença entre taxa de demanda e taxa de suprimento, há uma série de razões para evitar o acúmulo de estoques. No caso dos estoques físicos, o autor menciona os custos de estoque que comprometem o capital de giro, o espaço requerido para armazenamento dos materiais, a

qualidade do produto que pode se deteriorar com o tempo e até a omissão de problemas operacionais que podem ocorrer pela presença dos estoques.

Ballou (2006) menciona que os críticos consideram os estoques como um desperdício em função da absorção do capital que poderia ser mais rentável se aplicado em incremento de produtividade, por exemplo. Além disso, para o autor, os estoques contribuem para promover um isolamento sobre o gerenciamento do canal de suprimento, justamente por isolar um elo do canal em relação a outro.

Por outro lado, segundo Chiavenato (2008) os estoques garantem o funcionamento da empresa ao neutralizar os efeitos de atraso no fornecimento e proporcionar economias de escala por meio dos lotes econômicos de compra. Para Ballou (2006), os estoques proporcionam o aumento no nível de disponibilidade do produto ou serviço, o que resulta na satisfação das expectativas do cliente. Além disso, o autor afirma que a utilização dos estoques contribui para a redução de custos operacionais indiretos ao longo da cadeia, sendo associados ao fluxo produtivo mais equilibrado, as economias de compra e transporte, incertezas dentro da cadeia e imprevistos que afetam o sistema logístico.

De maneira geral, segundo Ballou (2006), os estoques podem ser situados em cinco categorias distintas com base nas suas funções: especulativo, cíclico, segurança, obsoleto e no canal de abastecimento. Suas definições são mostradas no Quadro 1.

Quadro 1: tipos de estoques e suas funções.

Tipos	Definição
Estoque especulativo	Estoque além da necessidade operacional para suportar flutuações sazonais, previsões de vendas, especulações de preço e compras antecipadas.
Estoque cíclico	Estoque necessário para suprir a demanda média durante o intervalo de tempo entre os sucessivos reabastecimentos.
Estoque de segurança	Estoque para suportar a variabilidade na demanda e nos prazos de reposição.
Estoque obsoleto	Estoque de materiais que se tornaram ultrapassados, deteriorados ou sofreram perdas.
Estoque em canal	Estoque em trânsito entre elos do canal de suprimento ou em processo entre operações de produção.

Fonte: Ballou (2006, p. 274).

No caso dos estoques das peças de reposição, de acordo com Campos e Simon (2019), é um tipo de estoque que se difere dos demais em função da sua característica de apoio as atividades de manutenção dos equipamentos, permitindo que as máquinas voltem a operar com o máximo desempenho. Segundo os autores, os estoques de peças de reposição assumem uma importância significativa em função da complexidade de estocagem da quantidade certa de itens que são aplicados em componentes caros, com baixa frequência de uso e com longos tempos de ressuprimento.

2.3 GESTÃO DE ESTOQUES

De acordo com Bertaglia (2009), a gestão de estoques é o ramo da administração de empresas responsável pelo planejamento e controle de estoque de materiais e produtos que serão utilizados na produção ou comercialização e representa uma interferência direta no planejamento estratégico da organização. Tadeu (2010) relaciona a gestão de estoques com a busca pela vantagem competitiva no processo de decisão de compra, armazenagem, venda e distribuição de materiais.

Ballou (2006) menciona que a gestão de estoques ótima significa manter o nível de estoque o mais baixo possível, buscando um equilíbrio de custos diretos e indiretos com o nível adequado de disponibilidade de materiais, o que contempla uma série de problemas que inviabilizam o gerenciamento pautado sobre um único método. Além disso, o autor menciona que os custos de manutenção de estoques podem representar de 20 a 40% do seu valor por ano.

Segundo Viana (2006), a gestão de estoque é um conjunto de atividades orientada pelas políticas que visam o atendimento das necessidades empresariais com o melhor aproveitamento dos recursos e o menor custo. Segundo o autor, para que o gerenciamento de estoque atinja seu objetivo fundamental de equilibrar estoque e consumo, algumas regras e atribuições precisam ser seguidas:

- Manter em estoque somente os materiais de real necessidade da empresa;
- Centralizar as informações de estoque e planejamento das atividades;
- Definir parâmetros de cada material com estoque gerenciado;
- Determinar para cada material a quantidade de reposição;
- Analisar e monitorar a evolução dos estoques da empresa;
- Implantar uma política de padronização de materiais;

- Integrar com o setor de compras para acelerar ou reprogramar entregas;
- Avaliar regularização ou não de materiais entregues além da quantidade permitida;
- Realizar estudos de retiradas de materiais obsoletos e inservíveis do estoque.

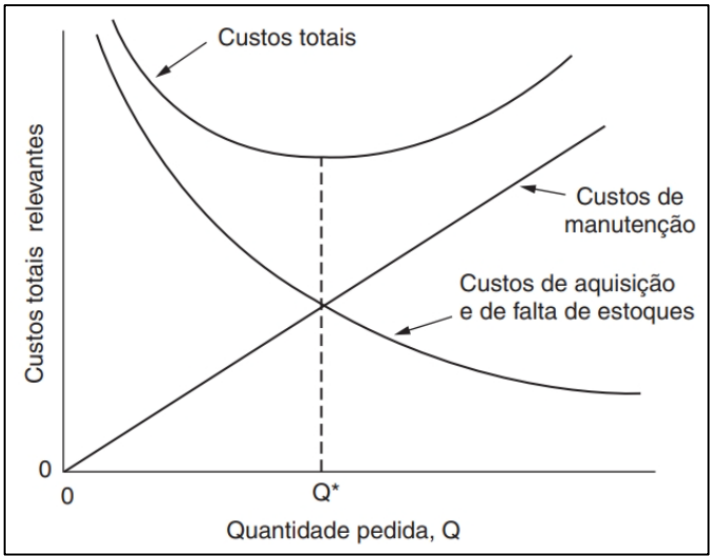
Campos e Simon (2019) destacam que o gerenciamento eficaz do estoque pode proporcionar a redução do tempo de inatividade das máquinas e equipamentos, reduzir os custos associados aos estoques e representar mais segurança operacional do ponto de vista da execução das atividades de manutenção. Os autores ainda citam que para o desenvolvimento de um método de gerenciamento de estoques de peças adequado, a organização deve estabelecer estratégias ligadas ao gerenciamento da produção e frequências de inspeções e reparações, além de possuir um departamento de manutenção separado dos demais.

De acordo com Lustosa *et al.* (2008), um fator de grande relevância e que interfere na decisão dos gestores em estocar ou não são os custos envolvidos. Para Slack *et al.* (2009), alguns custos que são relevantes e devem ser observados pelos gestores durante a tomada de decisão são:

- Custo de colocação do pedido: são os custos das solicitações de pedido de reabastecimento do estoque.
- Custos de desconto de preços: são os custos associados a aquisição de pequenas quantidades de material.
- Custos de falta de estoque: são os custos atrelados ao não atendimento da demanda dos consumidores.
- Custo de capital de giro: são os custos do lapso de tempo entre o pagamento dos pedidos aos fornecedores e o recebimento relativo por parte dos consumidores, além dos juros de empréstimos e custos de oportunidade pelo emprego do capital no estoque e não em outras atividades.
- Custos de armazenagem: são os custos associados ao armazenamento dos materiais (locação, iluminação, climatização, seguro, entre outros).
- Custos de obsolescência: são os custos decorrentes de pedidos de maiores quantidades ou de materiais equivocados que podem entrar em desuso e fora de aplicação.
- Custos de ineficiência da produção: são os custos atrelados ao alto nível de estoque, podendo distorcer a realidade do processo produtivo.

Para Ballou (2006), os custos de manutenção, aquisição e de falta de estoques são permanentemente conflitantes e podem definir a quantidade do pedido de reposição com foco na minimização dos custos totais. A Figura 1 esquematiza os custos em relação a quantidade mantida em estoque.

Figura 1: custos totais e quantidade mantida em estoque.



Fonte: Ballou (2006, p. 279).

O conhecimento dos custos explicitados contribui para que as melhores alternativas de estoques sejam seguidas com foco no menor custo total (WANKE, 2011). Dentro desse contexto, segundo Slack *et al.* (2009), o gerenciamento de estoques está relacionado com as decisões de quanto pedir, quando pedir e como controlar o sistema. Para Wanke (2011), a missão da gestão de estoques é diminuir os níveis de estoque sem que haja comprometimento da disponibilidade do material para o consumidor final. Para isso, as empresas estarão suscetíveis a vivenciar cenários de excesso, falta e equilíbrio de estoques.

2.4 CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS

De acordo com Barbieri e Machline (2009), a classificação de materiais consiste em formar grupos de mercadorias baseando-se em critérios que auxiliem na execução das atividades administrativas e operacionais da organização. Para Millstein, Yang e Li (2014) o agrupamento dos itens facilita a gestão eficaz e garante monitoramento e controle dos estoques, facilitando as estratégias.

Segundo Viana (2006), os atributos de um bom sistema de classificação devem abranger as diferentes características dos materiais, ser flexível a ponto de permitir uma visão ampla da gestão de estoque e deve ser prática e de execução simples.

No contexto da administração das peças de reposição, Sharaf e Helmy (2001) mencionam que uma das dificuldades no gerenciamento desses materiais está relacionada aos critérios de classificação dos itens mantidos em estoque. Os autores citam que as empresas precisam armazenar centenas e milhares de peças que são essenciais para o funcionamento das atividades, porém parte delas necessitam de atenção e controle preciso.

Na literatura são vários os modelos de classificação que podem ser usados na classificação de materiais. Em síntese, o Quadro 2 apresenta alguns critérios com seus objetivos e pontos de vista contemplados. Neste estudo são detalhados os critérios na perspectiva econômica (classificação ABC) e operacional (classificação PQR), porque foram os critérios mais aderentes a realidade do modelo de negócio da empresa diante da gestão das peças de reposição.

Quadro 2: critérios de classificação de materiais.

Classificação	Objetivos	Foco
ABC	Atribuir estratégias de gestão diferenciados por classe de valor monetário.	Econômico
XYZ	Atribuir estratégias de nível de serviço em função do grau de imprescindibilidade do item.	Usuário
123	Atribuir ao processo informações de dificuldade de aquisição do item.	Fornecedor
PQR	Representar a frequência de utilização dos itens mantidos em estoque.	Processo Operacional

Fonte: Adaptado de Motta e Camuzi (2017, p. 1974).

2.4.1 CLASSIFICAÇÃO ABC

Uma prática habitual no controle agregado dos estoques consiste em diferenciar os materiais em um número limitado de categorias e aplicar uma política de controle específica em cada um (BALLOU, 2006). De acordo com Slack *et al*. (2009), a classificação ABC é uma técnica importante na administração dos estoques por permitir aos gerentes listarem os itens de

acordo com o valor monetário e, assim, concentrarem os esforços no controle dos mais representativos.

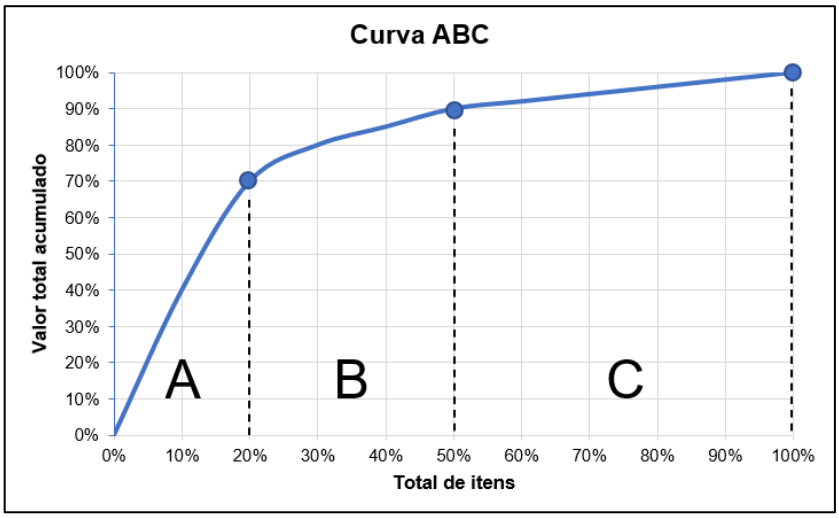
Segundo Chiavenato (2008), os itens que recebem a classificação A são os mais representativos por totalizarem uma grande parcela do valor monetário total de materiais requisitados, os itens B representam a faixa intermediária de valor requisitado e os itens C são formados pela grande maioria dos itens e são pouco representativos do ponto de vista econômico. No entanto, para Ballou (2006), não existe uma maneira exata e única para agrupar os itens dentro de cada classificação, ficando a critério da necessidade e aplicabilidade. Da mesma maneira, Grant (2013) divide as classes conforme a Tabela 1 e esquematizado na Figura 2, mas enfatiza que as porcentagens podem variar de acordo com o contexto da organização.

Tabela 1: classificação ABC por parcela de valor total dos materiais.

Classificação	Quantidade de itens (%)	Valor total (%)
A	20	70
B	30	20
C	40	10

Fonte: Adaptado de Grant (2013, p. 136).

Figura 2: esquematização da distribuição da curva ABC.



Fonte: Adaptado de Grant (2013, p. 136).

2.4.2 CLASSIFICAÇÃO PQR

Ao contrário da classificação ABC, que está relacionada ao valor monetário agregado dos itens requisitados, segundo Gasnier (2002), a classificação PQR, ou de popularidade, se

relaciona com a frequência de transações de um material realizadas dentro de um determinado período. De acordo com Blatt, Campos e Becker (2013), nessa classificação os itens são agrupados de acordo com os seguintes critérios:

- Classe P: materiais com alta frequência de movimentação (muita popularidade);
- Classe Q: materiais cuja frequência de movimentação é intermediária;
- Classe R: itens com baixa frequência de movimentação (pouca popularidade).

De acordo com Pires (2013), para classificar os materiais com base na popularidade dos mesmos o procedimento adequado consiste em:

i. Levantar todos os itens do estoque analisado;
ii. Verificar a frequência de movimentação dos itens dentro do período analisado;
iii. Classificar os itens de acordo com a movimentação, seguindo os critérios de popularidade dentro do contexto da organização.

2.5 ESTOQUE DE SEGURANÇA

O estoque de segurança é a quantidade mínima de determinado item no estoque que seja suficiente para suportar as oscilações no consumo, atraso no tempo de reposição, diferença de inventário e anomalias de recebimento, assim garantindo o funcionamento adequado das operações (GARCIA; LACERDA; AROZO, 2001). Segundo Chopra e Meindl (2003), os estoques de segurança são úteis para amenizarem os impactos da variabilidade da demanda, que quando previsíveis dispensam o uso de estoques de segurança.

Bertaglia (2009) menciona que quanto maior o desejo da organização em atender o cliente, maior a ponderação sobre o dimensionamento adequado do nível do estoque de segurança. De acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2007), os estoques de segurança são necessários na absorção dos impactos das incertezas e tende a ser utilizado no fim do ciclo de ressuprimento, quando a demanda é mais alta que o normal ou o período de ressuprimento é mais longo.

De acordo com Dias (2010), a determinação do estoque de segurança é a chave para o estabelecimento do ponto de ressuprimento. Para o autor, o estoque de segurança poderia ser tão alto que jamais faltariam materiais no estoque, porém os custos seriam elevados. Da mesma maneira, o estoque de segurança com pouca margem de segurança acarretaria custos de ruptura.

Sendo assim, Dias (2010) menciona que o estoque de segurança é o risco que a organização está disposta a assumir em relação à falta de materiais.

Segundo Côrrea e Côrrea (2017), o dimensionamento correto do estoque de segurança está condicionado a quantificação das incertezas. Considerando que a demanda segue uma distribuição normal e que não há incerteza considerável no tempo de ressuprimento, o cálculo do estoque de segurança é feito de acordo com a Equação 1.

$$ES = FS \times \sigma \times \sqrt{\frac{LT}{PP}} \tag{1}$$

Onde:

ES: estoque de segurança;

FS: fator de segurança associado ao nível de serviço;

σ: desvio padrão estimado para demanda futura;

LT: lead time de ressuprimento;

PP: periodicidade do desvio padrão.

No entanto, Chopra e Meindl (2011) destacam que, apesar do foco empresarial normalmente considerar apenas a incerteza da demanda, há situações em que a incerteza da oferta representa papel significativo. Dessa maneira, Ballou (2006) sugere que a variância da demanda deve ser adicionada a variância do tempo de ressuprimento, contabilizando a incerteza do tempo de resposta. Sendo assim, para Cai *et al.* (2011), o cálculo do estoque de segurança quando a demanda de um material segue uma distribuição normal e apresenta incerteza de demanda e prazo de entrega é obtido por meio da Equação 2 a seguir:

$$ES = k \times \sqrt{(LT \times \sigma_D^2) + (\sigma_{LT}^2 \times D^2)} \tag{2}$$

Onde:

ES: estoque de segurança;

k: fator de serviço;

LT: lead time de ressuprimento;

σ_D: desvio padrão da demanda;

σ_{LT}: desvio padrão do lead time;

D: demanda média ou consumo médio.

O fator multiplicador k representa o nível de serviço que, de acordo com Ballou (2006), é a probabilidade de atender um pedido com um produto do estoque atual e pode ser obtido por meio da Equação 3:

$$Nível\ de\ serviço = 1 - \frac{n°\ esperado\ de\ unidades\ faltantes}{demanda\ anual\ total} \quad (3)$$

De acordo com o modelo apresentado por Gupta *et al.* (2000), quando o nível de serviço oferecido aos clientes aumenta, maiores serão os custos associados. Segundo os autores, esses custos aumentarão linearmente até alcançar o nível de serviço de 95%, acima disso os custos crescem exponencialmente e se tornam operacionalmente pouco viáveis. A relação entre o nível de serviço e o fator multiplicador (k) é mostrada na Tabela 2.

Tabela 2: relação entre o nível e fator de serviço (k).

Nível de serviço	**Fator de serviço (k)**
50%	0,000
60%	0,254
70%	0,525
80%	0,842
85%	1,037
90%	1,282
95%	1,645
96%	1,751
97%	1,880
98%	2,055
99%	2,325
99,90%	3,100
99,99%	3,620

Fonte: Adaptado de Côrrea e Côrrea (2011, p. 448).

Dentro desse cenário, Cai *et al.* (2011) mencionam que a otimização dos níveis dos estoques de segurança está relacionada às melhorias obtidas no tempo de ressuprimento ao, por exemplo, realizar parcerias dentro da cadeia de suprimentos. Para a demanda, no entanto, os autores ressaltam que não há como interferir nesta variável.

Na prática, um estudo realizado por Facchini *et al.* (2019) demonstrou que a utilização do estoque de segurança no dimensionamento dos níveis de estoque, para um nível de serviço de 95%, representou uma redução de 51% no capital total investido em estoque. Além da

redução do valor, os autores citam que o estabelecimento do estoque de segurança tornou o processo de reposição de materiais mais eficiente ao reduzir os níveis de excesso e de falta de produtos, propondo a alocação do capital de maneira equilibrada.

2.6 TESTE DE NORMALIDADE DE DEMANDA

Conforme citado por Côrrea e Côrrea (2017) e Cai *et al.* (2011) na seção anterior, para ser viável utilizar as Equações 1 e 2 para os cálculos de estoque de segurança, a demanda deve seguir uma distribuição normal de probabilidade. Ramaekers e Janssens (2008) mencionam que o comportamento e o tipo de distribuição da demanda são fundamentais para determinação dos parâmetros de estoque.

Neste trabalho, contando com o apoio do *software* Minitab, o teste estatístico utilizado para validar a normalidade da demanda éo de *Anderson-Darling* que, conforme Ferreira, Souza e Silva (2013), é utilizado para medir o quão bem um conjunto de dados segue uma distribuição específica, nesse caso uma distribuição normal de probabilidades. Além disso, de acordo com Miot (2017) o teste de *Anderson-Darling* apresenta um bom desempenho na avaliação de normalidade para amostras maiores que 50 unidades.

Dessa maneira, as duas hipóteses para o teste de normalidade de *Anderson-Darling* são expressas da seguinte maneira:

- H0 (hipótese nula): os dados seguem uma distribuição de probabilidade normal.
- H1 (hipótese alternativa): os dados não seguem uma distribuição de probabilidade normal.

De acordo com Moraes, Ferreira e Balestrassi (2005), a distribuição que apresentar o nível de significância ou *p-value* (valor-p) maior que um valor *alpha* pré-estabelecido – que neste trabalho será considerado o valor clássico de 0,05 – será considerada normal, pois não haverá indícios sustentáveis para a rejeição da hipótese nula. Além disso, no caso do teste de *Anderson-Darling*, caso o valor A seja menor que 0,752 a distribuição será normal, o que reforçará o teste de aderência.

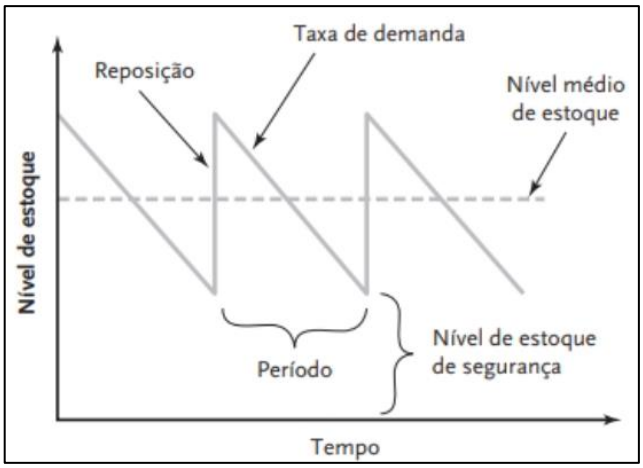
2.7 MODELOS DE CONTROLE DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO

De acordo com Campos e Simon (2019), uma das dificuldades do gerenciamento dos estoques de peças de reposição está relacionada ao tipo de demanda, muitas vezes intermitente,

e a sua variedade sobre a quantidade demandada. Por isso, os autores citam a necessidade de definir uma política de gerenciamento adequada, que esteja alinhada ao objetivo estratégico.

De acordo com Grant (2013), à medida que o estoque é utilizado surge a necessidade de iniciar o processo de reposição dos itens. A representação clássica do ciclo de estoque e sua reposição é mostrada na Figura 3. Nesse estudo foram abordados os modelos de revisão contínua, revisão periódica e híbridos que são classificados por Grant (2013) como os métodos estatísticos usuais que fazem uso de previsão de demanda e de custos para tomada de decisão sobre a reposição do estoque.

Figura 3: ciclo de reposição do estoque.



Fonte: Grant (2013, p. 129).

2.7.1 MODELO DE REVISÃO CONTÍNUA

O modelo de revisão contínua, ou sistema de ponto de pedido, considera que a demanda age continuamente sobre o estoque, levando seu nível até atingir o ponto de pedido ou ponto de reposição (BALLOU, 2006). O ponto de pedido é naturalmente caracterizado por ser o momento em que o estoque atinge um determinado nível em que ocorre a emissão de um novo pedido de ressuprimento de Q unidades. De acordo com Ballou (2006), para que essa política funcione adequadamente é preciso assegurar que as incertezas de demanda e oferta sejam consideradas no estoque de segurança.

Côrrea e Côrrea (2017) mencionam que as principais definições da gestão de estoques estão relacionadas ao momento e a quantidade adequada do ressuprimento do item no estoque. Segundo o autor, o modelo do ponto de reposição é comumente o mais utilizado pelas empresas e seu funcionamento consiste em emitir um pedido de Q unidades sempre que o nível do estoque

atual atingir um valor menor do que o valor predeterminado e chamado de ponto de ressuprimento.

Para Bowersox e Closs (2007), o ponto de ressuprimento determina quando o processo de reposição do estoque deve começar. Dessa maneira, define que o ponto de ressuprimento pode ser calculado de acordo com a Equação 4.

$$PR = D \times LT + ES \tag{4}$$

Onde:

PR: ponto de ressuprimento;

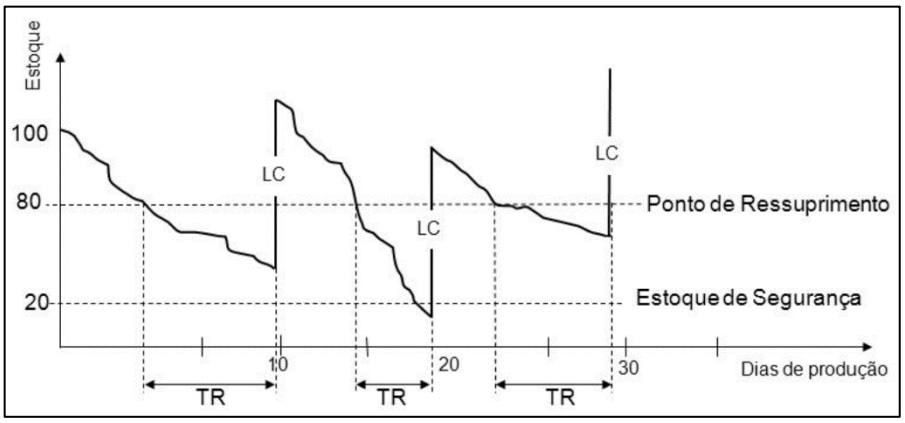
ES: estoque de segurança;

D: demanda média ou consumo médio;

LT: lead time de ressuprimento.

Apesar da necessidade de considerar as incertezas, com a aplicação desse modelo é possível atingir determinado nível de serviço com um estoque de segurança menor, pois o pedido é colocado no exato momento em que o estoque atinge o ponto de reposição (FERNANDES, 2007). Porém, como a emissão do pedido está condicionada a demanda, os itens podem apresentar necessidade de ressuprimento em tempos distintos, impossibilitando as vantagens de desconto por quantidade e do transporte conjunto (BALLOU, 2006). A Figura 4 ilustra o funcionamento do modelo.

Figura 4: modelo de revisão contínua.



Fonte: Peinado e Graeml (2007, p. 720).

2.7.2 MODELO DE REVISÃO PERIÓDICA

O modelo de revisão periódica consiste na verificação dos níveis de estoque em intervalos de tempo regulares, emitindo-se um pedido de reposição com a quantidade necessária para atingir um nível máximo de estoque (CORRÊA, 2010). Segundo Bertaglia (2009), a taxa de demanda não é uma constante e, portanto, sua taxa varia no período entre as revisões, impactando o tamanho do lote de ressuprimento.

Martins e Laugeni (2005) mencionam que o modelo de revisão periódica também é conhecido como sistema de reposição fixa ou sistema de estoque máximo, pois as revisões são feitas em períodos predeterminados e as reposições buscam completar o estoque máximo. Dessa maneira, a quantidade do lote de ressuprimento varia a cada pedido feito.

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), o modelo de revisão periódica é um método de controle alternativo no qual os níveis de estoque são revisados periodicamente e não continuamente – como no método de revisão continua. Para Slack *et al.* (2008), a abordagem do modelo de revisão periódica é mais simples por colocar pedidos em intervalos de tempo fixos e regulares.

Da mesma maneira, para Côrrea e Côrrea (2017) o modelo de revisão periódica é o de mais fácil aplicação e a quantidade do lote de ressuprimento é obtida de acordo com a Equação 5. De acordo com Hara (2012), para obter o estoque máximo deve-se somar o ponto de ressuprimento com o lote de compra ou ressuprimento, conforme Equação 6.

$$Q = EMÁX - (E + QP) \tag{5}$$

$$EMÁX = PR + LC \tag{6}$$

Onde:

Q: quantidade a pedir;

$EMÁX$: estoque máximo;

E: estoque atual;

QP: quantidade em pedido;

PR: ponto de ressuprimento;

LC: lote de compra ou ressuprimento.

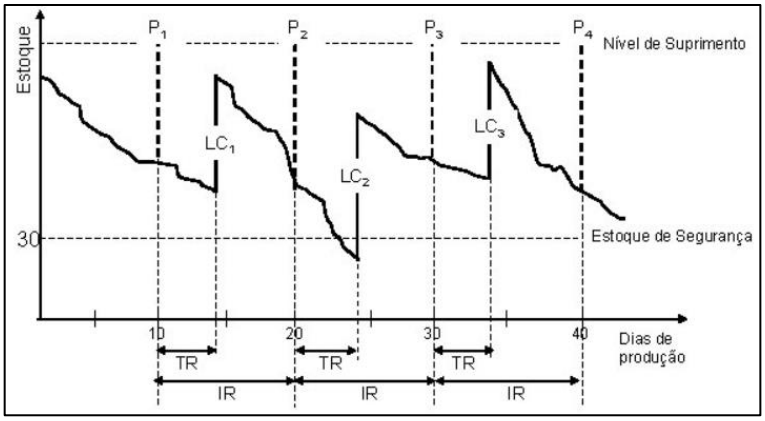
De acordo com Ballou (2006) e Fernandes (2007), algumas vantagens do modelo são as possibilidades de consolidação de transportes, proporcionando custos menores, e a própria

rotina de contabilização de estoques a partir de um cronograma. Grant (2013), por sua vez, afirma que o modelo é indicado nos cenários em que há visitas rotineiras do fornecedor, para itens de alta demanda ou que não necessitam de monitoramento detalhado.

Segundo Dias (2010), o desafio desse modelo consiste em definir o intervalo de tempo adequado para revisão dos níveis de estoques, de modo que a demanda até a reposição seja plenamente atendida. O autor menciona que um intervalo de tempo relativamente baixo pode provocar um estoque médio elevado, enquanto um intervalo longo pode provocar rupturas de estoque.

Da mesma maneira, Bowersox e Closs (2008) e Slack *et al*. (2009) consideram que, devido à incerteza existente na taxa de demanda e oferta, o uso do método de revisão periódica pode provocar a falta de estoque em função do lote de reposição ser emitido em intervalos de tempo predeterminados. A Figura 5 ilustra o funcionamento do modelo.

Figura 5: modelo de revisão periódica.



Fonte: Peinado e Graeml (2007, p. 734).

2.7.3 MODELO HÍBRIDO

O modelo híbrido de reposição de estoques consiste numa combinação entre o modelo de revisão contínua e o de revisão periódica. Segundo Lustosa *et al*. (2008) é o modelo que tem sido aplicado em cenários em que o valor unitário dos itens mantidos em estoque é elevado.

Grant (2013) classifica o modelo híbrido em dois tipos. No primeiro deles a revisão é periódica com um ponto de ressuprimento definido, ou seja, periodicamente os níveis de estoque são revisados e se estiverem abaixo do ponto mínimo um novo pedido de reposição é gerado. Nesse caso, ao contrário do modelo de revisão periódica tradicional, pode não haver emissão de um novo pedido a cada ciclo de revisão das quantidades em estoque, somente nos

ciclos em que o ponto de ressuprimento é atingido. Já o segundo tipo é denominado “min-máx” e consiste na emissão de um novo pedido com quantidade suficiente para o estoque atingir um valor máximo pré-definido sempre que o estoque atual atingir o ponto de ressuprimento. Nesse caso, o mínimo é o ponto de ressuprimento e o máximo é o estoque visado ou estoque máximo.

2.8 INDICADORES DE DESEMPENHO

Segundo Viana (2006), as estimativas exageradas para os níveis de estoque implicam em imobilizações desnecessárias de recursos financeiros, de espaço e trabalho. Por outro lado, reposições em quantidades reduzidas acarretam compras repetidas e em condições desfavoráveis. Para contornar tais problemas, a gestão de estoques pode ser otimizada a partir dos parâmetros de ressuprimento e conceitos definidos a seguir.

2.8.1 ESTOQUE MÉDIO

Segundo Lustosa *et al*. (2008), a utilização do estoque médio é um dos pontos de partida para avaliar a gestão de estoques, pois quanto menor o estoque médio, menor o capital investido.

$$Estoque\ Médio = \frac{Estoque\ Inicial + Estoque\ Final}{2} \tag{7}$$

No entanto, como medida de desempenho, a utilização exclusiva do estoque médio não é satisfatória por não considerar os diferentes tipos de demanda para os itens estocáveis. Lustosa *et al*. (2008) mencionam que um estoque médio de 150 unidades pode ser excessivo para um item de demanda estável de 50 unidades por mês, porém pode ser insuficiente para um item que demanda 600 unidades por mês.

2.8.2 GIRO DE ESTOQUE

Ballou (2006) menciona que o giro de estoque é um dos procedimentos de controle agregado dos estoques mais praticados pelas organizações. Para Garcia, Lacerda e Arozo (2001), o grande mérito desse índice é representar um parâmetro fácil de comparação entre classes de material e empresas do mesmo ramo.

De acordo com Dias (2010), o giro de estoque trata-se da razão entre o consumo anual e o estoque médio do material, com sua unidade sendo expressa no inverso de unidades de tempo. Para o autor, alguns fatores precisam ser considerados na determinação do giro: disponibilidade do capital, classificação financeira dos materiais, conciliação entre atendimento das necessidades e menor custo total e periodicidade para comparação do giro.

Szabo (2015) menciona que o giro de estoque representa o número de vezes que os estoques são renovados em determinado intervalo de tempo. O autor cita, ainda, que quanto maior a rotatividade dos estoques, maior será a movimentação financeira e melhor tende a ser o resultado empresarial.

Segundo Ballou (2006), o giro de estoque pode ser calculado conforme a Equação 8.

$$Giro\ de\ Estoque = \frac{Demandas\ anuais\ a\ custo\ de\ estoque}{Investimento\ médio\ em\ estoque} \tag{8}$$

2.8.3 COBERTURA DE ESTOQUE

De acordo com Lustosa *et al*. (2008), a cobertura de estoque – também denominada antigiro – representa uma medida do tempo médio de duração do estoque sem que haja ressuprimento. Ou seja, o período que o estoque consegue suprir a demanda futura. Nesse caso, do relacionamento entre estoque e demanda, a cobertura de estoque é obtida pela Equação 9.

$$Cobertura\ de\ Estoque = \frac{Estoque\ Atual}{Demanda\ Média} \tag{9}$$

2.9 ALOCAÇÃO DOS ESTOQUES

Segundo Grant (2013), uma das preocupações do gestor de estoque é com relação a sua alocação, pois sua estruturação gera impactos no nível de serviço e nos custos envolvidos. Ballou (2006) destaca que os Centros de Distribuição (CD) assumem um papel importante dentro da logística e possuem quatro funções principais: manutenção, consolidação, fracionamento e combinação de estoques. A manutenção se relaciona com o abrigo dos estoques, a consolidação é utilizada para obter economias de transporte com o aglutinamento das cargas, o fracionamento é a desagregação de cargas grandes em cargas menores e a

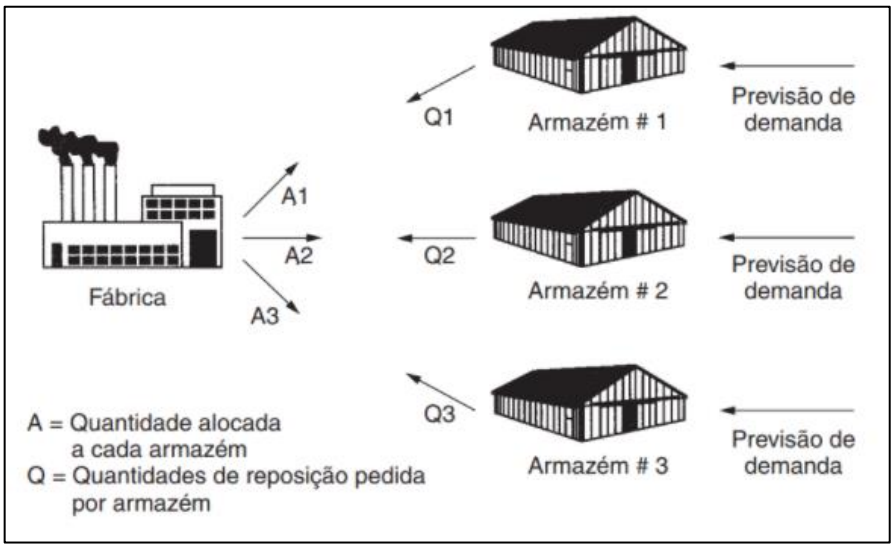
combinação de estoques possibilita que as compras oriundas de diferentes fornecedores cheguem juntas ao cliente final.

A alocação de estoques envolve duas estratégias básicas: centralização e descentralização. Para Wanke (2001), na centralização os produtos serão movimentados apenas quando o cliente final fizer a solicitação, postergando ao máximo o transporte. Na descentralização as movimentações são antecipadas com base nas projeções futuras de demanda.

Ballou (2006), por sua vez, cita duas filosofias básicas de gerenciamento: puxar e empurrar. Na primeira, as demandas são previstas com base nas condições locais, independente de todos os outros envolvidos no canal de suprimentos. Nesse caso, não há uma atenção específica com relação ao efeito da propagação das quantidades requeridas para a origem, havendo pouca coordenação com relação ao tamanho dos lotes, quantidades econômicas ou volumes mínimos. Apesar disso, o conceito de "puxar" proporciona um preciso controle local dos níveis de estoque.

Na segunda filosofia, empurrar, os níveis de estoque são definidos de maneira dependente, sendo estabelecidos coletivamente ao longo do sistema. Dessa maneira, segundo Ballou (2006), os estoques podem ser gerenciados de modo centralizado com o objetivo de obter um controle melhor. Nesse modelo, as economias de compra, produção e previsão agregada podem ser usadas para ditar o nível dos estoques e melhorar o desempenho de custos. A Figura 6 esquematiza as filosofias.

Figura 6: estratégias de gerenciamento de estoques.



Fonte: Ballou (2006, p. 276).

De acordo com Faria (2016), as estratégias de centralização e descentralização de estoques possuem vantagens e desvantagens que podem ser comparadas com base nos critérios de: política de atendimento a pedidos, localização do CD e nível de estoque.

Com relação a política de atendimento aos pedidos, os estoques centralizados exigem uma resposta rápida para o cliente em função do processo de distribuição ser puxado pela demanda real. No caso da descentralização, as distribuições são antecipadas de acordo com as previsões de demanda e o fluxo de mercadoria é empurrado para o cliente. Dessa maneira, o atendimento ao consumidor tende a ser mais rápido.

Da perspectiva da localização, na estratégia de centralização dos estoques os centros de distribuição tendem a ser mais distante do cliente final, enquanto na descentralização tende a ser mais próximo, influenciando diretamente no tempo de atendimento à demanda. Além disso, os custos de transporte também sofrem influências. Na centralização pode haver a necessidade de transporte expresso, já a descentralização permite a consolidação das cargas propiciando a redução dos gastos de movimentação de materiais.

Por fim, no último critério mencionado por Faria (2016), os níveis de estoque são maiores nas estratégias de alocação descentralizadas. Quando há centralização, os estoques de segurança tendem a ser menores se comparados ao estoque descentralizado. Desse modo, há uma relação proporcionalmente direta entre o nível de estoque da rede logística e o número de centros de distribuição.

3. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo são descritas as principais características e funções da unidade de análise da empresa alvo de realização deste estudo. Também são detalhadas as características do modelo de gestão de estoques das peças de reposição automática da empresa e a estrutura geral da pesquisa em conjunto com o detalhamento das ações realizadas visando mostrar o meio pelos quais os resultados foram obtidos.

3.1 DESCRIÇÃO DO PROTOCOLO DE PESQUISA

Com o objetivo de garantir a veracidade e a fidedignidade do trabalho, o presente estudo foi realizado a partir das informações obtidas via sistema de gestão empresarial utilizado pela empresa, o SAP.

Além disso, a empresa ainda possui a integração do SAP com um sistema de gerenciamento de armazém, o *Warehouse Management System* (WMS). O objetivo do WMS é garantir a automação dos processos logísticos envolvidos na movimentação de materiais, todas as movimentações de entrada e saída de materiais são controladas rigorosamente via leitura de código de barras, com o apoio de funcionalidades *mobile*. Ademais, o processo possui uma série de travamentos no sistema para procedimentos que são realizados de maneira equivocada, via de exemplo pode-se mencionar as conferências cegas presentes nas etapas de recebimento de mercadoria, expedição e no inventário cíclico.

Além disso, a empresa ainda conta com processos de auditoria interna e externa de todas as suas atividades. Assim, é possível avaliar o modelo de gerenciamento de estoques adotado pela empresa, bem como as melhorias realizadas ao longo do trabalho, baseando-se nos dados quantitativos de estoque e consumo que podem ser obtidos com alta confiabilidade. Como evidência disso, nos anos de 2020 e 2021 o índice de acuracidade do estoque atingiu 99%, conforme relatório gerencial da empresa.

A pesquisa-ação aqui exposta retrata o cenário compreendido entre o período de dezembro de 2020 a setembro de 2021, sendo todas as interferências e modificações no modelo de gestão de estoques utilizado pela empresa aplicadas dentro desse período. Em cada ciclo de mudança, os resultados obtidos foram avaliados.

Como forma de preservar as informações de caráter estratégico para a organização, alguns dos dados aqui citados não representam a realidade em termos absolutos e as demais

referências e descrições com relação aos materiais do estoque da U&M foram indicados através de códigos. No entanto, essas alterações não influenciam o resultado do estudo.

3.2 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE

O presente trabalho foi realizado na unidade matriz da U&M Mineração e Construção S/A, a Central, que está localizada na BR-040, próximo ao município de Juiz de Fora, Minas Gerais. Essa unidade concentra a maior atividade de reforma de máquinas e componentes da empresa, maior atividade operacional de movimentação de materiais, possui a maior equipe administrativa, seu estoque representa em média mais de 30% do estoque total da empresa e é a unidade responsável pelo recebimento dos materiais e equipamentos importados.

Atualmente, o almoxarifado da Central é composto por quatro depósitos principais de materiais que são segregados pelas suas devidas características e funções. O depósito de ordens de serviço (DPOS) é destinado para armazenamento dos materiais que serão direcionados para uma aplicação específica na oficina da Central, nesse caso todos os itens armazenados nele já possuem uma programação de utilização e, portanto, estão reservados. O depósito das mangueiras (DPMG) é destinado para armazenar os insumos da fábrica de mangueiras hidráulicas e no depósito de peças usadas (DPPU) são armazenadas as peças em condições de uso que foram retiradas dos equipamentos fora de operação. Por fim, o depósito geral (DPGE) é responsável por armazenar os materiais disponíveis para atender a demanda de materiais dos centros de apoio (Central e Almoxarifado Norte) e todas as demais operações.

Por orientação estratégica, o fluxo de atendimento à demanda de toda a empresa por um material sempre deve passar pela verificação do estoque no depósito geral antes de seguir para aquisição externa. Assim, conforme citado por Ballou (2006) na seção 2.3 sobre o significado da gestão de estoques ótima, busca-se evitar o acúmulo de itens em estoque. Nesse caso, tanto as demandas da própria oficina interna quanto as do Almoxarifado Norte e demais operações, independentemente do tipo de material, são recebidas pela Central que verifica se há disponibilidade do item primeiro em DPPU e, posteriormente, em DPGE. Caso haja saldo em estoque do item, a requisição será atendida e o material será alocado fisicamente na área de transferência para o solicitante. Caso contrário, a requisição será repassada aos compradores responsáveis para darem seguimento ao processo de aquisição externa.

3.3 PROCESSO DE REPOSIÇÃO DE ESTOQUE

Se tratando do processo de reposição de estoque, a U&M adota um sistema de planejamento de necessidade de materiais baseado no consumo histórico. Nesse caso, todos os materiais que são solicitados pelos “clientes internos”, as peças originais e consumíveis de alto e médio giro ou de suprimento crítico, são classificados como peças de reposição automática e possuem sua reposição no DPGE orientada a partir do nível de estoque nesse depósito.

Anualmente a empresa consome, aproximadamente, 28 mil SKU’s diferentes entre peças, consumíveis, pneus, filtros e outros. Desse total, 1008 são classificados como peças de reposição automática e possuem seu ressuprimento orientado conforme o saldo em estoque no depósito geral da unidade Central. Os demais possuem sua reposição orientada a partir da previsão de utilização.

Para os itens gerenciados via reposição automática, os pontos de ressuprimento e estoque máximo são calculados manualmente e parametrizados no SAP. Dessa maneira, semanalmente, a equipe responsável opera uma transação no SAP que gera as requisições de compra dos materiais que atingiram o ponto de ressuprimento definido. Por definição, a transação é gerada uma vez por semana, o tamanho do lote de reposição visa o estoque máximo e a quantidade requerida leva em consideração os pedidos em aberto para o DPGE e, também, a quantidade em estoque nesse depósito. Esse modelo, conforme visto na seção 2.6.3 e de acordo com Grant (2013) pode ser classificado como híbrido, havendo uma combinação dos dois tipos citados por ele ao combinar o ponto de ressuprimento definido, revisão periódica e buscar o estoque máximo na reposição.

Os parâmetros de cada um dos itens de reposição automática são calculados pela equipe do almoxarifado da unidade Central e tem como base o consumo histórico do material e o seu tempo de ressuprimento. Além disso, todos os parâmetros de cada um dos materiais são revisados mensalmente buscando a atualização a partir dos dados mais recentes de consumo e tempo de entrega do fornecedor.

Por diretriz de negócio, se tratando especialmente do consumo, a quantidade média consumida a ser considerada nos cálculos dos parâmetros está sempre dentro do horizonte dos últimos 12 meses. E, ainda, essa quantidade é baseada na perspectiva de demanda local para os itens nacionais e de demanda geral para as peças originais importadas. Dessa forma, a quantidade a ser mantida em estoque na unidade Central para um item de suprimento nacional

estará baseada no consumo da própria Central. Por outro lado, a quantidade que será mantida em estoque para os itens importados estará baseada no consumo de todas as unidades da U&M.

3.4 ANÁLISE DO PROBLEMA

Em função do modelo de negócio da U&M e enfatizando as complexidades relacionadas ao estoque de peças de reposição citadas por Campos e Simon (2019) na seção 2.2, as dificuldades relacionadas ao planejamento de materiais são variadas. Atualmente, a empresa possui uma série de equipamentos e máquinas em diferentes fases do ciclo de vida e, para mais, presta serviços em operações de características que variam desde as condições do solo até o tipo de frota e regras de contrato com o cliente. Dessa maneira, a confiança para a previsão de demanda para cada tipo de peça para cada frota é baixa.

Em função disso, surge a necessidade de empregar um capital considerável no estoque de peças originais, visando aumentar a disponibilidade de máquinas e equipamentos geradores de receita para a empresa, reafirmando o que foi mencionado por Campos e Simon (2019) na seção 2.3. Porém, buscar esse objetivo pode culminar em um aumento excessivo da quantidade estocada, especialmente ao considerar outros fatores logísticos envolvidos no modelo de negócio como: logísticas complexas de transporte de materiais, dificuldades de suprimento e incertezas de demanda e *lead time*.

Diante disso, o acompanhamento dos indicadores de estoque e a melhoria contínua do modelo de reposição utilizado são fatores fundamentais para a otimização do capital empregado no estoque e para a redução dos custos logísticos envolvidos. Assim, evitando o comprometimento do capital de giro que, conforme Slack (2009) na seção 2.2, é uma das razões para evitar o acúmulo de estoques.

De maneira geral, antes da realização deste trabalho, a U&M não possuía indicadores de desempenho definidos e estruturados que fossem orientados a apoiar à tomada de decisão sobre os estoques e suas estratégias. Além disso, os parâmetros dos itens gerenciados via reposição automática eram calculados a partir da Equação 10 e 11. Ao contrário do que sugere Bowersox e Closs (2007) na seção 2.6.1, o estoque de segurança não era considerado no cálculo do ponto de ressuprimento. Já o estoque máximo seguia a Equação 6 proposta por Hara (2012) na seção 2.6.2.

$$PR = CMM \times LTforn \tag{10}$$

$$EMÁX = PR + LC \tag{11}$$

Onde:

PR: ponto de ressuprimento;

CMM: consumo médio mensal;

$LTforn$: lead time médio de ressuprimento do fornecedor;

$EMÁX$: estoque máximo;

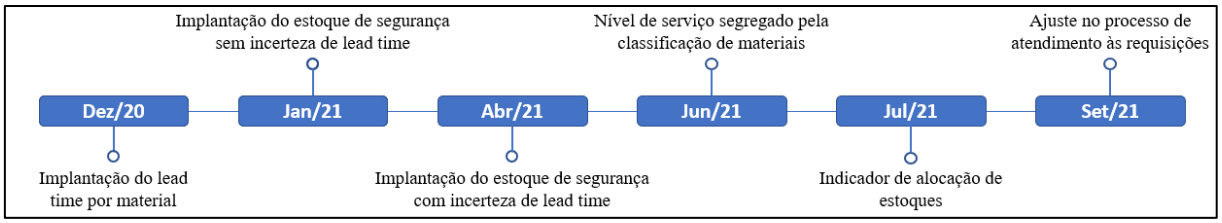
LC: lote de compra ou ressuprimento.

Na Equação 10 utilizada inicialmente pela U&M, o *lead time* considerado para o cálculo do ponto de ressuprimento de um material específico era o do fornecedor. Ademais, não eram consideradas às incertezas de demanda e tempo de ressuprimento. Com isso, e a partir do entendimento das características dos fornecedores da empresa, a fórmula utilizada passou por uma série de ajustes ao longo das etapas de realização da pesquisa-ação. Buscando, conforme Ballou (2006) na seção 2.3, equilibrar custos e o nível adequado de disponibilidade de material para as características do negócio.

3.5 ETAPAS DA PESQUISA-AÇÃO

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, diversas ações foram realizadas visando atingir tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos desse estudo. Todas as principais etapas são descritas na Figura 7 que retrata a linha do tempo das ações aplicadas.

Figura 7: cronograma das ações realizadas.



Fonte: o autor (2021).

3.5.1 *LEAD TIME* POR MATERIAL

A partir do estudo dos tempos de ressuprimento do grupo de peças originais dos três principais fornecedores – que representaram mais de 75% dos pedidos de compra dos itens de reposição automática realizados em 2020 –, identificou-se que o *lead time* médio de um material variava em relação à média geral do próprio fabricante. Na Tabela 3 são comparados os tempos de ressuprimento médio de cada fornecedor – denominados A, B e C – com o tempo médio de cada um dos dez materiais com maior quantidade de requisições.

Tabela 3: tempo médio de entrega do fornecedor por peça.

TOP 10 itens comprados											
	Fornecedor A	**105015**	**128128**	**128070**	**128136**	**125413**	**128749**	**128098**	**76817**	**105126**	**105009**
Tempo de ressuprimento médio (dias)	63,90	56,38	56,86	64,30	60,33	59,30	65,83	71,39	67,50	74,65	55,41
Variação em relação à média do fornecedor		-7,52	-7,04	0,40	-3,57	-4,60	1,93	7,49	3,60	10,75	-8,49
	Fornecedor B	**104057**	**103681**	**108718**	**35952**	**108700**	**108702**	**113238**	**104062**	**108686**	**112444**
Tempo de ressuprimento médio (dias)	93,92	84,95	110,21	56,06	92,20	93,79	96,94	92,47	119,24	74,38	75,32
Variação em relação à média do fornecedor		-8,97	16,29	-37,86	-1,72	-0,13	3,02	-1,45	25,32	-19,54	-18,60
	Fornecedor C	**110618**	**110617**	**110619**	**131687**	**9220**	**105485**	**104042**	**36542**	**10603**	**3416**
Tempo de ressuprimento médio (dias)	12,28	9,28	8,88	17,40	12,60	13,33	10,41	20,42	11,58	5,75	11,50
Variação em relação à média do fornecedor		-3,00	-3,40	5,12	0,32	1,05	-1,87	8,14	-0,70	-6,53	-0,78

Fonte: o autor (2021).

Com base na análise dos tempos de ressuprimento de cada material, foi possível observar que o mesmo fornecedor possuía itens que normalmente eram entregues em um intervalo de tempo menor que a sua média. Da mesma maneira, foi possível notar que alguns itens são mais críticos para o fornecedor e, por isso, tem sua média consideravelmente maior do que a média geral do fornecedor. Via de exemplo, o fornecedor B tem um item que é normalmente entregue com 25 dias a mais em relação à média dos demais itens. Isso acontece pois o fornecedor, no caso o próprio fabricante, pode ter optado por não manter esse item para disponibilidade imediata, sendo necessário solicitar a fabricação do item.

Considerando isso, a Equação 11 utilizada no cálculo do ponto de ressuprimento foi ajustada para considerar o *lead time* por material, conforme Equação 12, visando, conforme Cai *et al.* (2011) na seção 2.5, otimizar o nível de estoque ao usar um tempo de suprimento mais realista para cada item.

$$PR = CMM \times LTmaterial \tag{12}$$

Onde:

PR: ponto de ressuprimento;

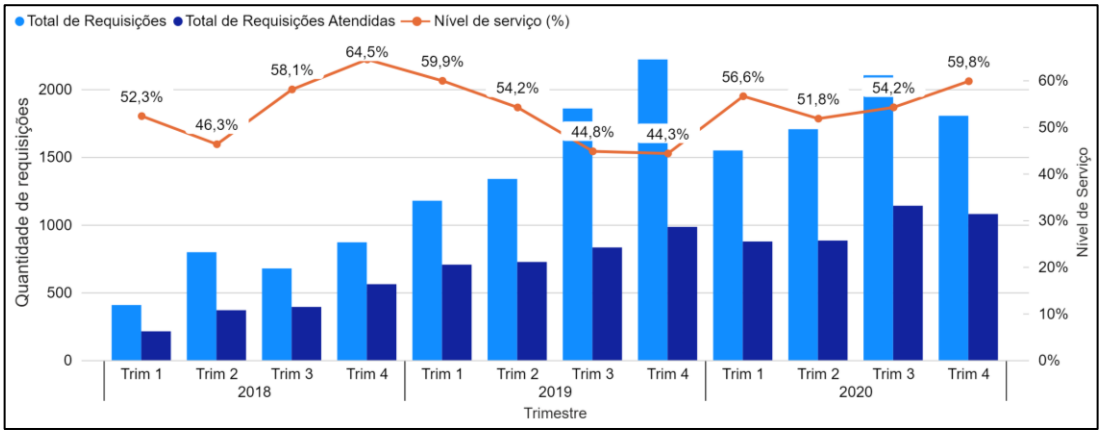
CMM: consumo médio mensal;

$LTmaterial$: lead time médio de ressuprimento do material.

3.5.2 ESTOQUE DE SEGURANÇA SEM INCERTEZA DE *LEAD TIME*

Após a implementação do *lead time* médio do material em substituição ao *lead time* médio do fornecedor, a quantidade de SKU's de reposição automática que não possuíam saldo em estoque no depósito geral começou a ser mensurada. Na primeira medição registrada em dezembro de 2020, o percentual de SKU's sem saldo em estoque era de 18,45%. Para acompanhar o impacto disso, o indicador de nível de serviço foi implementado no setor visando acompanhar a capacidade de atendimento às requisições de materiais da empresa via depósito geral conforme exposto na Figura 8.

Figura 8: nível de serviço das peças de reposição automática no depósito geral.



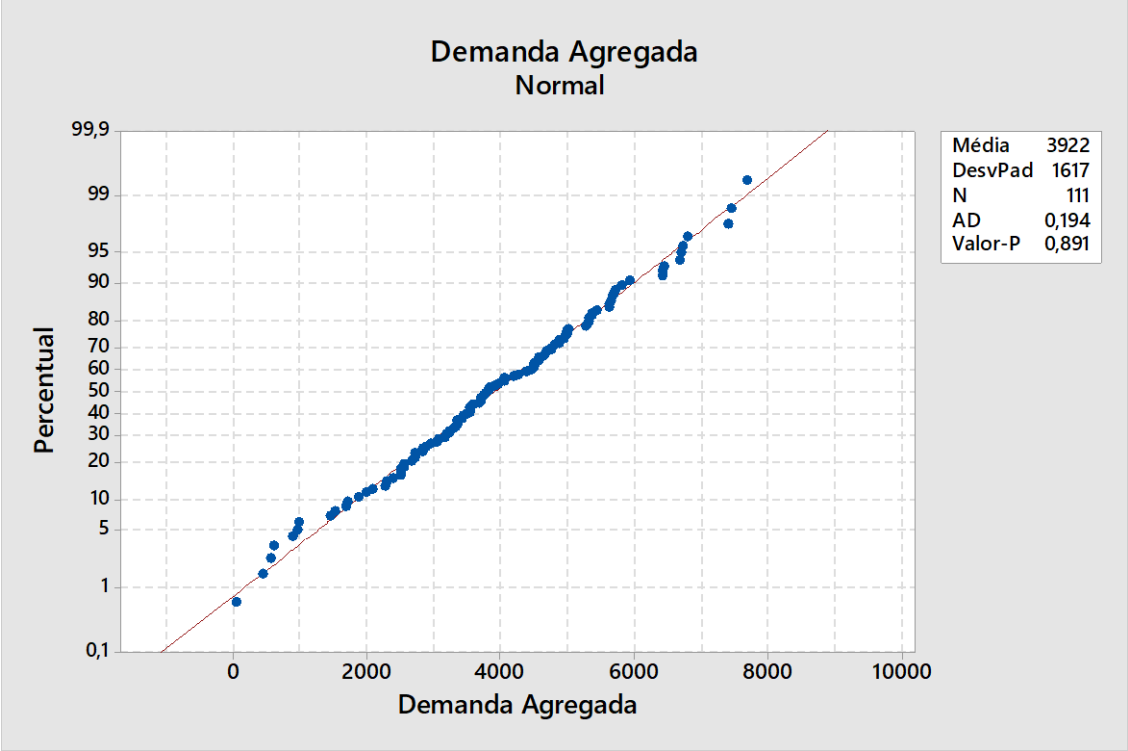
Fonte: o autor (2021).

Na análise do nível de serviço no período compreendido entre 1° de janeiro de 2018 e 31 de dezembro de 2020, foi observado que o percentual de atendimento às requisições era impactado de maneira significativa quando o número de requisições aumentava. Isso, atrelado ao cenário de expectativa de crescimento de demanda interna para 2021, contribuiu para a proposta de incremento do estoque de segurança na Equação 12, visando aumentar o nível de

atendimento à demanda. Pois, conforme citado por Chopra e Meindl (2003) na seção 2.5, o estoque de segurança tem papel fundamental para suportar o impacto das variações de demanda.

Porém, conforme exposto por Côrrea e Côrrea (2017) na seção 2.5, para considerar a Equação 1 a demanda deve seguir uma distribuição normal de probabilidade. Por isso, utilizando o *software Minitab* e os dados de demanda agregada semanal de todos os itens de reposição automática no período de 01 de janeiro de 2019 até 31 de janeiro de 2021, foi feito um teste de normalidade de demanda tal qual proposto a seção 2.6.

Figura 9: teste de normalidade *Anderson-Darling* para a demanda agregada.



Fonte: o autor (2021).

Conforme citado na seção 2.6, para o teste de *Anderson-Darling*, a distribuição será considerada normal se o valor-p for maior que 0,05 e será reforçada se o valor AD obtido através do *software Minitab* for menor que 0,752. No caso do teste de normalidade para a demanda agregada, o valor-p obtido foi de 0,89 e o valor AD foi de 0,194. Portanto, a demanda agregada segue uma distribuição normal de probabilidade e a Equação 13 passou a ser considerada para fins de cálculo do ponto de ressuprimento. Nesse caso, a princípio, o nível de serviço considerado para todos os itens foi de 95% conforme orientação da diretoria do setor, o que representava um fator de serviço (FS) de 1.645.

$$PR = CMM \times LTmaterial + ES' \quad (13)$$

Onde:

PR: ponto de ressuprimento;

CMM: consumo médio mensal;

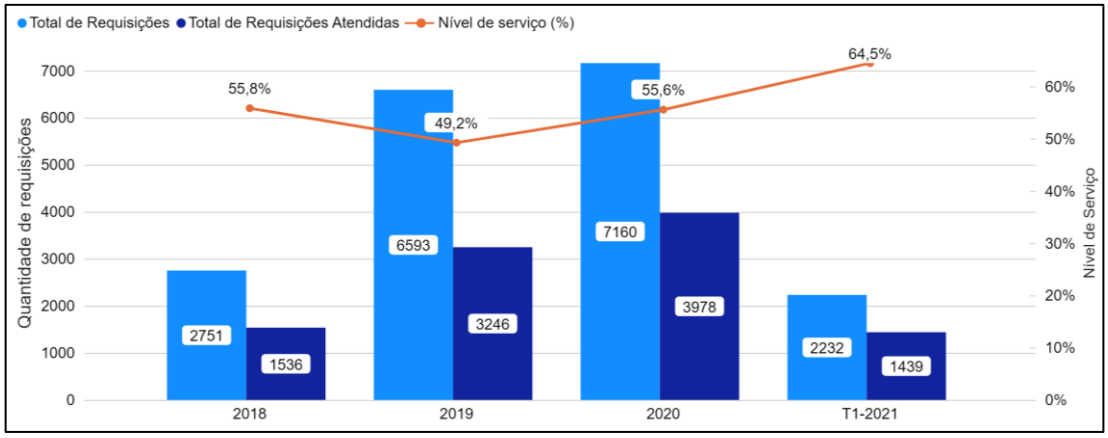
$LTmaterial$: lead time médio de ressuprimento do material;

ES': estoque de segurança (Equação 1).

3.5.3 ESTOQUE DE SEGURANÇA COM INCERTEZA DE *LEAD TIME*

A partir da análise dos resultados obtidos no 1º trimestre de 2021 com a implantação do estoque de segurança sem a incerteza de *lead time*, pôde-se observar a melhoria do nível de serviço ao atingir 64,5% no período, representando um incremento de aproximadamente 9 pontos percentuais em relação à média de 2020 (55,6%), conforme Figura 10.

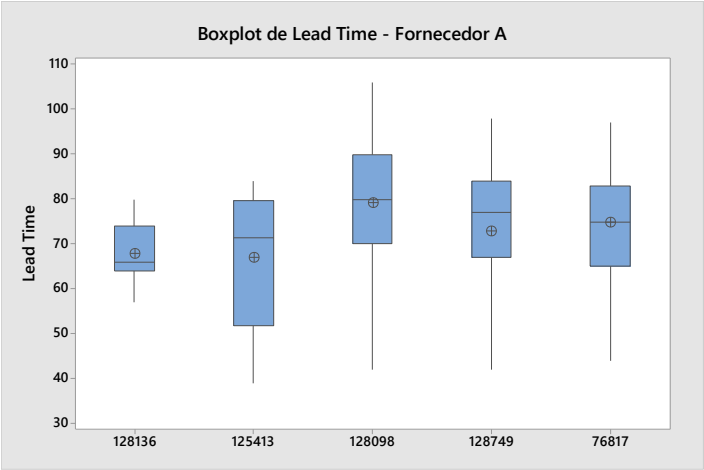
Figura 10: nível de serviço pós aplicação do estoque de segurança.



Fonte: o autor (2021).

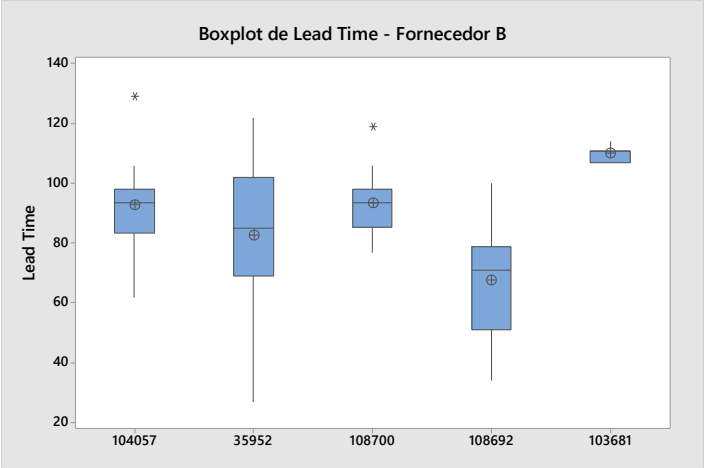
Porém, diante das evidências de dificuldades de abastecimento ao longo de toda a cadeia de suprimentos provocadas pela pandemia e visando otimizar o capital empregado no estoque, foi realizado um estudo dos tempos de ressuprimento dos materiais comprados com os três principais fornecedores de peças de reposição automática da U&M. Na análise, conforme as Figuras 11, 12 e 13, foi possível notar o grau de variabilidade existente para os tempos de ressuprimento de um mesmo fornecedor para cada tipo de material. A comparação de cada caso demonstrada nesse trabalho está restrita aos cinco materiais com maior frequência de recebimentos para cada um dos três fornecedores principais.

Figura 11: variabilidade no tempo de ressuprimento por material para o fornecedor A.



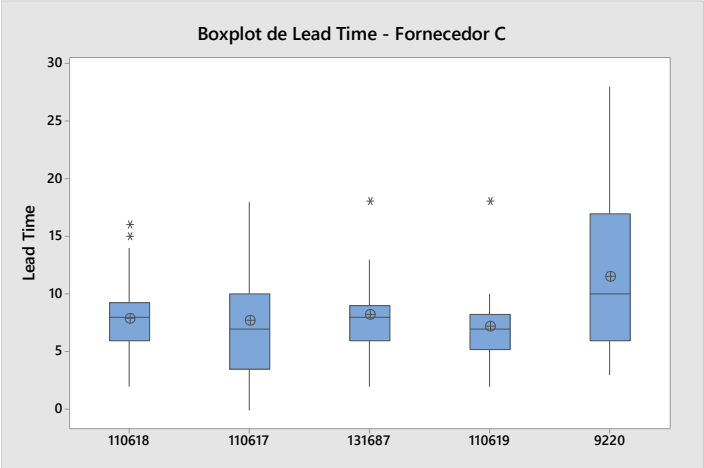
Fonte: o autor (2021).

Figura 12: variabilidade no tempo de ressuprimento por material para o fornecedor B.



Fonte: o autor (2021).

Figura 13: variabilidade no tempo de ressuprimento por material para o fornecedor C.



Fonte: o autor (2021).

Diante dessa avaliação e conforme sugere Ballou (2006) na seção 2.5, afirmando que a variância de demanda deve ser adicionada a variância do *lead time*, o cálculo do ponto de ressuprimento foi ajustado com o objetivo de considerar no estoque de segurança tanto a incerteza de consumo do material, quanto a incerteza no tempo de entrega do fornecedor, conforme a Equação 14.

$$PR = CMM \times LTmaterial + ES'' \tag{14}$$

Onde:

PR: ponto de ressuprimento;

CMM: consumo médio mensal;

$LTmaterial$: lead time médio de ressuprimento do material;

ES': estoque de segurança (Equação 2).

3.5.4 NÍVEL DE SERVIÇO SEGREGADO PELA CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS

Com a definição da equação do cálculo do ponto de ressuprimento, foi observado que aplicar o mesmo nível de serviço para todos os materiais de reposição automática seria oneroso para a empresa. Além disso, no contexto da organização, não é estratégico investir capital no estoque para garantir a mesma disponibilidade de material dos itens de alta, média e baixa popularidade, reafirmando a necessidade de gestão eficiente destacada por Janfrone e Campos (2020) na seção 1.1. Com isso, aplicou-se a classificação econômica (ABC) combinada com a classificação de popularidade (PQR), apresentadas no capítulo 2 e resumidas no Quadro 3.

Quadro 3: classificação combinada e sua definição.

Classificação	Definição
AP	Alto impacto econômico e alta popularidade.
AQ	Alto impacto econômico e média popularidade.
AR	Alto impacto econômico e baixa popularidade.
BP	Médio impacto econômico e alta popularidade.
BQ	Médio impacto econômico e média popularidade.
BR	Médio impacto econômico e baixa popularidade.
CP	Baixo impacto econômico e alta popularidade.
CQ	Baixo impacto econômico e média popularidade.
CR	Baixo impacto econômico e baixa popularidade.

Fonte: o autor (2022).

No contexto da U&M, foi definido que os itens de classificação A representariam 80% dos itens de maior valor consumido nos últimos 12 meses, a classificação B agregaria o intervalo seguinte de 80-90% e a classificação C abrangeria o restante. Se tratando da popularidade, a classificação P abrange os itens com registro de consumo em pelo menos 11 dos últimos 12 meses, a classificação Q assume o intervalo seguinte com consumo em pelo menos 6 dos últimos 12 meses e a classificação R agrupa os demais itens.

Dessa maneira, ambas as classificações tiveram como referência todos os materiais que foram consumidos pela U&M nos últimos 12 meses, sendo atualizadas mensalmente e apresentam o perfil geral conforme a Tabela 4.

Tabela 4: classificação de todos os materiais consumidos pela U&M.

Classificação	SKU's	% do total
AP	526	1,90%
AQ	534	1,93%
AR	549	1,99%
BP	336	1,22%
BQ	591	2,14%
BR	1163	4,21%
CP	719	2,60%
CQ	2501	9,05%
CR	20730	74,98%
Total	**27649**	**100%**

Fonte: o autor (2021).

Se tratando especialmente do universo de materiais classificados como peças de reposição automática, a classificação é reduzida à Tabela 5.

Tabela 5: classificação dos itens de reposição automática no depósito geral.

Classificação	SKU's	% do total
AP	90	8,83%
AQ	120	10,68%
AR	46	4,72%
BP	47	5,03%
BQ	54	5,44%
BR	53	5,85%
CP	83	8,32%
CQ	231	21,05%
CR	284	30,08%
Total	**1008**	**100%**

Fonte: o autor (2021).

Com a classificação estruturada com suas respectivas regras, os níveis de serviço para cada grupo foram definidos pela diretoria de logística e suprimentos da empresa a partir da avaliação do nível de serviço histórico, da verificação da normalidade da demanda agregada desses itens e dos custos de estoque envolvidos por cada fator de serviço, conforme Tabela 6.

Tabela 6: nível de serviço U&M por classificação de material.

Classificação	Nível de serviço	Fator de serviço
AP	70%	0,52
AQ	60%	0,25
AR	60%	0,25
BP	70%	0,52
BQ	70%	0,52
BR	60%	0,25
CP	80%	0,84
CQ	70%	0,52
CR	60%	0,25

Fonte: o autor (2021).

A partir da definição do fator de serviço para cada classificação de material, espera-se que a U&M obtenha um nível de serviço médio de 70% para as peças de reposição automática no longo prazo, baseando-se na quantidade de requisições desses itens no ano de 2020.

3.5.5 INDICADOR DE ALOCAÇÃO DE ESTOQUES

Diante do que foi exposto na seção 2.9, o indicador de alocação de estoques surgiu a partir da percepção de que a U&M poderia ter uma economia de caixa ao deixar de comprar um item para o estoque ao aproveitar um material que estivesse parado em alguma outra unidade da empresa por um determinado período. O objetivo do indicador consistia em avaliar a qualidade do estoque de uma operação com relação ao consumo dos itens nela mantidos. Nesse caso, o indicador tem como *output* quais itens estão no estoque da operação há mais de 12 meses sem apresentar consumo nessa mesma operação há, no mínimo, 12 meses, enquanto apresenta consumo em outras unidades da U&M.

Os primeiros resultados do indicador demonstraram que, aproximadamente, 5% do valor total do estoque da U&M eram itens de demanda recorrente e que estavam armazenados em uma determinada operação há mais de 12 meses sem apresentar registro de consumo nessa mesma operação. Além disso, foi observado também que esses mesmos itens possuíam pedidos de compra em aberto visando a reposição dos estoques tanto para o depósito geral, quanto para

outras operações. Esse fato evidenciou a importância do indicador para controlar a absorção do capital investido em estoque e, também, como um importante recurso de gestão de estoque – que, conforme exposto por Wanke (2011) na seção 2.3, tem a missão de diminuir o nível de estoque sem comprometer a disponibilidade do material.

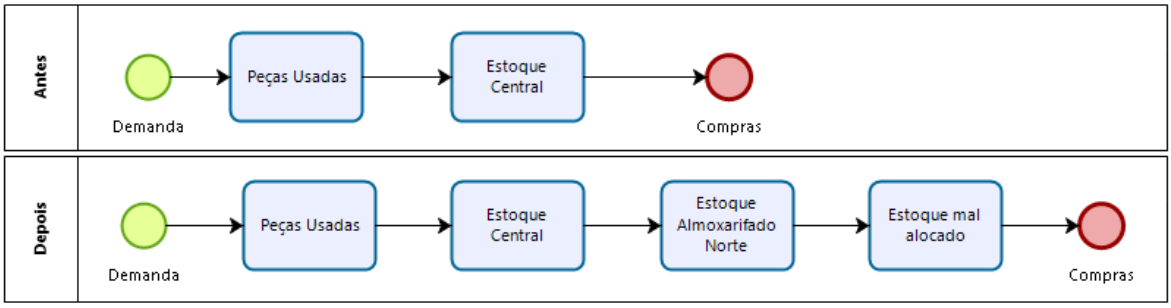
Dessa maneira, visando aumentar o giro do estoque e reduzir a necessidade de investimento em giro, o indicador de alocação de estoques foi implementado na empresa com periodicidade mensal. Além disso, foi traçado um plano de ação inicial com duração de 4 meses – de setembro a dezembro de 2021 - visando a desmobilização em massa desses itens parados em cada operação e o direcionamento para o depósito geral do Almoxarifado Central. Assim, tornando o item disponível para todas as operações da U&M, reduzindo o tempo de atendimento da requisição e evitando a compra desnecessária. O plano de desmobilização em massa foi traçado com o intuito de obter resultados significativos no curto prazo com relação a disponibilidade de material no DPGE e para reduzir os custos de transporte envolvidos.

No caso dos itens de reposição automática, o indicador – que é atualizado mensalmente – também passou a ser utilizado antes de enviar a requisição do item para a compra. Dessa forma, quando o item atinge o ponto de ressuprimento no depósito geral e tem sua reposição automática gerada pelo sistema, o indicador verifica se é um item com possibilidade de atendimento via estoque mal alocado. Assim, serve de referência para solicitar que o material seja transferido de determinada operação para o DPGE na Central. Com isso, tornando o item novamente disponível para todas as unidades da U&M.

3.5.6 AJUSTE NO PROCESSO DE ATENDIMENTO ÀS REQUISIÇÕES

Com o indicador de alocação de estoques desenvolvido, o processo de atendimento às requisições de materiais também foi impactado. Antes, todos os materiais requisitados por toda a U&M eram verificados no DPPU (peças usadas) e, posteriormente, no depósito geral (estoque central). Porém, com o indicador, todo o estoque da U&M indicado como “mal alocado” passou a ser verificado caso não houvesse saldo em estoque no DPGE e nem no Almoxarifado Norte. Nesse caso, se o material requisitado não apresenta saldo em nenhum depósito dos centros de apoio e consta no indicador de alocação de estoques, o item é solicitado para a operação onde está armazenado, que se torna responsável por avaliar a solicitação e despachá-lo para a operação solicitante caso não tenha uma previsão de demanda no curto prazo. A Figura 14 esquematiza processo antes e depois de maneira simplificada.

Figura 14: antes e depois do ajuste no fluxo de atendimento à demanda U&M.



Fonte: o autor (2021).

Com esse ajuste no processo, aumentaram-se os pontos de validação dos estoques da U&M antes do item ser direcionado para a aquisição externa, oferecendo a oportunidade de aproveitar os itens que estão parados no estoque da empresa há mais de 12 meses. Além disso, é importante ressaltar que os itens que são classificados como “mal alocados” apenas são solicitados para alguma operação se o seu preço de aquisição for significativo (maior ou igual a R$10.000,00). Essa medida foi uma estratégia implantada baseada nos fatores que envolvem o volume de requisições por dia, as logísticas complexas entre as operações e para não prejudicar o dia a dia da operação com uma atividade que não está dentro da sua rotina.

3.6 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Diante das características do modelo de negócio da U&M Mineração e Construção S/A, algumas dificuldades foram encontradas ao longo da realização da pesquisa e durante a aplicação das ações. A primeira delas está relacionada a baixa previsibilidade de consumo dos materiais, o que reforça as dificuldades para planejar uma reposição adequada. Via de exemplo, aproximadamente 40% dos itens de reposição automática são de baixa popularidade, mas ao mesmo tempo críticos e, em alguns casos, de alto custo de aquisição. Então, definir a estratégia de ressuprimento que garanta a otimização do capital empregado para esse conjunto de materiais é um desafio.

A segunda dificuldade que pode ser mencionada está relacionada com os próprios fornecedores. As variações significativas nos tempos de ressuprimento de um mesmo fornecedor para um mesmo item é um fator que dificulta a definição de uma política de ressuprimento. Em alguns períodos o fornecedor possui uma alta disponibilidade de materiais e é capaz de oferecer um tempo de ressuprimento com poucas oscilações. Porém, diante das

características dessa cadeia de suprimentos, esse cenário não é constante e determinado material que apresentava pouca incerteza de ressuprimento, entra em falta no mercado.

Além disso, outro ponto de dificuldade que pode ser citado está relacionado ao processo de requisição de materiais por parte das operações da U&M. Os estoques das operações são gerenciados individualmente, a filosofia básica de alocação de material é a "puxada" – conforme foi definido por Ballou (2006) na seção 2.9 – e não há um controle local preciso dos níveis de estoque. Essas condições combinadas representam mais uma dificuldade no processo de reposição dos estoques. As quantidades que são requeridas pelas operações, por vezes, não representam a quantidade que deveria estar sendo solicitada dada as características de consumo da operação e o tempo de transferência ou ressuprimento do material. Como exemplo disso, no caso de um material importado a quantidade mantida em estoque no DPGE visa suprir a demanda de toda a U&M por um determinado intervalo de tempo. Porém, não há nenhuma restrição ou controle sobre o quanto a operação está requisitando de determinado material. Com isso, a operação pode requisitar todo o saldo do material em estoque no depósito geral, ou até mais. Dessa maneira, ela aumenta seu próprio estoque e sua cobertura e enquanto isso é feita a reposição automática desse item no depósito, quando na realidade ainda há estoque, porém, deslocado em outra operação. Isso faz com que uma eventual requisição de outra operação não possa ser atendida pelo DPGE, caso o item não tenha sido reposto. Nesse caso, essa requisição não atendida irá para aquisição externa, causando um acúmulo desnecessário de peças em estoque nas operações e no próprio depósito geral. Assim, reafirmando o que foi exposto por Ballou (2006) na seção 2.9, não há uma atenção específica aos efeitos da propagação das quantidades requeridas para a origem no caso da filosofia puxada.

Por último, as complexidades logísticas entre as unidades da U&M é mais um fator que dificulta o planejamento da reposição dos materiais. Para otimizar os custos de transporte e excluindo os casos de urgência por máquina parada, os materiais são transferidos entre as unidades da empresa quando a quantidade a ser transportada é suficiente para completar o transporte rodoviário ou quando há uma logística de retorno. Porém, o tempo para formar uma carga completa é altamente variável. Então, nesse caso, isso impacta na utilização do estoque mal alocado para atendimento da requisição de outra operação, pois pode ser que o atendimento dessa requisição, caso seja um item nacional, demore mais do que o tempo do próprio fabricante. E, como já citado, a indisponibilidade de materiais pode comprometer a receita da empresa em função das máquinas paradas.

4. RESULTADOS

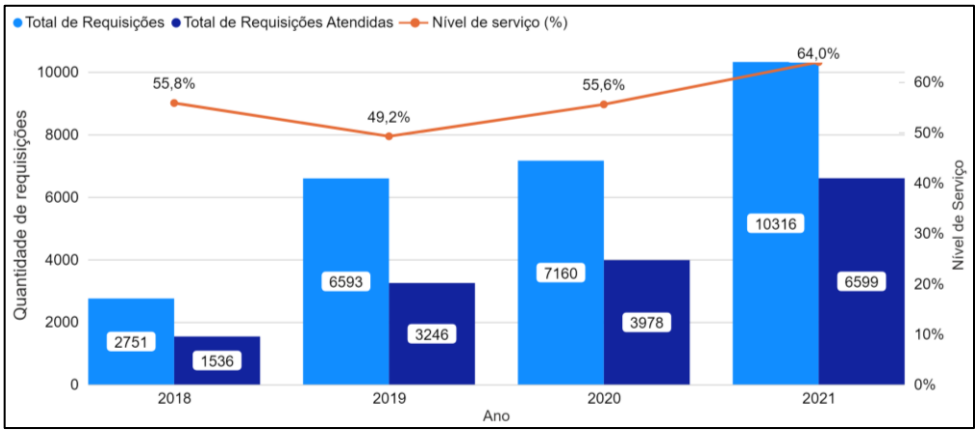
Neste capítulo são abordados os principais resultados obtidos no decorrer do ano de 2021 com a realização deste estudo e a aplicação de todas as ações propostas para o modelo de gerenciamento de estoques da U&M. Os resultados atingidos são apresentados sobre os indicadores de desempenho apresentados na seção 2.8. Além disso, são discutidos os fatores quantitativos e qualitativos que corroboraram para os resultados do estudo.

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS

As ações que foram descritas na seção 3.5 foram implementadas na empresa no período entre dezembro de 2020 e setembro de 2021. Sendo assim, é possível aferir algumas das consequências de curto prazo das ações que foram realizadas e seus impactos para os indicadores de desempenho definidos.

O nível de serviço, conforme descrito na seção 2.5, tem a finalidade de mensurar o percentual de requisições atendidas sobre o total de itens requisitados, medindo a disponibilidade do material no estoque. Especialmente se tratando desse indicador, os materiais requisitados que foram considerados são, somente, os do universo desse objeto de estudo, ou seja, que possuem a reposição automática no depósito geral. Os resultados obtidos são expostos na Figura 15.

Figura 15: nível de serviço anual e quantidade de requisições totais e atendidas.



Fonte: o autor (2022).

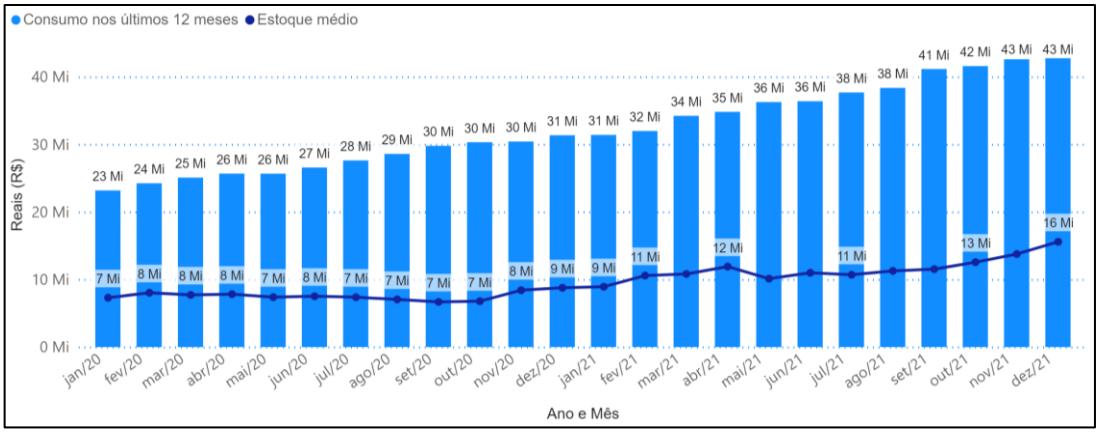
Na observação da Figura 15 é possível notar que o nível de serviço atingiu 64,0% em 2021 ante os 55,6% em 2020, mesmo com um aumento de 44,1% no total de itens requisitados

na comparação entre os dois anos. Do mesmo modo, pode-se observar que o indicador atingiu o maior percentual na série analisada, o que evidência quantitativamente a melhoria da disponibilidade de materiais no estoque.

Com a evolução do nível de serviço, outro indicador que sofreu variações importantes é o estoque médio. Conforme citado por Lustosa *et al*. (2008) na subseção 2.8.1, o estoque médio é um dos pontos de partida para avaliar a gestão dos estoques e relembrando Gupta *et al.* (2000) na seção 2.5, quanto maior o nível de serviço, maior o custo associado. Nesse sentido, o estoque médio da empresa aumentou 77,6% entre dezembro de 2020 e dezembro de 2021.

O estoque médio foi calculado conforme Equação 7 na subseção 2.8.1, para essa avaliação foi considerado como estoque inicial o saldo em estoque no primeiro dia do mês e o estoque final como o saldo no último dia do mês. Essa evolução mensal do estoque médio é representada na Figura 16.

Figura 16: estoque médio DPGE e consumo anual.



Fonte: o autor (2022).

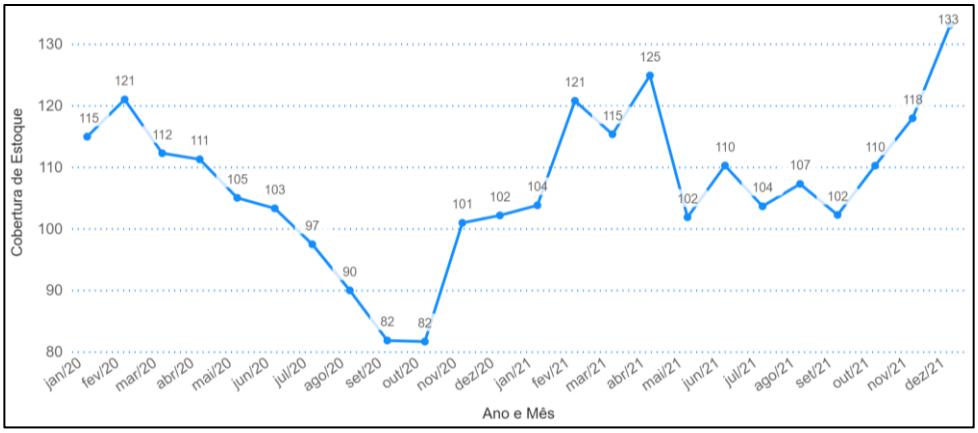
Na Figura 16, apesar da evolução significativa do valor do estoque médio no decorrer do ano de 2021, também pôde-se notar a evolução do valor de consumo anual dos materiais, que encerrou 2021 com 38,1% de aumento em relação ao final de 2020. O consumo anual dos itens representa o montante consumido - representado pela relação de preço médio móvel e quantidade consumida - nos últimos 12 meses. Nesse caso, foi considerado o consumo nos últimos 12 meses em função da estratégia de cálculo dos parâmetros dos itens de reposição automática terem esse horizonte de planejamento.

Embora o estoque médio tenha aumentado no decorrer do ano de 2021, a cobertura do estoque apresentou uma tendência de queda até setembro de 2021, conforme Figura 17. A partir disso, nos últimos meses do ano, a cobertura aumentou consideravelmente em função das

desmobilizações de estoque mal alocado. O cálculo da cobertura de estoque segue a Equação 9 proposta por Lustosa *et al*. (2008) na subseção 2.8.3, em que o estoque considerado é o médio do mês e a demanda média considerada é o consumo nos últimos 12 meses, havendo uma conversão para que a unidade de cobertura seja em dias.

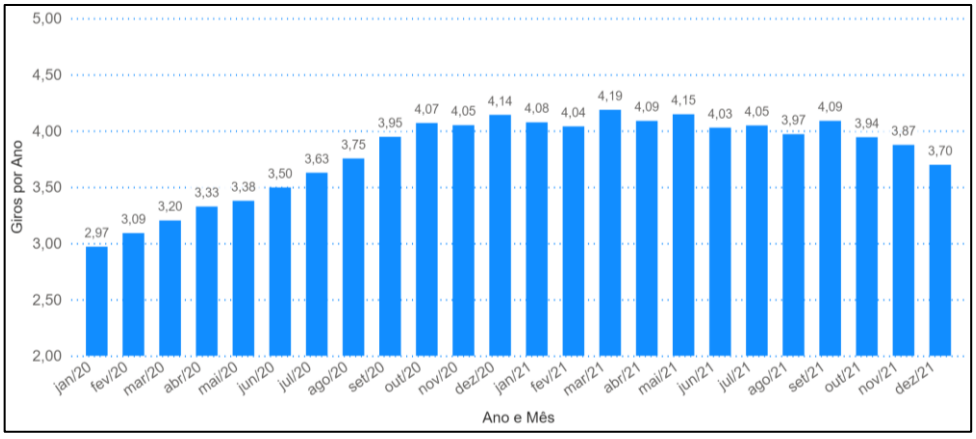
Apesar da tendência de queda da cobertura ao longo de parte do ano de 2021, o indicador de giro de estoque apresentou uma variação lateralizada entre os meses de setembro de 2020 e setembro de 2021, se mantendo entre 3.95 e 4.19 giros por ano, conforme Figura 18. Nesse caso, a mensuração do giro de estoque seguiu a Equação 8 proposta por Ballou (2006) citada na subseção 2.8.2, considerando o estoque médio dos últimos 12 meses como o investimento médio em estoque e a demanda anual a custo de estoque como o próprio consumo anual. Dessa maneira, o indicador representa quantas vezes o estoque dos materiais analisados gira por ano.

Figura 17: cobertura de estoque.



Fonte: o autor (2022).

Figura 18: giro de estoque.

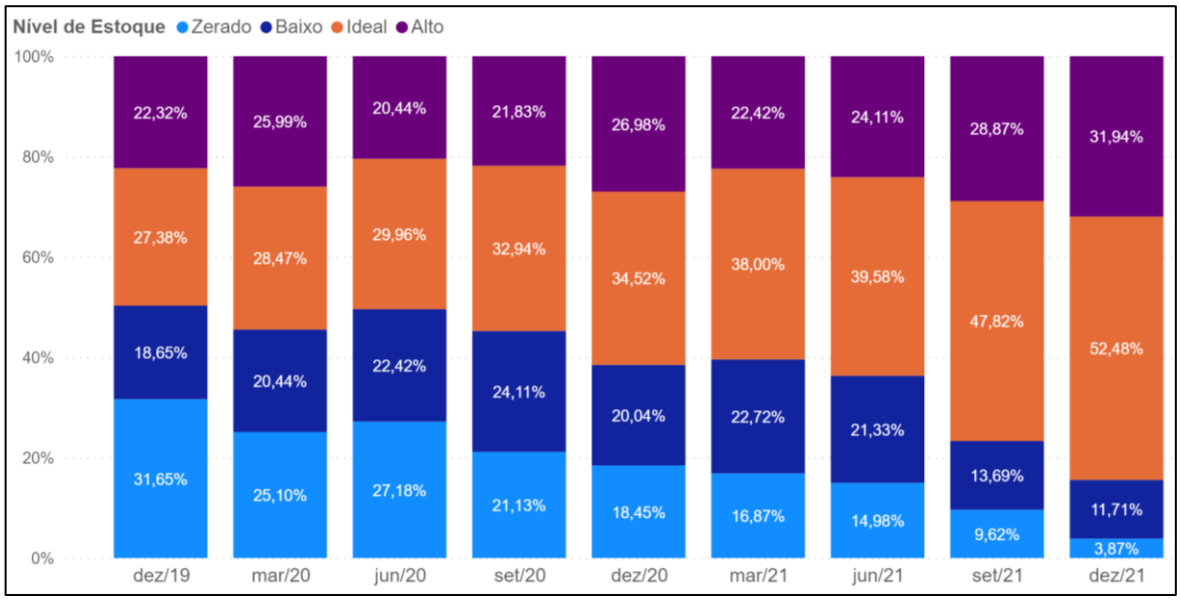


Fonte: o autor (2022).

Além disso, o nível de estoque é outro indicador que demonstra o impacto das atividades desenvolvidas ao longo da pesquisa-ação. Na Figura 19, é possível acompanhar a relação percentual entre as faixas de nível de estoque definidas a partir do cálculo dos parâmetros de ponto de ressuprimento e estoque máximo, conforme Equações 4 e 6 apresentadas, respectivamente, nas subseções 2.7.1 e 2.7.2.

O método utilizado para classificar os materiais com relação ao seu nível de estoque (zerado, baixo, ideal ou alto) está relacionado ao seu saldo em estoque na data de fechamento do trimestre. Nesse caso, os materiais que são classificados como “zerado” não apresentavam saldo em estoque na data de fechamento do trimestre. Os itens com nível de estoque “baixo” apresentavam saldo em estoque menor que o ponto de ressuprimento, enquanto os classificados como “alto” apresentavam saldo maior que o estoque máximo. Os materiais classificados como “ideal” apresentam saldo em estoque dentro do intervalo definido pelo ponto de ressuprimento e o estoque máximo.

Figura 19: nível de estoque trimestral.



Fonte: o autor (2022).

4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As ações desenvolvidas ao longo da realização deste trabalho trouxeram contribuições significativas para a empresa. O principal resultado da pesquisa está relacionado a implantação do controle a partir dos indicadores definidos na seção 2.8. O monitoramento contínuo dos resultados permite que a gestão de estoques conduza ações que possibilitem a maior eficiência

e o aproveitamento dos estoques da empresa, otimizando o capital empregado. Da mesma maneira, o acompanhamento dos indicadores permite que as causas raízes das variações sejam identificadas e que as melhorias sejam realizadas e mensuradas quantitativamente, servindo como uma importante ferramenta no apoio às decisões estratégicas de estoque.

Ainda que o impacto de cada ação não possa ser mensurado individualmente, os resultados obtidos no fechamento do ano de 2021 e expostos na seção 4.1 demonstraram que as ações realizadas impactaram os indicadores de estoque da U&M. O nível de serviço, por exemplo, atingiu o maior percentual dentro da série analisada mesmo diante de um cenário externo de dificuldades de suprimento por parte dos fornecedores, principalmente no 1º semestre de 2021. Os dois principais fornecedores de materiais importados da empresa - que juntos representam, em média, mais de 85% do valor em estoque no depósito geral - tiveram aumento de, aproximadamente, 25% no tempo de ressuprimento, saindo de 78 dias em 2020 para 96 dias em 2021. Outro ponto é o volume de itens requisitados, que em 2021 teve um aumento de 44% em relação a 2020. Nesse caso, demonstrando que a implantação do estoque de segurança no cálculo do ponto de ressuprimento foi um fator importante para suportar as oscilações de demanda e tempo de entrega do fornecedor. Logicamente, por consequência do conjunto de fatores, houve a necessidade de ajustar o ponto de ressuprimento das peças de reposição automática e aumentar o nível de estoque.

Outros fatores que corroboram para o incremento do estoque médio estão relacionados ao impacto da variação de preço no mercado externo. De acordo com o relatório gerencial da empresa, em 2021 o valor de estoque sofreu impacto de, aproximadamente, 15% em função da variação de preço dos fornecedores em relação a 2020.

Além disso, entre janeiro e maio de 2021 a empresa passou pela mobilização de duas novas operações. Esse cenário é outro fator que contribuiu para o aumento da cobertura de estoque do depósito geral nesse período. Houve a necessidade de preparar os estoques considerando a previsão de utilização dos materiais diante dos equipamentos que iriam compor o plano de mobilização das novas operações. Após a preparação e transferência desse estoque inicial para essas operações, que ocorreu em maio de 2021, foi possível notar, conforme a Figura 17, que a cobertura reduziu cerca de 23 dias e se manteve estável até setembro de 2021. Logicamente, o estoque médio do depósito geral seguiu o mesmo comportamento.

A partir do mês de setembro, todos os indicadores de desempenho do depósito geral, exceto o nível de serviço, apresentaram piores resultados. Esse fato está relacionado com a criação do indicador de estoque mal alocado e ao plano de desmobilização dos itens desse

indicador, conforme exposto na subseção 3.5.5. Com essa desmobilização, os itens que estavam mal alocados nas operações retornaram para o depósito geral e, em função disso, houve um aumento não planejado do estoque médio em 63,3%. Por consequência, isso impactou o percentual de materiais com saldo em estoque acima do estoque máximo, que em dezembro de 2021 apresentou o maior percentual da série analisada – exatamente quando o plano de desmobilização foi concluído -, conforme a Figura 19. Porém, a tendência para os próximos meses é que esse percentual diminua à medida que os itens sejam requisitados, aumentando o giro de estoque desses materiais.

No entanto, apesar da desmobilização do estoque mal alocado ter impactado negativamente os indicadores, é esperado que para o próximo trimestre os impactos sejam amenizados e os indicadores demonstrem resultados melhores. A mudança no processo de atendimento as requisições, ao validar o estoque de ambos os almoxarifados e o indicador de estoque mal alocado, tende a evitar o acúmulo excessivo dos estoques ao impedir que os itens sejam comprados para estoque sem a real necessidade, conforme foi exposto na subseção 3.5.6.

Nesse sentido, cabe ressaltar que a expansão do indicador para a totalidade do estoque da empresa trouxe impactos positivos ao representar, em 3 meses, uma economia de caixa de, aproximadamente, 3 milhões de reais. O que representa quase 19% do estoque dos materiais objetos desse estudo no depósito geral. Nesse caso, foi a economia gerada com a maior disponibilidade de itens dentro do depósito geral e do impacto do ajuste no processo de atendimento às requisições ao agregar ao fluxo a etapa de verificação do estoque mal alocado.

Outro ponto importante, que também pode ser observado na Figura 19, está relacionado ao percentual de itens sem saldo em estoque: apenas 3,87% dos SKU’s não tinham estoque no DPGE no final do ano de 2021, sendo o menor percentual dentro da série analisada. Por outro lado, a quantidade de itens classificados como “estoque alto” atingiu o maior valor. Com isso, também é de se esperar que o indicador de nível de serviço apresente resultados melhores nos próximos meses.

Portanto, o cenário apresentado corrobora com os autores citados no trabalho que criticam os níveis altos de estoques para produtos específicos, ou seja, itens de baixo giro. Também reforça a necessidade de um gerenciamento adequado para manter em estoque somente aquilo que é realmente necessário, evitando assim os estoques mal alocados. Por fim, o uso racional do estoque vai ao encontro das melhores práticas mostradas na revisão do trabalho e assume que existe um *trade-off* em relação aos custos de estoques e o nível de serviço.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gerenciamento de estoques, conforme exposto ao longo do desenvolvimento deste trabalho, assume um papel fundamental para o sucesso das organizações. No caso da U&M, a indisponibilidade de peças é um fator que pode prejudicar a disponibilidade das máquinas e equipamentos geradores de receita, impactando negativamente o resultado financeiro da companhia. Por isso, uma gestão de estoques eficiente é essencial para garantir que os almoxarifados tenham um nível de serviço adequado, sem que haja um comprometimento excessivo do capital de giro.

Dessa maneira, este trabalho teve como principal objetivo identificar melhorias e propor soluções no modelo de gestão de estoques utilizado pela U&M, visando agregar mais embasamento quantitativo para o processo de tomadas de decisões de ressuprimentos dos materiais.

Antes da realização desta pesquisa-ação, a empresa fazia uso de um modelo de reposição simples que levava em consideração somente o consumo dos materiais e o tempo de entrega do fornecedor. Dessa maneira, não levava em consideração as incertezas envolvidas na cadeia de suprimentos, como a variação da demanda e do tempo de ressuprimento, assim como não tinha estratégias de reposição que considerava o impacto financeiro e operacional. Além disso, não havia monitoramento de nenhum indicador de desempenho estruturado relacionado a gestão de estoques.

Diante disso, a partir de todas as atividades realizadas ao longo das etapas de desenvolvimento do trabalho, é possível concluir que a empresa obteve melhorias no seu modelo de gestão ao fortalecer sua capacidade de planejamento e controle dos níveis adequados de estoque. Dessa forma, ao compreender o impacto econômico (classificação ABC) e operacional (classificação PQR) de cada um dos itens, é capaz de direcionar esforços para o desenvolvimento de projetos-chaves com foco na redução do capital imobilizado em estoque. A exemplo disso, atualmente está em execução um plano de mobilização de estoques no Brasil junto aos dois principais fornecedores de peças importadas, visando reduzir o tempo de ressuprimento e, por consequência, o capital imobilizado em estoque por parte da U&M. Nesse caso, a mobilização desse estoque é gradual e a classificação de materiais é fundamental para nortear as prioridades para o fornecedor.

Com a implantação das ações de melhoria espera-se que a U&M esteja mais preparada para lidar com as incertezas intrínsecas ao seu modelo de negócio, ao absorver, por exemplo,

um pico de demanda ou atraso do fornecedor com a utilização do estoque de segurança. Também é esperado que nos próximos meses os indicadores apresentem resultados melhores, principalmente com relação ao giro de estoque, cobertura e nível de serviço.

Além disso, era esperado que a realização deste trabalho trouxesse contribuições culturais para o processo de gestão de estoques para toda a organização, se expandindo para às demais operações. Com os resultados alcançados até aqui para o universo de análise desse estudo, ficou definido pela Diretoria de Suprimento e Logística da U&M que o modelo utilizado e os conceitos aplicados para as peças de reposição automática sejam expandidos para todas as operações até o final de 2022.

Por último, ao longo da realização desta pesquisa-ação foram identificadas outras oportunidades de melhorias. Nesse caso, como sugestão para trabalhos futuros, uma abordagem com potencial significativo seria a avaliação do fluxo de atendimento às requisições de operações por parte dos almoxarifados. Como foi mencionado na seção 4.2, é um processo importante para evitar o acúmulo excessivo de estoque em um ponto próximo do consumidor final (operação). Dessa maneira, seria importante uma avaliação crítica do processo de requisições e também da filosofia de gerenciamento com relação a alocação de estoque, se centralizado ou descentralizado, visando a otimização do capital empregado ao controlar o que é requisitado pelas operações, o quanto e para quando.

REFERÊNCIAS

ABEPRO - ASSOCIAÇAO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Engenharia de Produção: Grande Área e Diretrizes Curriculares.** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/DiretrCurr19981.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2021.

AKTOUF, O. **Cooperação como condição necessária para criação de riqueza regional, nacional e global.** Revista de Administração da Fead-Minas, v. 4, nº 1, jun. 2007, pp. 9-31.

ÂNGELO, Lívia B. **Indicadores de desempenho logístico**. GELOG-UFSC. Florianópolis, 2005.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial.** Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARBIERI, J. C.; MACHLINE, C. **Logística Hospitalar: teoria e prática.** 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento.** 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

BLATT, C. R.; CAMPOS, C. M. T.; BECKER, I. R. T. **Armazenamento e Distribuição de Medicamentos.** Apostila, Santa Catarina, UFSC: 2013.

BRASIL. **Plano Nacional de Mineração 2030: geologia, mineração e transformação mineral**. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2011. 128p.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. **Gestão da cadeia de suprimentos e logística.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CAI, Y.; ZHANG, M. F.; HUANG, L. **Safety stock management based on lead time optimization.** International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE) International Conference, Lushan, China, p. 6150-6153, 2011.

CAMPOS, R.; SIMON, A. **Benefícios da otimização do estoque de peças de reposição em conjunto com as operações de manutenção.** Exacta, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 63-80, 2019.

CARDOSO, D. M. **Evolução recente do market share das exportações minerais brasileiras. Radar: tecnologia, produção e comércio exterior.** IPEA, Brasília, v. 65, p. 24-28, 2021.

CARDOSO, G.; QUIRÓS, D. C.; SOUZA, G. S.; RIBEIRO, K. C. DE S. **Gestão de estoques e desempenho das empresas Brasileiras.** Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPeC), v. 14, n. 1, 31 mar. 2020.

CHIAVENATO, Idalberto. **Planejamento e controle da produção.** 2 ed. Barueri, SP: Manole, 2008.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: estratégia, planejamento e operação.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos.** 5 ed. São Paulo: Cengage, 2018.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2017. 591p.

CORRÊA, Henrique Luiz. **Gestão de redes de suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado.** São Paulo: Atlas, 2010.

DIAS, Marco A. **Administração de materiais: uma abordagem logística.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

FACCHINI, E.; DA SILVA, J. R.; LEITE, V. M.. **Curva abc e estoque de segurança**. South American Development Society Journal, v. 5, n. 13, p. 73, abr. 2019. Disponível em: <http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/191>. Acesso em: 19 ago. 2021.

FARIA, Felipe A. **Estudo da centralização de estoques em um sistema de distribuição de medicamentos.** Brasília, 2016.

FERNANDES, Milton G. F. **Simulação de estratégias de reposição de estoques em uma cadeia de suprimentos com dois estágios**. São Paulo, 2007.

FERREIRA, A. I. R.; SOUZA, A. M. M.; SILVA, D. T.; Testes estatísticos para diagnóstico da normalidade de uma distribuição de dados. Congresso Nacional de Iniciação Cientifica (Conic-Semesp), v. 01, n. 01. Campinas: Faculdade Anhanguera, 2013.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002.

GARCIA, E. S.; LACERDA, L. S.; AROZO, R. **Gerenciando incertezas no planejamento logístico: o papel do estoque de segurança.** Revista Tecnologística, v. 63, p. 36-42, fev. 2001.

GASNIER, D. G. **A dinâmica dos estoques: guia prático para planejamento, gestão de materiais e logística.** São Paulo: IMAM. 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GRANT, David B. **Gestão de logística e cadeia de suprimentos**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

GRAZIADIO, T. **Estudo comparativo entre os fornecedores de componentes automotivos de plantas convencionais e modulares.** Tese, 185 f. (Doutorado em Engenharia de Produção). São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2004.

GUPTA, A.; MARANAS, C. D.; MCDONALD, C. M. **Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: customer demand satisfaction and inventory management.** Computers and Chemical Engineering, n. 24, pp. 2613-2621, 2000.

HARA, C. M. **Administração de recursos materiais e patrimoniais.** Campinas: Alínea, 2012.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Riscos e oportunidades de negócios em mineração e metais no brasil.** 2021. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Estudo-Mineracao-e-Metais_EY-e-IBRAM_Versao-050421.pdf/>. Acesso em: 1 jun. 2021.

JANFRONE, A. S.; CAMPOS, R. R. de. **Gestão de estoque de peças sobressalentes: um estudo de caso para redução de horas de máquina parada em uma indústria do ramo metalúrgico.** Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 613-624, 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.765. Disponível em: https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/765. Acesso em: 16 ago. 2021.

KOBAYASHI, Shunichi. **Renovação da logística: como definir estratégias de distribuição global.** 1 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KRAJEWSKI, L., RITZMAN L., MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações.** 8 ed., SP: Pearson, 2009.

LUTOSA, L; MESQUITA, M.A; QUELHAS, O; OLIVEIRA, R. **Planejamento e controle da Produção.** Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.

MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MIGUEL, P. A. C. (organizador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MILLSTEIN, M. A.; YANG, L.; LI, H. **Optimizing ABC inventory groping decisions.** International Journal of Production Economics, v. 148, p.71-80, 2014.

MINADEO, R. **Inovações em serviços: adoção do Just in Time pela rede varejista Zara.** GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, p. 35-48, 2012.

MIOT, H. A. **Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais**. Jornal Vascular Brasileiro, v. 16, n. 2, p. 88-91, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/175025>. Acesso em: 23 dez. 2021.

MOTTA, J. P. O. F.; CAMUZI, R. C. **Sistemas de classificação de materiais aplicados à gestão de medicamentos: uma revisão narrativa da literatura**. Revista Brasileira de Farmácia, v. 98, n. 1, p. 1965-1985, 2017.

MOURA, Benjamin C. **Logística: conceitos e tendências.** Lisboa: Centro Atlântico, 2010.

MORAES, Celso Francisco de; FERREIRA, João Roberto; BALESTRASSI, Pedro Paulo. **Análise crítica da aplicação de métodos estatísticos em processos definidos por dados**

que não apresentam distribuição normal. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bauru: UNESP, 2005.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Curitiba: Unicenp, 2007.

PEREZ, M. M.; FAMÁ, R. **Ativos intangíveis e o desempenho empresarial.** Revista Contabilidade & Finanças - USP, v. 17, n. 40, p. 7-24, 2006.

PINHEIRO, J. C. F. **A importância econômica da mineração no Brasil**. Apresentação Rede Nacional de Informações sobre o Investimento, 2011. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/sistemas_web/renai/public/arquivo/arq1314392332.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2021.

PIRES, C. M. **Utilização da Tecnologia da Informação na Cadeia Logística Hospitalar.** Tese de Doutorado. PUC-Rio, 2013. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.pucrio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=23015@1>. Acesso em: 19 ago. 2021.

PORTER, Michael E. **Vantagem Competitiva.** Rio de Janeiro: Campus, 1989.

RAMAEKERS, Katrien; JANSSENS, Gerrit K.. **On the choice of a demand distribution for inventory management models**. European Journal Of Industrial Engineering, Diepenbeek, Bélgica, p. 479-491. 23 maio 2008.

ROSSETI, Eraida K.; BARROS, Mauricio S.; TÓDERO, Mirele; DELINOL, Silvio; CAMARGO, Maria E. **Sistema Just in Time: conceitos imprescindíveis.** Revista Qualitas. Caxias do Sul, 2008.

SCANDIUZZI, Fernando. **Integração da cadeia de suprimento no Brasil: um estudo em empresa de grande porte.** São Paulo, 2011.

SHARAF, M. A.; HELMY, H. A. **A classification model for inventory management of spare parts.** International Conference on Production, Industrial Engineering, Design and Control-Pedac, p. 375-382, 2001.

SILVA, C. B. A.; MADEIRA, G. J. **Gestão de Estoques e Lucro da Empresa.** Contabilidade Vista & Revista, v. 15, n. 2, p. 41-52, 2004. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/contabilidadevistaerevista/article/view/256/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p. Disponível em: <www.posarq.ufsc.br/download/metPesq.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2021.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** 3ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, A. F.; SILVA, M. T. **Supply chain management no processo de fornecimento de peças para reparos de automóveis**. South American Development Society Journal, [S.l.], v. 4, n. Esp01, p. 43, nov. 2018. ISSN 2446-5763. Disponível em: <http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/176>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SZABO, Viviane. **Gestão de estoques.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

TADEU, Hugo Ferreira Braga. **Gestão de Estoques: fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas.** São Paulo: Cengage Learning, 2010.

VIANA, J. J. **Administração de materiais: um enfoque prático.** São Paulo: Atlas, 2006.

WANKE, P. F. **Gestão de estoques na cadeia de suprimentos: decisões e modelos quantitativos.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 01 de FEVEREIRO de 2022.

MATHEUS ABREU BITTENCOURT — 201649043
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A) — Matrícula

Mathus Abreu Bittencourt — 001.391.596-08
ASSINATURA — CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.

ANEXO B – DECLARAÇÃO DA EMPRESA

Declaro para os devidos fins, que Matheus Abreu Bittencourt funcionário da empresa possui autorização para divulgar o nome da empresa U&M Mineração e Construção S/A bem como dados não confidenciais na elaboração de seu trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Juiz de Fora, 01 de fevereiro de 2022.

Luciana Mostaro Neves Lima

U&M MINERAÇÃO E
CONSTRUÇÃO S/A
18.540.906/0008-30