

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
CAMPUS DE ITABIRA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Nadine Travágia dos Santos Pereira

**Redução do índice de retrabalho por meio da aplicação do método DMAIC:
Um estudo de caso em uma lavanderia industrial**

Itabira
2022

Nadine Travágua dos Santos Pereira

**Redução do índice de retrabalho por meio da aplicação do método DMAIC:
Um estudo de caso em uma lavanderia industrial**

Dissertação submetida ao Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá – campus de Itabira para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção – mestrado profissional.

Orientador: Prof. Isabela Maganha, Dr.
Coorientador: Prof. Leonardo Albergaria, Dr

Itabira

2022

Ficha de identificação da obra

Pereira, Nadine

Redução do índice de retrabalho por meio da aplicação do método DMAIC: Um estudo de caso em uma lavanderia industrial/ Pereira, Nadine; orientadora, Isabela Maganha, 2022. 78 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Itabira, 2022.

Inclui referências.

1. Lavanderia Industrial. 2. DMAIC. 3. Indicador de Desempenho. I. Maganha, Isabela. II. Albergaria, Leonardo. III. Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. IV. Título.

Nadine Traváglia dos Santos Pereira

Redução do índice de retrabalho por meio da aplicação do método DMAIC: Um estudo de caso em uma lavanderia industrial

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.a Isabela Maganha, Dr.a (Orientadora)

Universidade Federal de Itajubá

Prof. Leonardo Albergaria, Dr. (Coorientador)

Universidade Federal de Itajubá

Prof.a Tábata Nakagomi Fernandes Pereira, Dr.a (Avaliadora interna)

Universidade Federal de Itajubá

Prof.a Simone Carneiro Streitenberger, Dr.a (Avaliadora externa)

Universidade Federal de Itajubá

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção – mestrado profissional obtido pelo Mestrado Profissional em Engenharia de Produção.

Coordenação do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção

Prof.a. Isabela Maganha, Dra.

Orientadora

Prof. Leonardo Albergaria, Dr.

Coorientador

Itabira, 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por essa e por todas as oportunidades que me foram dadas.

Agradeço aos meus pais, principais responsáveis e apoiadores de cada conquista minha.

Agradeço ao Bernardo, por todo apoio e suporte.

A minha vó, que agora lá de cima, ainda cuida de mim.

A minha orientadora, Profa. Dra. Isabela Maganha, que desde o início acreditou que esse trabalho seria possível, e me ajudou a torná-lo realidade.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Leonardo Albergaria, que junto a minha orientadora auxiliou na condução do presente trabalho.

Aos meus colegas da UNIFEI, que mesmo de longe, foram essenciais nessa jornada.

A lavanderia, e a cada pessoa que fez ou faz parte dela, que me proporcionaram tanto crescimento profissional e pessoal.

RESUMO

As lavanderias industriais, uma das representantes do setor têxtil no Brasil, são um serviço de apoio importante para a sociedade, pois suportam o funcionamento de hospitais, indústrias, hotéis e outros. No entanto, essas indústrias enfrentam dificuldades de gerenciamento e precisam lidar com a falta de controles operacionais.

Nesse sentido, realizou-se uma revisão integrativa da literatura para conhecer o contexto em que as lavanderias industriais estão inseridas. Os resultados dessa revisão mostram que existem poucos estudos relacionados aos controles operacionais e à utilização de indicadores de desempenho para acompanhar os processos produtivos de lavanderias industriais.

Com base nesse resultado, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura para analisar o uso de indicadores de desempenho para o controle dos processos das lavanderias industriais. Esta revisão focou em identificar quais indicadores de desempenho geralmente são associados a aplicação do método DMAIC (*define, measure, analyse, improve, control*). O DMAIC faz parte da filosofia *Six Sigma* e serve como um roteiro padrão para guiar e facilitar o desenvolvimento de um projeto de melhoria, organizando as técnicas utilizadas em cada etapa. As descobertas das revisões da literatura permitiram identificar lacunas e oportunidades para pesquisas futuras nessa área, entre as quais se destacam o desenvolvimento de estudos com foco na melhoria das operações produtivas, a aplicação de ferramentas da qualidade para a melhoria das operações produtivas e a determinação de indicadores para controlar as operações produtivas e medir o seu desempenho.

No intuito de contribuir para suprir essas lacunas, este trabalho teve como objetivo reduzir o índice de retrabalho do processo de higienização em uma lavanderia indústria, através da aplicação do método DMAIC. A metodologia adotada para alcançar foi o estudo de caso, que foi realizado em uma lavanderia industrial de Belo Horizonte e região metropolitana.

Os resultados do estudo de caso permitiram entender e analisar o fluxo do processo de lavagem de enxoval, além de medir o índice de retrabalho, identificando as principais causas e propondo ações para reduzi-lo. Assim, o método DMAIC, bem como o uso e desenvolvimento de indicadores de desempenho mostraram-se úteis e capazes de auxiliar na melhoria de processos produtivos.

Por fim, este trabalho teve contribuições práticas para a lavanderia estudada, que reduziu o percentual médio de retrabalho de 3% para 1,6%, o que representa uma economia de R\$17,25 por dia, e R\$6295,62 por ano.

Palavras-chave: Lavanderia industrial. DMAIC. Indicador de desempenho.

ABSTRACT

Industrial laundries, one of the representatives of the textile sector in Brazil, are an important support service for society, as they support the operation of hospitals, industries, hotels and others. However, these industries face management difficulties and have to deal with a lack of operational controls.

In this sense, an integrative literature review was carried out to understand the context in which industrial laundries are inserted. The results of this review showed that there are few studies related to operational controls and the use of performance indicators to monitor the production processes of industrial laundries.

Based on this result, a systematic review of the literature was conducted to analyze the use of performance indicators to control industrial laundry processes. This review focused on identifying which performance indicators are generally associated with the application of DMAIC method (define, measure, analyse, improve, control). DMAIC is part of the Six Sigma philosophy and serves as a standard roadmap to guide and facilitate the development of an improvement project, organizing the techniques used at each stage.

The findings of the literature reviews made it possible to identify gaps and opportunities for future research in this area, among which the development of studies focused on improving production operations, the application of quality tools to improve production operations and the determination of indicators to control production operations and measure their performance.

In order to contribute to fill these gaps, this work aims to reduce the rework rate in the process of cleaning the trousseau of an industrial laundry, applying the DMAIC method. The methodology adopted to achieve this was the case study, which was carried out in an industrial laundry in Belo Horizonte and the metropolitan region.

The results of the case study made it possible to understand and analyze the flow of the trousseau washing process, in addition to measuring the rework rate, identifying the main causes and proposing actions to reduce it. Thus, the DMAIC method, as well as the use and development of performance indicators proved to be useful and capable of helping to improve production processes.

Finally, this work had practical contributions to the laundry studied, which reduced the average percentage of rework from 3% to 1.6%, which represents savings of R\$17.25 per day, and R\$6295.62 per year.

Keywords: *Industrial laundry. DMAIC. Performance Indicator.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo do processo de lavagem de enxoval	20
Figura 2 - Fluxo de processos com e sem controle	21
Figura 3 – Etapas da revisão integrativa	24
Figura 4 - Etapas da revisão sistemática da literatura	31
Figura 5 – Resumo das perspectivas estudadas sobre DMAIC e indicadores de desempenho	39
Figura 6 - Esquema da classificação metodológica da pesquisa	41
Figura 7 – Etapas de um estudo de caso	42
Figura 8 - Estrutura do Diagrama SIPOC	44
Figura 9 - Diagrama SIPOC para o processo de higienização do enxoval.....	50
Figura 10 - Histórico dos dados	51
Figura 11 - Folha de verificação utilizada no processo de coleta de dados.....	52
Figura 12 - Diagrama de Pareto - Relave por itens	53
Figura 13 – Percentual de peças de relave por dia da semana.....	53
Figura 14 – Peso do relave por horas do dia	54
Figura 15 - Diagrama de causa e efeito.....	56
Figura 16 - Readequação das caixas de segregação	60
Figura 17 - Fluxo do relave.....	63
Figura 18 - % de Relave.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Agrupamento dos artigos	25
Quadro 2 - Resumo das oportunidades de pesquisas futuras	30
Quadro 3 - Divisão dos artigos em grupos.....	32
Quadro 4 - Resumo dos indicadores de desempenho considerados quando o DMAIC é aplicado.....	36
Quadro 5 - Correspondência entre as etapas do estudo de caso e do DMAIC	46
Quadro 6 – Possíveis causas identificadas no processo de <i>brainstorming</i>	55
Quadro 7 - Matriz de Priorização das causas potenciais do problema de relave.....	57
Quadro 8 - Ações propostas	58
Quadro 9 - Matriz Esforço Impacto	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nível sigma.....	43
-----------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CEP	Controle Estatístico de Processos
DMAIC	Define Measure Analyse Improve Control
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FEFO	First Expire First Out
GE	General Eletric
KPI	Key Performance Indicator
OEE	Overall Equipment Efficiency
PPM	Parte Por Milhão
PDCA	Plan Do Check Act
SMART	Specific Mesurable Achivable Relevant Timebound
SIPOC	Supplier Inputs Process Outputs Customer
5W2H	Who What Where When Why How How Much
6M	Método Mão-De-Obra Matéria-Prima Medição Meio Ambiente Máquina

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>16</i>
1.2.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>16</i>
1.3	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1	LAVANDERIAS INDUSTRIAIS	18
2.1.1	<i>Fluxo do processo de lavagem.....</i>	<i>19</i>
2.2	INDICADORES DE DESEMPENHO	21
2.2.1	<i>Classificação dos indicadores</i>	<i>22</i>
2.3	REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA	23
2.3.1	<i>Elaboração da pergunta norteadora</i>	<i>24</i>
2.3.2	<i>Busca na literatura e coleta de dados.....</i>	<i>24</i>
2.3.3	<i>Análise crítica.....</i>	<i>25</i>
2.3.4	<i>Discussão dos resultados e apresentação da revisão</i>	<i>28</i>
2.4	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	31
2.4.1	<i>Apresentação dos resultados</i>	<i>32</i>
2.4.2	<i>Discussão dos resultados.....</i>	<i>37</i>
3	MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	40
3.2	METODOLOGIA DA PESQUISA	41
3.3	MÉTODO DMAIC.....	42

4	ESTUDO DE CASO	47
4.1	OBJETO DE ESTUDO	47
4.2	APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	48
4.2.1	<i>Definir</i>	48
4.2.2	<i>Medir</i>	50
4.2.3	<i>Analisar</i>	55
4.2.4	<i>Melhorar</i>	58
4.2.5	<i>Controlar</i>	64
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	66
5.1	META DO RELAVE.....	66
5.2	FLUXO DO RELAVE.....	66
5.3	PADRONIZAÇÃO DAS ALTERAÇÕES	66
5.4	CRIAÇÃO DO PLANO DE MONITORAMENTO.....	67
5.5	ATUALIZAÇÃO DO CRONOGRAMA DE TREINAMENTOS	68
5.6	PROPOSIÇÃO DE AUDITORIAS	69
6	CONCLUSÃO.....	70

1. INTRODUÇÃO

O serviço de lavanderia é um serviço de grande relevância em vários aspectos. Pode-se citar principalmente sua representatividade na economia e a sua importância na manutenção de outros serviços em diversos segmentos, como hospitalar, industrial e hoteleiro (BAHIA, 2012). O processamento de roupas por lavanderias possui influência direta na segurança e no conforto de seus clientes (ANVISA, 2009).

Existem dois tipos de lavanderias: domésticas e industriais. As lavanderias domésticas são aquelas que trabalham com itens domésticos e decorativos, enquanto as lavanderias industriais focam em higienização de enxovais de confecções, hospitais, hotéis, uniformes, equipamentos de proteção individual e outros. Estima-se que as lavanderias brasileiras são responsáveis por mais de 95.000 empregos e que 25% são lavanderias industriais de grande porte (SINDILAV, 2022).

As lavanderias são classificadas como serviços de apoio, cuja finalidade é processar o enxoval, garantindo higienização e conservação adequadas. A eficiência do funcionamento de uma lavanderia impacta diretamente no desempenho do serviço primário que depende dela (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1986). As lavanderias executam serviços altamente especializados, apoiando outros diversos setores como hotéis, restaurantes, indústrias e confecções (SINDILAV, 2022).

Os principais fatores ganhadores de pedidos de uma lavanderia são o preço, a pontualidade e a qualidade (CHAMBERS, JOHNSTON; SLACK, 2009; RODRIGUES; GONÇALVES, 2016).

Como forma de avaliar o desempenho dos processos das lavanderias, é preciso monitorar as rotinas operacionais e avaliar se os objetivos propostos estão sendo cumpridos, a partir de um sistema de medição (LEBAS, 1995). Dessa forma, são criados indicadores para medir os objetivos organizacionais e os seus desempenhos (ASIH; PURBA; SITORUS, 2020).

Os indicadores de desempenho são a forma de medir os aspectos relevantes para a organização e para os seus clientes. Eles garantem que o processo seja visto e mensurado, permitindo uma avaliação do contexto e decisões alinhadas aos objetivos da empresa e aos requisitos dos clientes (ASIH; PURBA; SITORUS, 2020). Os principais indicadores de desempenho das lavanderias industriais se referem a qualidade e confiabilidade (RODRIGUES; GONÇALVES, 2016).

A importância de se ter indicadores condiz com a necessidade de informações para obter uma visão geral do negócio. Os indicadores permitem que a alta direção enxergue o desempenho e o atingimento de resultados dos níveis mais baixos (KAPLAN; NORTON, 1992). Além disso, os indicadores são capazes de situar a alta direção em relação às situações do negócio: qual era o

estado anterior?, onde se encontra agora? e para onde se deseja ir?, possibilitando a criação de meios e condições para se atingir a melhoria desejada e necessária (LEBAS, 1995).

Tendo em vista o aumento da competitividade do mercado, é necessário melhorar os processos das lavanderias industriais por meio da redução de tempos de produção, otimização do uso de recursos e tomada de decisões de forma a promover um aprimoramento da qualidade e aumento das margens de lucro (CAMPOS; FERREIRA; FREIRES, 2021; SINGARE; BELAMKAR, 2016).

Como forma de implementar e buscar melhorias, várias estratégias tem sido adotadas pelas organizações para alcançar melhores resultados. Entre elas destaca-se o uso do método *Do-Measure-Analyse-Improve-Control* (DMAIC), que pode ser visto como ferramenta para atingimento de melhorias de desempenho de processos. Este método é a principal abordagem utilizada pela filosofia *Six Sigma*, como guia para definir os passos e etapas a serem cumpridos dentro de um projeto de melhoria (FIRAT et al., 2017).

Exemplos de trabalho que utilizam o DMAIC para melhoria de resultados operacionais podem ser vistos em Kasap et al. (2019), Nedra et al. (2019), Reshad, Rahman, Chowdhury (2020) e Kundu, Latif (2021). Nestas pesquisa, a aplicação do método DMAIC proporcionou a melhoria de indicadores, evidenciando a melhoria do desempenho dos processos.

1.1 JUSTIFICATIVA

A eficiência com que uma lavanderia processa a roupa é determinante para o desempenho de qualidade e confiabilidade. Dessa forma, a avaliação do processo e o entendimento das operações são de grande valia. Ao desenhar as etapas do processo é possível enxergar mais claramente as operações, e entender pontos que podem ser melhorados, trazendo ganhos para o processo, com foco nos fatores mais valorizados pelos clientes (CARDOZA; CARPINETTI, 2005).

As lavanderias e outras empresas do setor têxtil possuem grande representatividade na economia brasileira, mas ainda assim, são impactados negativamente por problemas operacionais. Essas dificuldades produtivas enfrentadas prejudicam o posicionamento dessas empresas no mercado (LOPO et al., 2018).

No setor têxtil, é comum encontrar processos de gestão deficientes ou pouco desenvolvidos, que necessitam de melhorias e otimizações (RODRIGUES; GONÇALVES, 2016). A carência de gestão dos processos pode ser citado como um dos principais problemas enfrentados internamente pelas lavanderias (AMARAL et al., 2012).

Esses fatos são corroborados pela literatura, em que é possível perceber as dificuldades

enfrentadas pelos processos de lavanderias industriais, além da ausência de estudos sobre melhorias de operações produtivas. Há poucas evidências do uso de indicadores ou metodologias como ferramentas auxiliares a gestão e controle dos processos nesse setor (AMARAL et al., 2012).

Na contexto prático das lavanderias, é possível confirmar essa realidade, exemplificada pela lavanderia industrial objeto de estudo deste trabalho. Ela apresenta diversas dificuldades na área operacional, sendo uma das principais, o alto índice de retrabalho no processo de higienização do enxoval.

Assim, o presente trabalho mostra-se relevante, uma vez que pretende contribuir para o desenvolvimento dos estudos sobre gestão das operações de lavanderias, tendo como objetivo a aplicação de metodologias e indicadores que auxiliem na melhoria dos processos.

1.2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em reduzir o índice de retrabalho do processo de higienização do enxoval de uma lavanderia industrial, através da aplicação do método DMAIC.

1.2.2 Objetivos específicos

- Entender o fluxo do processo de lavagem do enxoval, medindo o índice de retrabalho;
- Analisar o processo e identificar os principais pontos causadores do retrabalho;
- Propor ações para reduzir o índice de retrabalho do processo de lavagem do enxoval.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho trata da redução do índice de retrabalho na etapa de lavagem do processo de uma lavanderia industrial, através da aplicação do método DMAIC. Por questões de proteção de dados e sigilo industrial, há restrições quanto à divulgação do nome e de dados que caracterizem a empresa.

As ações propostas neste trabalho dependem da aprovação da alta direção da empresa estudada para serem implementadas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 5 capítulos: introdução, revisão da literatura, metodologia,

resultados e conclusão. Cada capítulo possui subdivisões, de forma a integrar o trabalho, conforme necessário.

Na introdução, o tema do trabalho é apresentado, com uma contextualização geral. Além disso, também são descritos a justificativa, a relevância, os objetivos gerais e específicos, e as delimitações da pesquisa.

Em seguida é realizada uma revisão da literatura, em que os conceitos de lavanderias industriais e indicadores de desempenho são abordados e explanados. Uma revisão integrativa e uma revisão sistemática da literatura também são apresentadas, com foco nestes dois assuntos.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada para execução da pesquisa, sendo esta o estudo de caso, e o método DMAIC. Este capítulo traz ainda a caracterização da empresa objeto de estudo.

O quarto capítulo descreve e discute os resultados.

Por fim, o último capítulo apresenta as conclusões da pesquisa e propostas para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta e discute os temas que embasam a realização deste trabalho: lavanderias industriais e indicadores de desempenho.

2.1 LAVANDERIAS INDUSTRIAIS

Atualmente no Brasil, o setor têxtil reúne mais de 32 mil empresas, gerando cerca de 1,7 milhões de empregos (ABIT, 2022). Este setor tem apresentado um aumento no faturamento ao longo dos anos, e possui projeções de aumento da demanda por trabalhadores (PIMENTEL; SANTOS; MIRA, 2013). Dentro da cadeia da produção têxtil, as lavanderias são consideradas atividades elementares, responsáveis pelo acabamento das peças (LOPO et al., 2018).

No final do século XX, muitas lavanderias domésticas passaram a se especializar no serviço, transformando-se em lavanderias industriais. Além disso, passaram a aumentar a preocupação com aspectos como aparência dos produtos e conforto dos clientes (MAKOSKI; FAVERO, 2017).

As lavanderias industriais estão presentes não somente no setor têxtil, mas também nos setores hospitalar, hoteleiro, esportivo, industrial e outros. Elas são responsáveis pela higienização e desinfecção de enxovais utilizados por médicos, pacientes, hóspedes, atletas e outros indivíduos (AMARAL et al., 2012).

O sindicato das lavanderias estima que existam no Brasil mais de 8000 lavanderias, entre domésticas e industriais, que geram em torno de 95000 empregos diretos, com mais de 16000 máquinas instaladas, de diferentes tecnologias, com origem nacional e importada, em constante atualização. Essa indústria vem se desenvolvendo e aperfeiçoando, e nos últimos anos trouxe grande diversificação e melhorias de qualidade (SINDILAV, 2022).

As lavanderias industriais podem ser divididas em diversos segmentos. O segmento doméstico, que, em quantidade de estabelecimentos, representa a maior parcela das lavanderias, trata diretamente com o cliente. Ele se caracteriza por se dedicar a roupas comuns, do dia a dia, sociais ou de festa, além de roupas de cama, mesa e banho (SINDILAV, 2022).

A indústria jeans representa outro segmento, uma vez que a lavagem das peças é parte do processo produtivo, em que é realizado um tratamento químico, que promove o beneficiamento dos artigos. São utilizados produtos como enzimas, pigmentos e corantes, e outros métodos de tratamento físico, que dão o acabamento desejado às peças (MAKOSKI; FAVERO, 2017).

O segmento focado em equipamentos de proteção individuais (EPI), por sua vez, higieniza esses itens com o objetivo de remover possíveis agentes nocivos que permaneceram em uniformes, preservando a segurança e saúde dos trabalhadores. Há também um segmento voltado

para decoração, que possui equipamentos e materiais apropriados, e é especializado no tratamento de móveis e similares como tapetes, sofás, cortinas e outros (SINDILAV, 2022).

Por fim, os dois segmentos mais tradicionais em que as lavanderias atuam são o hospitalar e o de hotelaria (RODRIGUES; GONÇALVES, 2016). O setor hospitalar abrange hospitais e outros serviços e unidades de saúde, que utilizam qualquer tipo de enxoval no atendimento aos pacientes. O processamento de roupas de serviço de saúde é um serviço de apoio que está intimamente ligado à segurança, saúde e conforto dos pacientes, relacionando-se assim à qualidade da assistência de saúde prestada (ANVISA, 2009).

A eficiência de um complexo de saúde é dependente do bom funcionamento de sua lavanderia. Os fatores mais relevantes para uma lavanderia hospitalar são: o controle de infecções; conforto e segurança dos pacientes; facilidade, conforto e segurança das equipes de trabalho; e racionalização de tempo e material (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1986).

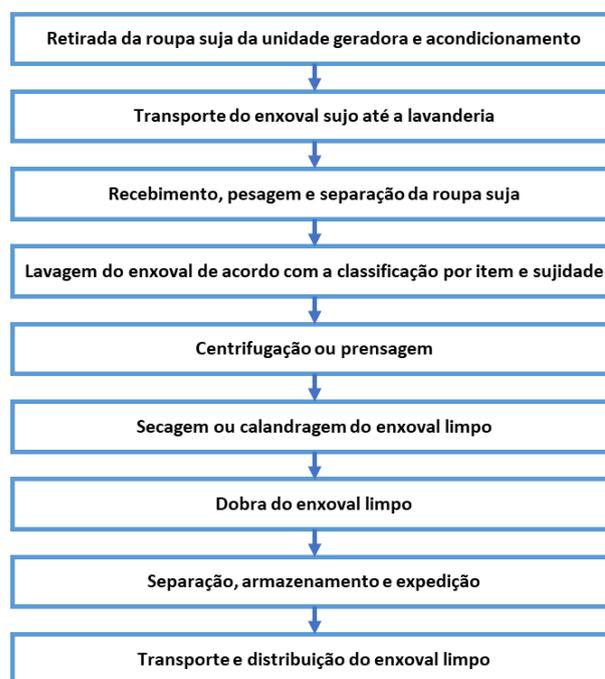
O setor hoteleiro se refere a hotéis e motéis, que pode possuir lavanderias internas ou terceirizadas. O foco desse segmento de lavanderias é buscar a conservação do enxoval, garantindo também uma boa qualidade do serviço oferecido, expondo os colaboradores aos menores riscos possíveis (BAHIA, 2012).

Apesar da grande representatividade do setor têxtil na economia brasileira, ainda são identificadas dificuldades nas unidades fabris que impactam negativamente no posicionamento das empresas no mercado (LOPO et al., 2018). Um dos principais problemas quanto ao controle e gerenciamento das lavanderias industriais é a carência na gestão dos processos (AMARAL et al., 2012; RODRIGUES; GONÇALVES, 2016).

2.1.1 Fluxo do processo de lavagem

O processamento e higienização de enxovais pode possuir etapas diferentes. Entretanto, de uma forma geral, este processo abrange as atividades descritas na Figura 1, que apresenta o fluxo do processo de lavagem do enxoval, desde o momento em que ele é descartado sujo pelo usuário, até o momento em que é devolvido higienizado, para uma nova utilização (ANVISA, 2009).

Figura 1 - Fluxo do processo de lavagem de enxoval.



Fonte: adaptado de ANVISA (2009)

A primeira etapa é a retirada da roupa suja da unidade que a gerou, que pode ser feita pelo próprio usuário, que deve descartar a roupa em locais apropriados, ou por profissionais dedicados a isso, por exemplo, enfermeiros em hospitais ou camareiros em hotéis. Em seguida, o enxoval deve ser transportado desde esta unidade até a lavanderia. Esta etapa é denominada coleta (BAHIA, 2012; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1986).

Ao chegar na lavanderia, a roupa é armazenada no setor de recebimento, onde ela é pesada e separada em lotes. A classificação dos lotes se dá de acordo com critérios como tipo de item, cor, tipo de fibra e o nível de sujidade. Em seguida, o enxoval é encaminhado para a lavagem, em que o processo a ser utilizado irá depender do tipo de classificação dada ao lote (SOUZA et al., 2016).

A etapa de lavagem pode acontecer em lavadoras, extratoras ou túneis de lavagem, dependendo do porte da lavanderia e dos equipamentos disponíveis. Após a lavagem, a roupa deve ser centrifugada ou prensada, a fim de remover o excesso de água. Então, o enxoval é encaminhado para secar ou calandrar, a depender do tipo de acabamento necessário (ANVISA, 2009).

Após realizar a dobra das peças, o enxoval é encaminhado para o setor de expedição, onde os itens são embalados e distribuídos aos clientes. Por fim, o enxoval é transportado de volta à unidade consumidora, onde será utilizado novamente, iniciando um novo ciclo (ANDRÉ et al.,

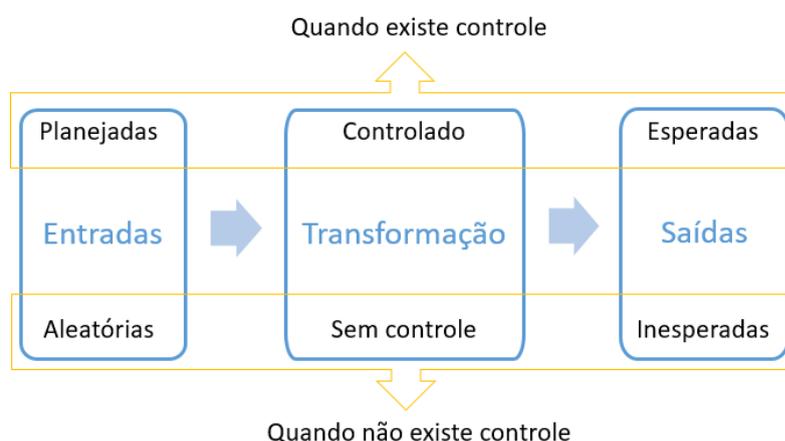
2018).

2.2 INDICADORES DE DESEMPENHO

Os processos das organizações consideram diversos fatores que se relacionam e podem afetar os seus resultados. Dessa forma, é essencial controlar os processos, as suas entradas e o seu fluxo, pois é a forma de dominar esse sistema.

Em um processo sem controle não é possível prever quais serão os resultados e as saídas. Já em um processo controlado, em que as variáveis de entrada são delineadas e as etapas de transformação são gerenciadas e medidas, é possível identificar as saídas esperadas e adequadas (BUETTGEN, 2012). Este conceito está representada na Figura 2.

Figura 2 - Fluxo de processos com e sem controle.



Fonte: adaptado de Buettgen (2012)

Esse controle é um dos principais pontos que auxilia na previsão do processo e de seus resultados, e a existência de indicadores de desempenho é um fator chave para tal (BUETTGEN, 2012). Os indicadores de desempenho permitem compreender os processos e os seus comportamentos (ASIH; PURBA; SITORUS, 2020; COSTA, 2013). Na verdade, os indicadores expressam algum aspecto da realidade, possibilitando a sua observação e mensuração (VALARELLI, 2022).

Para um controle efetivo, os indicadores devem fornecer informações relevantes, que auxiliem o processo de tomada de decisão. Também devem ser coerentes com a visão dos objetivos da organização, considerar o contexto em que ela está inserida e as suas particularidades. Além disso, os indicadores devem ser simples, de fácil entendimento e viáveis nos aspectos operacionais e financeiros (VALARELLI, 2022).

Além da medição dos parâmetros relevantes para um processo, também é importante estabelecer padrões com os quais os indicadores possam ser comparados. Esses padrões devem ser condizentes com a estratégia da empresa, representando a expectativa dos gestores em relação aos processos. Dessa forma, é pertinente que as equipes de gestão e de produção participem do processo de definição dos indicadores bem como dos padrões (ARAÚJO, 2001).

Outro ponto importante é a confiabilidade dos dados que serão a base para elaboração e medição dos indicadores. Deve-se verificar a fonte de dados e os meios de obtenção para garantir a precisão das informações, além do rigor do procedimento de coleta (VALARELLI, 2022).

Um dos grandes benefícios do uso de indicadores de desempenho é a melhoria dos resultados. Isso porque a existência de sistemas de medição afeta o comportamento de gestores e empregados, provocando uma melhoria de desempenho operacional que se traduz em resultados financeiros melhores (KAPLAN; NORTON, 1992).

2.2.1 Classificação dos indicadores

Os indicadores de desempenho podem ser classificados como qualitativos, quantitativos ou uma combinação dos dois. O primeiro trata de dados subjetivos, que podem envolver julgamentos e opiniões, sendo menos diretos e efetivos. O segundo se baseia em dados numéricos, que podem ser medidos ou contabilizados (CERTO; PETER, 1993).

Os indicadores também podem se referir a aspectos tangíveis ou intangíveis. Os tangíveis podem ser aferidos de forma simples, por serem passíveis de observação ou medição, enquanto os intangíveis normalmente são medidos de forma indireta, devido ao alto grau de complexidade (VALARELLI, 2022).

Adotar indicadores adequados ao processo e coerentes com os objetivos estratégicos é fundamental para as organizações. Dessa forma, os indicadores podem ser organizados em grupos, em que seus níveis de relevância dependerão dos objetivos organizacionais. Os principais grupos são (CORRÊA; CORRÊA, 2004):

- **Custo:** relacionados a concorrência, manufatura e tempos de produção, produtividade, mão-de-obra, refugos e retrabalhos, estoques, distribuição, terceirização e administrativos;
- **Qualidade:** referentes a qualidade relativa ou comparada com concorrentes, confiabilidade, durabilidade, satisfação, assistência, reclamações, retenção de clientes, defeitos;
- **Flexibilidade:** relativos a resposta frente a mudanças, novos produtos, customização, variedade, lotes e estoques;

- Velocidade: ligados aos tempos de ciclo, de resposta, de processamento, de tomada de decisão e tempos perdidos;
- Confiabilidade: relacionados a previsões, entregas no prazo e atendimento as solicitações dos clientes.

No entanto, nem sempre um único indicador é capaz de representar o desempenho geral do negócio. Em muitos casos, é preciso enxergar várias áreas do negócio, tornando necessário balancear as medições de forma a expressar uma visão geral da organização (KAPLAN; NORTON, 1992).

Uma forma de definir quais devem ser os indicadores para avaliar o desempenho de um processo é medindo as suas prioridades competitivas. Isso significa que deve-se definir quais são os atributos daquele processo que, em uma comparação com os concorrentes, podem se transformar em uma vantagem competitiva (BUETTGEN, 2012).

2.3 REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

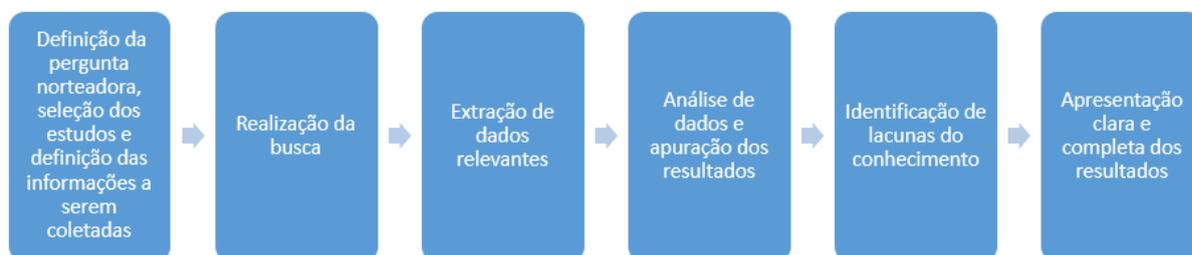
Para analisar e entender os estudos existentes sobre lavanderias industriais, foi realizada uma revisão integrativa da literatura. A revisão integrativa determina o conhecimento atual sobre uma temática específica, pois é conduzida de modo a identificar, analisar e sintetizar resultados de estudos sobre o mesmo assunto (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

De uma forma sistemática, ordenada e abrangente, a revisão integrativa da literatura é capaz de fornecer um conhecimento amplo sobre um determinado tema, construindo assim um corpo de conhecimento. Esse tipo de revisão é chamada de integrativa por proporcionar informações extensivas sobre uma temática, podendo ser utilizada para definição de conceitos, revisão de teorias ou análise metodológica de estudos (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014).

Dessa forma, a revisão integrativa foi utilizada para adquirir conhecimentos sobre as lavanderias industriais, obtendo um panorama do contexto em que estão inseridas e dos estudos sobre elas, além de uma revisão dos conhecimentos atuais que se tem e das lacunas de conhecimentos que essa área possui.

Para tal, foram aplicadas as seis fases que o método da revisão integrativa possui: elaboração da pergunta norteadora, busca na literatura, coleta de dados, análise crítica, discussão dos resultados e apresentação da revisão integrativa (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010). Essas fases são ilustradas e explicadas no esquema apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Etapas da revisão integrativa.



Fonte: adaptado de Souza, Silva e Carvalho (2010)

2.3.1 Elaboração da pergunta norteadora

A elaboração da pergunta norteadora é um importante passo da revisão, pois define como será realizada a pesquisa. A partir dela, são determinados quais estudos serão incluídos, através de quais meios eles serão incluídos e quais informações serão buscadas em cada um deles (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010). A pergunta norteadora determinada para esta revisão foi: *quais temas têm sido estudados em relação a lavanderias industriais?*

2.3.2 Busca na literatura e coleta de dados

A busca na literatura foi realizada em abril de 2021, na base de dados *Web of Science*, que foi selecionada por reunir trabalhos de diversas áreas do conhecimento e contemplar grande parte dos estudos existentes (QUI; LV, 2014).

Em seguida, foram selecionadas as palavras-chaves a serem utilizadas na pesquisa. O termo “*industrial laundry*” foi buscado no título das publicações como uma única *string*. O termo foi utilizado por representar de forma abrangente o conteúdo buscado pela pergunta norteadora.

Não foram realizados refinamentos da pesquisa, como adição de filtros para temas ou critérios de inclusão/exclusão. Com relação à língua, não foram colocadas restrições, buscando resultados em qualquer idioma. Quanto a data dos artigos, também não houve limites, procurando estudos de qualquer idade.

A busca retornou 26 resultados, que foram utilizados na etapa da coleta de dados da revisão integrativa. Os estudos relevantes para responder à pergunta norteadora foram identificados por meio da leitura e análise dos títulos e resumos dos trabalhos. Assim, foram excluídas 6 publicações por não possuírem como temática principal as lavanderias industriais. Portanto, foram selecionadas 20 publicações para análise completa.

2.3.3 Análise crítica

A etapa da análise crítica organiza os resultados encontrados, possibilitando uma avaliação dos estudos e extração das informações necessárias e relevantes (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

Das 20 publicações selecionadas para análise completa, uma foi publicada em conferência internacional, 16 foram publicadas em revistas internacionais e 3 em periódicos nacionais. Cerca de 60% dos estudos foram publicados nos últimos 8 anos, sendo que a publicação mais antiga foi da década de 1960. O país com maior número de publicações nessa área, dentro deste levantamento, foram o Estados Unidos.

Após a análise aprofundada dos trabalhos, foi possível classificá-los, de acordo com a sua área, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Agrupamento dos artigos.

Grupo	Descrição	Quantidade
1	Saúde do trabalhador	6
2	Tratamento de água	5
3	Processo químico	4
4	Processo de embalagem	2
5	Operações produtivas	2
6	Eficiência energética	1
Total		20

Fonte: Autora

- Grupo 1: Saúde do Trabalhador

De modo geral, os trabalhos do *grupo 1* investigam os riscos existentes no ambiente de trabalho de uma lavanderia industrial e como eles podem impactar na saúde dos trabalhadores. É importante ter conhecimento dos riscos laborais, além do histórico de saúde ocupacional dos trabalhadores, para que seja possível diagnosticar, justificar e explicar a aquisição de uma enfermidade laboral (TOWNSEND; HARDER, 2014).

Dentre os vários riscos aos quais os trabalhadores estão expostos, pode-se citar, principalmente, o excesso de calor, umidade, ruído, manuseio de produtos químicos, transporte manual de cargas e movimentos repetitivos (BERMUDES et al., 2017).

Todas essas condições, além do tipo da atividade realizada, podem provocar efeitos nos organismos dos trabalhadores, podendo ser prejudiciais a sua saúde (BRABANT; BEDARD; MERGLER, 1988). Dessa forma, ao se realizar um diagnóstico, ter conhecimento do histórico ocupacional do trabalhador é de extrema importância, pois pode justificar e explicar a aquisição de uma enfermidade pelo mesmo (TOWNSEND; HARDER, 2014).

A sensação de calor, um dos problemas citados, é bastante comum, devido à grande quantidade de equipamentos aquecidos e pode ser percebida pelos funcionários mesmo quando existem sistemas de ventilação (OGASAWARA, 2017). Essa exposição ao calor pode agravar problemas cardíacos e, associada aos movimentos frequentes e repetitivos necessários às atividades, propiciar a ultrapassagem dos níveis recomendados de batimentos cardíacos (BRABANT; BEDARD; MERGLER, 1989).

A contaminação dos trabalhadores devido ao contato com as roupas sujas também é um fator gerador de riscos. O contato com a pele ou a inalação de substâncias que podem estar presentes no enxoval podem representar fontes de contaminação por patógenos trazidos dos leitos dos pacientes (FRANSMAN et al., 2007). Essa exposição pode ser evitada ou reduzida por meio da utilização de equipamentos de proteção individual (EPI).

A manutenção da segurança dos trabalhadores é, sobretudo, resguardada por normas regulamentadoras. Cabe às empresas se adequarem e implementarem as medidas necessárias para garantir a proteção e bem-estar dos operadores. Nem sempre as exigências normativas são cumpridas em sua totalidade e, juntamente com outros fatores, como as condições das instalações, podem se tornar ameaças à saúde dos trabalhadores (BERMUDES et al., 2017).

- Grupo 2: Tratamento de água

De modo geral, os estudos do grupo 2 propõem diferentes mecanismos de tratamento de água para que ela possa ser reaproveitada. As lavanderias industriais são grandes consumidoras deste recurso natural, uma vez que a água é um dos principais insumos para os seus processos. Um dos principais impactos do consumo de água é a geração de grandes quantidades de efluente, que corresponde a quantidade de água nova utilizada no processo de lavagem menos as perdas por evaporação (DĄBKOWSKA, 2017).

Os efluentes, também chamados de águas residuais, podem possuir diferentes qualidades, a depender do índice de impurezas presentes. A qualidade dessa água residual vai depender do processo de lavagem e de dois fatores principais inerentes a este: a quantidade de produtos químicos utilizados e a quantidade de impurezas removidas (DĄBKOWSKA, 2017).

Em lavanderias industriais, o reuso de águas, além da economia direta de água nova, traz também benefícios como o aproveitamento dos produtos químicos que seriam descartados. A

economia de energia térmica também é uma vantagem, uma vez que, na maioria das vezes, é necessário menor aquecimento quando a água aquecida do processo de lavagem é reutilizada (G2O, 2020).

Um dos problemas trazidos pelo tratamento de água para reutilização são os resíduos sólidos gerados. A utilização de biofiltros ou membranas gera resíduos secos que carregam as substâncias removidas da água e a disposição adequada destes resíduos pode ter custos significativos, além do possível impacto ambiental (JØRGENSEN; VILLANUEVA; WENZEL, 2004).

O uso de membranas para o tratamento das águas residuais é comum entre as lavanderias, oferecendo diversos resultados quanto à qualidade da água (MOZIA et al., 2016). Dependendo do tipo do tratamento empregado e da membrana utilizada, a água pode ser reaproveitada em qualquer fase do processo de lavagem. Os diferentes tipos de filtragem vão permitir a remoção de diferentes resíduos da água, como a concentração de gás carbônico, de sais inorgânicos ou a sua turbidez, que podem impactar negativamente no seu reuso (MOZIA et al., 2020).

- Grupos 3: Processo Químico

O *grupo 3* apresenta artigos que estudam os processos químicos utilizados nas lavanderias industriais, que existem para garantir a eficiência da lavagem e a desinfecção do enxoval. Assegurar a remoção dos patógenos a níveis que não permitam a infecção de pacientes que irão utilizar novamente o enxoval é indispensável e deve ser garantida pelo processo químico de higienização (YOH et al., 2010).

Apesar do impacto ambiental causado pelo processo químico, ele é necessário para garantir a remoção das sujidades de forma eficiente. Esses impactos vêm principalmente do descarte da água do processo de lavagem, que possui residuais de produtos químicos e também de patógenos removidos do enxoval. O equilíbrio entre a eficiência de lavagem e os impactos ambientais nem sempre é fácil de ser alcançado, devido aos desafios da higienização de sujidades pesadas (ECOLAB, 2013). A definição dos produtos químicos utilizados e de suas concentrações será determinante nos resultados alcançados nestes aspectos (CLAPPERTON, 1998). Em alguns casos, esses resíduos podem ser transformados por meio de reações e tratamentos químicos (SILVA et al., 2016).

Os trabalhos iniciais realizados em lavanderias industriais indicam que não existe padronização no processo de embalagem dos produtos (NEELY, 1965). Há diferentes materiais para confecção das embalagens, como plástico, papel ou plástico filme, que podem ser amarradas, seladas ou sem fecho. O conjunto de peças a serem embaladas também pode variar, de acordo com o tipo de produto ou a forma de distribuição, que pode ser individual ou agrupada.

- Grupo 4: Processo de embalagem

O *grupo 4* abrange as temáticas relacionadas a embalagem do enxoval, que faz parte do serviço prestado e pode impactar na percepção do cliente, no processo de produção ou até mesmo na distribuição dos produtos. Apesar disso, as lavanderias industriais ainda têm dificuldades em perceber essas implicações. As pesquisas do indicam que, neste setor, a forma ou o tipo da embalagem podem interferir na passadoria das peças, na facilidade de manuseio e no aspecto físico que será percebido pelos clientes (BOBB, 1967).

A proteção das peças é o fator determinante para a escolha da embalagem. Outros fatores também podem ser considerados como, por exemplo, o aspecto visual e a conveniência na distribuição. O uso de sacos plásticos se mostrou o preferido entre as lavanderias industriais devido a sua agilidade no processo de embalagem, apesar do custo elevado (NEELY, 1965).

- Grupo 5: Operações produtivas

As operações produtivas são o objeto de estudo do *grupo 5*. A compreensão e o controle dos processos se dá por meio dos dados operacionais obtidos e um fator de grande importância para qualquer atividade produtiva é o levantamento e análise destes dados. No caso de lavanderias industriais, existem sistemas de informação disponíveis no mercado que são capazes de coletar e fornecer dados sobre os processos de lavagem e secagem de forma automática, auxiliando a gestão do processo produtivo (KUBA et al., 2014).

A partir da análise de dados, é possível desenvolver diferentes formas de otimização dos processos produtivos que tragam vantagens tais como a redução de custos com energia, melhor utilização da mão-de-obra e a maximização do uso dos equipamentos. O uso de ferramentas computacionais como forma de auxiliar o desenvolvimento de modelos para otimização se mostra promissor e com grandes possibilidades de ganhos financeiros (OLIVEIRA; COSTA; RAVAGNANI, 2017).

- Grupo 6: Eficiência Energética

Por fim, o estudo do *grupo 6* se preocupa com a eficiência energética dos processos das lavanderias industriais. Isso porque o processo produtivo as torna grandes consumidoras de água, que é utilizada na higienização do enxoval, e de energia, usada para aquecer os equipamentos. O grande impacto ambiental causado por esses fatores faz com que seja de grande importância controlar os consumos, encontrar oportunidades para economia de água e redução de perdas, e estudar oportunidades para redução do consumo de energia (YANDRI et al., 2020).

2.3.4 Discussão dos resultados e apresentação da revisão

A etapa de discussão dos resultados tem como propósito expor e analisar os principais

resultados encontrados na revisão integrativa da literatura.

A saúde do trabalhador é um dos principais pontos estudados em relação às lavanderias industriais, porque o ambiente de trabalho pode oferecer riscos tais como o excesso de calor, umidade, ruído, manuseio de produtos químicos, transporte manual de cargas e movimentos repetitivos. Os estudos existentes focam em apresentar os riscos existentes, estabelecendo a sua relação com possíveis doenças laborais adquiridas pelos trabalhadores. Entretanto, o número de estudos que propõem soluções para minimizar ou eliminar esses riscos é pequeno. Desse modo, pesquisas podem explorar essa perspectiva, buscando outras soluções para eliminar os riscos relacionados à sensação de calor e contaminação dos trabalhadores.

O impacto ambiental causado pela utilização de grandes volumes de água e de produtos químicos tem sido considerado em diversos trabalhos, que apresentam métodos cujo objetivo é tratar a água residual para que ela possa ser reutilizada. Apesar das contribuições relevantes destes trabalhos, existem oportunidades a serem exploradas. Uma delas envolve aprofundar os estudos sobre o tratamento e reuso das águas residuais proveniente dos processos das lavanderias industriais. Além disso, estudos futuros podem dedicar-se a propor soluções para reduzir o alto consumo de água, que se apresenta como principal causa deste problema.

Embora causem impactos ambientais, os processos químicos utilizados nas lavanderias industriais são necessários para garantir a desinfecção do enxoval. As pesquisas existentes consideram essa relação, mas poucas exploram alternativas para reduzir o impacto causado. De fato, as investigações enfrentam o desafio de encontrar o equilíbrio entre a eficiência do processo de lavagem e os impactos ambientais (ECOLAB, 2013). Sendo assim, são necessários estudos, por exemplo, para 1) o desenvolvimento de produtos químicos alternativos que sejam capazes de alcançar esse equilíbrio; 2) encontrar concentrações de produtos químicos tradicionais que proporcionem a eficiência da lavagem, mas que causem nenhum ou impacto ambiental reduzido; 3) o desenvolvimento de soluções para eliminar os resíduos de produtos químicos e de patógenos na água utilizada no processo de lavagem; entre outros.

O uso de sacos plásticos tem sido a abordagem mais utilizada pelas lavanderias industriais para embalar o enxoval. No entanto, mais pesquisas são necessárias para verificar se este é o melhor método, uma vez que ele tem alto custo e a função principal da embalagem é a proteção das peças. Desse modo, trabalhos futuros podem analisar os processos de embalagens existentes para identificar e realizar melhorias, e desenvolver outros processos ou materiais para garantir a proteção do enxoval. Em ambos os casos, os custos devem ser considerados, procurando manter o custo-benefício para as lavanderias a fim de alcançar vantagem competitiva.

Os trabalhos que exploram as operações produtivas das lavanderias industriais focam, principalmente, na coleta de dados automática por meio de sistemas de informação. A coleta de dados é de fundamental importância, pois é a base para o controle dos processos. Entretanto, a melhoria dos processos também deve ser considerada pelas lavanderias para garantir a continuidade dos processos. Diante da importância das operações produtivas para as lavanderias, os estudos futuros podem considerar a aplicação de ferramentas da qualidade (por exemplo, diagrama de causa e efeito, diagrama de Pareto, controle estatístico do processo e histograma), métodos (por exemplo, DMAIC), programas, entre outros, buscando implementar, controlar e melhorar os seus processos.

Por fim, os trabalhos mais recentes sobre lavanderias industriais têm se preocupado com a eficiência energética das operações produtivas (YANDRI et al., 2020). As pesquisas futuras devem aprofundar os estudos sobre a eficiência energética de lavanderias industriais, investigando, por exemplo, o uso de energias renováveis e redução de perdas no processo.

Quadro 2 - Resumo das oportunidades de pesquisas futuras.

Grupo	Oportunidades de pesquisas futuras
1	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar soluções para minimizar ou eliminar os riscos existentes, principalmente aqueles relacionados à sensação de calor e contaminação dos trabalhadores.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Aprofundar os estudos sobre o tratamento e reuso das águas residuais. • Estudar e propor soluções para reduzir o alto consumo de água.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Encontrar o equilíbrio entre a eficiência do processo de lavagem e os impactos ambientais. • Desenvolver produtos químicos alternativos a fim de minimizar os impactos ambientais. • Encontrar concentrações de produtos químicos que causem nenhum ou pouco impacto ambiental. • Desenvolver soluções para eliminar os resíduos de produtos químicos e de patógenos da água utilizada no processo de lavagem.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar se os métodos e materiais utilizados nas embalagens dos enxovais são eficazes e garantem a proteção das peças. • Identificar e realizar melhorias nos processos existentes de embalagem dos enxovais. • Desenvolver outros métodos ou materiais que garantam a proteção das peças. • Considerar os custos do processo de embalagem, a fim de manter o custo-benefício para as lavanderias.
5	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver estudos com foco na melhoria das operações produtivas. • Aplicar ferramentas da qualidade para a melhoria das operações produtivas (por exemplo, diagrama de causa e efeito, diagrama de Pareto, controle estatístico do processo, histograma, entre outras). • Adotar métodos para melhorar, otimizar e estabilizar processos e projetos de negócios (por exemplo, DMAIC). • Determinar indicadores para controlar as operações produtivas e medir o seu desempenho. • Desenvolver modelos de simulação para prever o comportamento das operações produtivas. • Desenvolver modelos de otimização para otimizar as operações produtivas.
6	<ul style="list-style-type: none"> • Aprofundar os estudos sobre a eficiência energética.

Grupo	Oportunidades de pesquisas futuras
	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar o uso de energias renováveis nas operações produtivas. • Estudar formas de reduzir as perdas no processo de lavagem.

Fonte: autora (2022)

Assim, conforme apresentado anteriormente e resumido no Quadro 2, a questão de pesquisa estabelecida para a revisão integrativa foi respondida.

2.4 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Considerando umas das lacunas encontradas na revisão integrativa da literatura, relativa à definição de indicadores para controlar as operações produtivas e medir o desempenho de lavanderias industriais, decidiu-se realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar quais indicadores têm sido utilizados pelas empresas.

As etapas consideradas para a condução da revisão foram: definição da pergunta de pesquisa, delimitação dos parâmetros da busca, execução da pesquisa, apresentação e discussão dos resultados.

Figura 4 - Etapas da revisão sistemática da literatura.



Fonte: autora (2022)

A revisão focou, especificamente, em identificar quais indicadores de desempenho de processos produtivos geralmente são associados ao método DMAIC.

Dessa forma, a pergunta de pesquisa, elaborada para delimitar os parâmetros da busca, que a revisão buscou responder foi: Quais são os indicadores utilizados para avaliar o desempenho de processos, quando o método DMAIC é aplicado?

A busca foi conduzida nas bases de dados Scopus e Web of Science. A string de busca definidas foram a combinação dos termos “DMAIC & Performance”, que foram pesquisadas nos títulos dos trabalhos. Como critérios adicional, foram selecionados apenas trabalhos em inglês.

A pesquisa foi executada em outubro de 2021 e obteve 17 resultados. Apenas uma publicação não foi selecionada por não conter resposta à pergunta de pesquisa. Portanto, 16 publicações foram selecionadas para análise completa.

2.4.1 Apresentação dos resultados

Para desenvolver a análise dos resultados, os trabalhos foram classificados em 3 grupos, de acordo com os objetivos dos indicadores utilizados. Os grupos estão apresentados no Tabela 2.

Tabela 2 - Divisão dos artigos em grupos.

Grupo	Descrição	Quantidade	Referências
1	Processo produtivo	8	Al-Refaie et al. (2013); Singare, Belamkar (2016); Sirajuddin, Yuri Zagloel, Rauf (2016); Improta et al. (2017); Kasap et al. (2019); Nedra et al. (2019); Reshad, Rahman, Chowdhury (2020); Kundu, Latif (2021)
2	Qualidade	5	Singht, Singht (2014); Marques, Matthé (2017); Alsyof et al. (2018); Gaikwad et al. (2019); Kumar et al. (2019)
3	<i>Supply chain</i>	3	Chakravarthy (1986); Yeh, Cheng, Chi (2007); Rehman et al. (2018)
Total		16	

Fonte: autora (2022)

No *grupo 1*, que contém 8 artigos, o método DMAIC foi utilizado para a melhoria do processo produtivo. Esse é o grupo com o maior número de trabalhos, o que indica uma tendência da utilização do DMAIC com essa finalidade. Entre os indicadores de desempenho apresentados destacam-se custo, *lead time*, tempo de ciclo, overall equipment effectiveness (OEE), controle estatístico do processo (CEP), taxa de acidentes, produtividade e tempo de setup (KASAP et al., 2019; HARDY; KUNDU; LATIF, 2021; NEDRA et al., 2019; BUETTGEN, 2012).

O custo de produção é um indicador importante, pois está ligado à qualidade do produto ou serviço, uma vez que eles serão repassados aos clientes (SIRAJUDDIN; YURI ZAGLOEL; RAUF, 2016). O indicador de custo é capaz de resumir grande parte do desempenho de um processo, pois os resultados de outros indicadores terão impacto sobre os custos (KASAP et al., 2019).

O tempo de ciclo e o *lead time* representam, respectivamente, o tempo gasto para a produção de um determinado item e o tempo necessário para entrega de um item a partir do momento em que este é demandado pelo cliente (CHAMBERS; JOHNSTON; SLACK, 2009). Estes indicadores são algumas das principais formas para medir o desempenho de processos, pois estão ligados à velocidade de produção e à qualidade do produto ou serviço (SIRAJUDDIN; YURI ZAGLOEL; RAUF, 2016).

O OEE é um indicador que se baseia em três pilares: desempenho, disponibilidade e

qualidade. Ele auxilia o entendimento das ineficiências do processo e da baixa produtividade, trazendo, de forma indireta, a redução dos custos de produção (HARDY; KUNDU; LATIF, 2021).

O CEP é capaz de demonstrar o desempenho, pois permite determinar se um processo está ou não sobre controle. Quanto maior a capacidade e a estabilidade de um processo, maior será a qualidade e redução do índice de defeitos (SINGARE; BELAMKAR, 2016). Essas medições também permitem determinar o nível sigma de um processo para analisar a sua capacidade e o seu desempenho (NEDRA et al., 2019).

A taxa de acidentes demonstra o perigo existente em determinado processo e a possibilidade de causar problemas de saúde ou a morte de algum trabalhador (CHARLES, 2003). Além disso, incidentes podem implicar grandes problemas, pois afetam a indústria e as suas instalações, podendo causar grandes prejuízos (KASAP et al., 2019).

A produtividade é o indicador que analisa a relação entre as entradas e as saídas de um processo. Este indicador permite acompanhar os resultados do processo, enxergando o aproveitamento dos recursos (BUETTGEN, 2012).

Por fim, o tempo de setup, cujo resultado impacta no indicador de produtividade do processo, representa o tempo de reconfiguração da produção, que deve ser controlado e, se possível, reduzido (HARDY; KUNDU; LATIF, 2021).

Entre os trabalhos deste grupo, alguns destacam a aplicação do DMAIC com o objetivo de auxiliar na identificação de indicadores capazes de avaliar áreas e situações específicas. Esse é um diferencial do método, que permite definir métricas que serão utilizadas para avaliar e medir o desempenho e a melhoria dos processos (IMPROTA et al., 2017).

Os estudos deste subgrupo permitem observar que, em alguns casos, é necessário desenvolver indicadores específicos para medir o desempenho de um processo, se não existem indicadores padronizados capazes de representar o desempenho da forma desejada (ASIH; PURBA; SITORUS, 2020).

Alguns exemplos de indicadores específicos desenvolvidos são: tempo de resposta a tratamentos, dureza e peso de materias, e tempo de internação hospitalar (AL-REFAIE et al., 2013; IMPROTA et al., 2017; RESHAD; RAHMAN; CHOWDHURY, 2020).

No *grupo 2*, o DMAIC foi utilizado para traduzir e identificar os indicadores que representavam o desempenho do processo em relação à qualidade. Os estudos deste grupo afirmaram que as características do processo produtivo devem ser identificadas e os problemas devem ser resolvidos, considerando os fatores críticos para a qualidade (IMPROTA et al., 2017).

Alguns trabalhos utilizaram o número de produtos defeituosos gerados para avaliar a

capacidade e a qualidade do processo (MARQUES; MATTHÉ, 2017). De fato, as indústrias buscam a excelência dos seus processos, com foco em zero defeitos e na redução do número de não conformidades (GAIKWAD et al., 2019).

A partir do número de defeitos é possível calcular a taxa de rejeição do processo, que é dada pelo número de produtos defeituosos dividido pelo número total de produtos fabricados. A redução da taxa de rejeição proporciona a redução de custos, do retrabalho e da necessidade de estoques de segurança, além do aumento de disponibilidade das máquinas (GAIKWAD et al., 2019; MARQUES; MATTHÉ, 2017; SINGHT; SINGHT, 2014).

A satisfação dos *stakeholders* é um indicador de desempenho importante para as empresas, por garantir a competitividade no mercado. Dessa forma, é essencial determinar as características críticas para qualidade, que serão dependentes dos requisitos desejados pelos clientes. Esses requisitos, quando quantitativos, serão os indicadores de desempenho do processo. Por exemplo, a satisfação dos *stakeholders* pode ser traduzida por medições de custo e tempo de entrega (KUMAR et al., 2019).

Entretanto, em alguns casos, a qualidade significa atender aos requisitos e às expectativas dos *stakeholders*, se tratando, portanto, de um fator subjetivo. Quando esse é o indicador chave a ser analisado, é necessário utilizar dados qualitativos, que podem ser obtidos através de pesquisas ou entrevistas. Neste caso, pesquisas podem ser utilizadas para avaliar e medir a satisfação dos *stakeholders* e, conseqüentemente, o desempenho do processo (ALSYOUF et al., 2018).

Os três trabalhos do *grupo 3* mostram a relevância da cadeia de suprimentos no dia-a-dia das organizações e aplicam o método DMAIC como ferramenta para otimizá-la. Os fornecedores constituem os principais atores da cadeia de suprimentos, pois o seu desempenho impacta diretamente no desempenho de seus clientes (REHMAN et al., 2018). Além disso, estão relacionados à competitividade, produtividade e lucratividade da empresa (YEH; CHENG; CHI, 2007). Dessa forma, as empresas precisam avaliar e medir o desempenho da sua cadeia de suprimentos e de seus fornecedores (YEH; CHENG; CHI, 2007).

Devido à complexidade desta avaliação, é comum o uso de métodos de análise multicritério, que consideram diversos indicadores de desempenho de forma a fazer uma avaliação mais completa possível (CHAKRAVARTHY, 1986). São exemplos de indicadores: custo, qualidade, satisfação dos *stakeholders*, logística, colaboração e integração do fornecedor, e inovação (REHMAN et al., 2018; FIRAT et al., 2017; YEH; CHENG; CHI, 2007).

Nesse contexto, o indicador de desempenho da qualidade avalia a quantidade de falhas na cadeia de suprimentos. O indicador relacionado à logística analisa as entregas e recebimentos de

matéria-prima ou de produtos acabados, em relação aos prazos e rapidez das entregas. O indicador de colaboração e integração do fornecedor determina o nível de parceria entre empresa e fornecedor. Por fim, o indicador de desempenho de inovação mede a capacidade de encontrar novas soluções.

O Quadro 3 resume os principais indicadores de desempenho utilizados quando o DMAIC é aplicado.

Quadro 3 - Resumo dos indicadores de desempenho considerados quando o DMAIC é aplicado.

Referências	Qualidade	Custo	CEP	Satisfação dos stakeholders	Tempo de ciclo	Colaboração/Integração do fornecedor	Tempo de entrega	Logística	Inovação	Duração da permanência hospitalar	OEE	Produtividade	Taxa de acidentes	Taxa de resposta a pacientes	Tempo de setup
Yeh, Cheng e Chi (2007)	x			x		x		x	x						
Al-Refaie <i>et al.</i> (2013)	x														
Singht e Singht (2014)	x		x												
Singare e Belamkar (2016)			x												
Sirajuddin, Yuri Zagloel e Rauf (2016)		x			x	x									
Improta <i>et al.</i> (2017)										x					
Firat <i>et al.</i> (2017)	x	x				x	x								
Marques e Matthé (2017)	x														
Alsyouf <i>et al.</i> (2018)				x											
Rehman <i>et al.</i> ((2018)		x		x				x							
Nedra <i>et al.</i> (2019)			x		x										
Gaikwad <i>et al.</i> (2019)	x														
Kasap <i>et al.</i> (2019)		x										x	x		
Kumar <i>et al.</i> (2019)	x	x					x								
Reshad, Rahman e Chowdhury (2020)														x	
Hardy, Kundu e Latif (2021)					x						x				x
Total	7	5	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Autora (2022)

2.4.2 Discussão dos resultados

O método DMAIC tem sido usado como uma estratégia para guiar as empresas na medição e na melhoria do desempenho de processos produtivos por apresentar etapas bem definidas para execução e atingimento dos resultados (SINGARE; BELAMKAR, 2016; WERKEMA, 2014).

A etapa de medição consiste em entender o processo e definir indicadores capazes de expressar o seu desempenho. Essa etapa é responsável por validar os indicadores de desempenho utilizados (RESHAD; RAHMAN; CHOWDHURY, 2020).

De modo geral, o pequeno número de estudos identificados indica que a pesquisa sobre quais são os indicadores utilizados para avaliar o desempenho dos processos produtivos quando o método DMAIC é aplicado pode ser explorada.

A maioria dos estudos identificados considera a aplicação do DMAIC para a melhoria dos processos de produção. Isso é esperado, pois as empresas tendem a buscar a melhoria para os seus processos chaves, que garantem a sua lucratividade (HOLANDA; SOUZA, 2013). No entanto, o DMAIC é um método direto e claro que possui um roteiro padrão para melhoria do processo e a sua utilização não se restringe a esse objetivo (PETENATE; PETENATE, 2016).

Por isso, pesquisas futuras podem considerar a aplicação do método DMAIC para a melhoria de processos de outras áreas. Os processos da área da qualidade e de *supply chain* têm recebido alguma atenção, mas os estudos são limitados. No primeiro, o número de defeitos gerados pelo processo, a taxa de rejeição e a satisfação dos *stakeholders* tem se mostrado relevantes. No segundo, os estudos afirmam que o desempenho dos fornecedores e dos demais atores da cadeia de suprimentos é, em geral, essencial para o bom desempenho dos processos produtivos.

Os processos de manutenção, por exemplo, podem se beneficiar da utilização do DMAIC para reduzir intervenções de manutenções não programadas e falhas dos processos, e aumentar a disponibilidade de máquinas e equipamentos (PINTO et al., 2017).

Por outro lado, os resultados mostram que o DMAIC é utilizado em diversos setores: hospitais, indústrias, logística e educação (IMPROTA et al., 2017; SINGHT; SINGHT, 2014; SIRAJUDDIN; YURI ZAGLOEL; RAUF, 2016; ALSYOUF et al., 2018). Isso reforça as diversas possibilidades de aplicação.

Além disso, é importante identificar se existe um padrão na adoção dos indicadores de desempenho, de acordo com a atividade, setor industrial, área ou processo em que o DMAIC é aplicado. Os resultados podem indicar diretrizes gerenciais, permitindo que as empresas agilizem a aplicação do método DMAIC, alcançando a melhoria do processo em um tempo menor.

De fato, os resultados indicam que alguns indicadores podem ser utilizados em diversos

contextos, por exemplo, custo, tempo de ciclo, OEE, produtividade e tempo de setup. No entanto, ainda não há um consenso. Os estudos futuros podem explorar esse fato, expandindo a busca e os resultados desta pesquisa, a fim de obtê-lo.

Alguns processos produtivos podem possuir características específicas. Nesses casos, os indicadores existentes podem não ser capazes de medir o desempenho do processo da maneira desejada. Assim, é necessário desenvolver indicadores mais adequados. Portanto, as investigações futuras podem verificar se existem boas práticas que permitam estabelecer quais indicadores são recomendados para situações específicas. Ainda, os estudos futuros podem estudar situações particulares ou incomuns, e desenvolver indicadores de desempenho para esses casos.

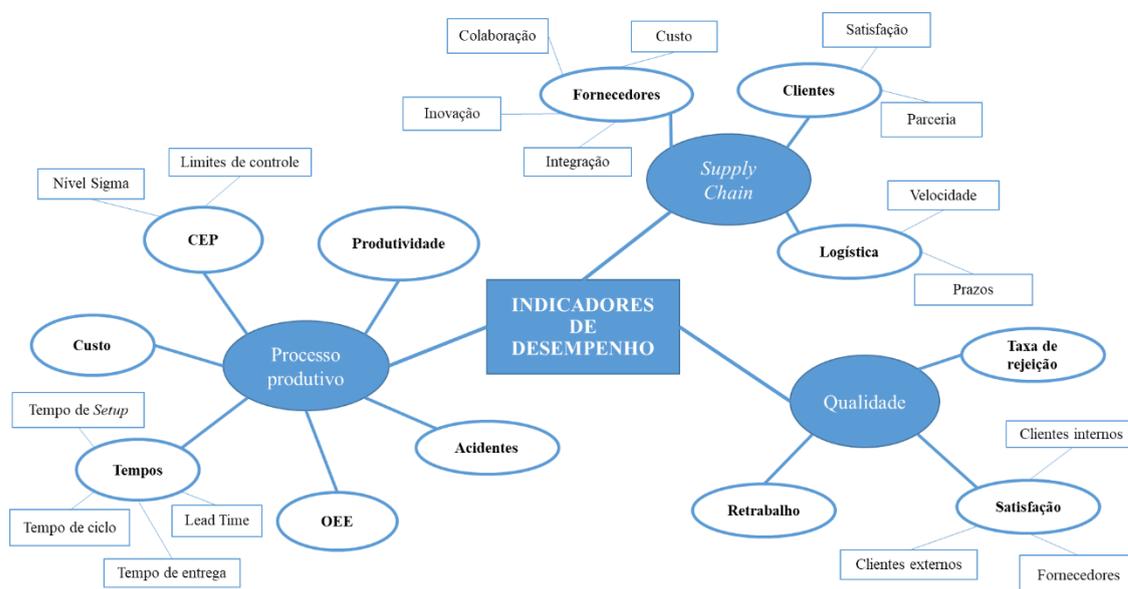
Como é possível observar no Quadro 3, o indicador de desempenho da qualidade é o mais utilizado quando o DMAIC é aplicado, sendo considerado em 44% dos trabalhos selecionados. A satisfação dos *stakeholders* está diretamente ligada à qualidade, sendo mencionada por 19% dos estudos analisados. De fato, obter bons resultados em ambos indicadores contribui a manutenção do negócio. As suas formas de avaliação podem variar, dependendo de fatores gerais ou específicos, de acordo com as características dos produtos ou serviços prestado.

Em seguida, o indicador de desempenho de custo aparece em segundo lugar, sendo considerado em 31% dos trabalhos. Isso acontece porque o custo contribui para o manutenção do negócio. Possuir boas margens financeiras é importante para qualquer empresa, e para isso é necessário manter os custos dentro do planejado. Além disso, o indicador de custo está entre os mais utilizados por impactar os resultados de outros indicadores de desempenho (KASAP et al., 2019). As investigações futuras podem considerar esses resultados para verificar se os indicadores de desempenho relacionados à qualidade e ao custo devem ser considerados sempre que o DMAIC for aplicado.

Por outro lado, os indicadores de desempenho de duração da permanência hospitalar, taxa de resposta a pacientes, OEE, produtividade, taxa de acidente e tempo de *setup* são considerados pela minoria. A consideração dos dois primeiros pode ser justificada, pois trata-se de indicadores utilizados em uma situação específica. No entanto, os demais podem ser considerados indicadores de desempenho genéricos, que podem ser utilizados em diversos contextos. Desse modo, os trabalhos futuros podem considerar desenvolver estudos de caso combinando a aplicação do método DMAIC e tais indicadores, a fim de explorar a sua utilização e analisar o seu desempenho.

A Figura 5 apresenta um resumo das perspectivas identificadas nos grupos estudados.

Figura 5 – Resumo das perspectivas estudadas sobre DMAIC e indicadores de desempenho.



Fonte: Autora (2022)

Por fim, as sugestões de pesquisas futuras identificadas com base nesta revisão da literatura podem ser resumidas conforme segue:

- Explorar a aplicação do DMAIC para a melhoria de outras áreas além da produção.
- Identificar a existência de um padrão na adoção de indicadores de desempenho, de acordo com a atividade, setor industrial, área ou processo em que o DMAIC é aplicado.
- Verificar se existem boas práticas que permitam definir quais indicadores são recomendados para situações específicas.
- Estudar situações particulares ou incomuns, e desenvolver indicadores de desempenho para esses casos.
- Verificar se os indicadores de desempenho relacionados à qualidade e ao custo devem ser considerados sempre que o DMAIC for aplicado.
- Desenvolver estudos de caso combinando a aplicação do método DMAIC e os indicadores de OEE, produtividade, taxa de acidente e tempo de *setup*, a fim de explorar a sua utilização e analisar o seu desempenho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a metodologia de pesquisa e o método utilizados neste trabalho.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa científica pode ser classificada de acordo com quatro critérios: natureza, objetivos, abordagem e metodologia (TURRIONI; MELLO, 2012).

A classificação de um estudo quanto a sua natureza pode ser como básica ou aplicada. A primeira busca novos conhecimentos, de forma teórica e sem aplicabilidade. A segunda explora conhecimentos que terão uma aplicação prática em problemas específicos (MORESI, 2003). Dessa forma, este estudo pode ser classificado como de natureza aplicada, pois, utilizando uma método de melhoria contínua, busca identificar problemas, analisá-los e propor recomendações para solucioná-los.

Quanto aos objetivos, uma pesquisa pode ser exploratória, descritiva ou explicativa. A exploratória procura maior esclarecimento sobre um determinado assunto pouco estudado ou conhecido, buscando maior entendimento. A descritiva registra e descreve fatos observados de uma realidade, sem interferir nos mesmos. A explicativa investiga um fenômeno, suas causas e efeitos, preocupando-se em explicar o porquê (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Tendo em vista estes conceitos, este trabalho pode ser classificado como exploratório quanto aos seus objetivos. Isso se dá devido a busca pelo entendimento de um tema pouco conhecido e explorado, que exige uma investigação para ampliar o conhecimento acerca de um determinado problema.

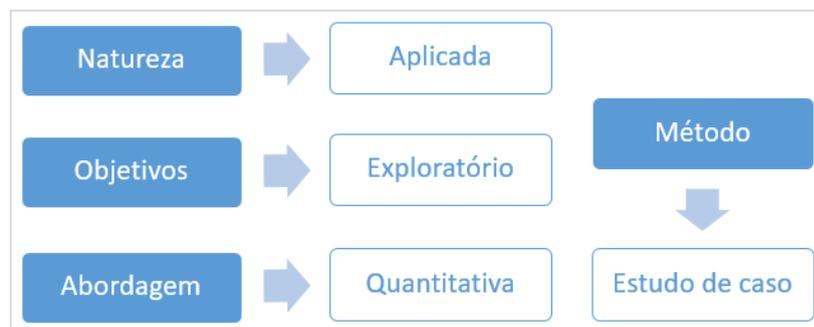
Em relação a abordagem, a pesquisa pode ser quantitativa, qualitativa ou combinada. A quantitativa traz informações numéricas e mensuráveis, enquanto a qualitativa se refere a aspectos subjetivos. A abordagem combinada apresenta uma integração entre os dois modelos (TURRIONI; MELLO, 2012). Assim, esse estudo pode ser tido como combinado.

Por fim, a metodologia trata dos procedimentos técnicos utilizados como estratégia para execução da pesquisa. Podem ser: estudo de caso, pesquisa-ação, modelagem ou *survey*. O estudo de caso foca em um estudo profundo e exaustivo de um tema, enfatizando o entendimento contextual. A pesquisa-ação articula a investigação e a ação, de forma participativa. A *survey* realiza uma coleta de dados, com o intuito de examiná-los de forma descritiva, explicativa ou exploratória. As modelagens são o processo de construção de um modelo capaz de representar uma realidade.

Este trabalho pode ser classificado como um estudo de caso, pois trata de um estudo profundo e detalhado de um único objeto (MORESI, 2003). A Figura 6 resume a classificação

deste estudo.

Figura 6 - Esquema da classificação metodológica da pesquisa.



Fonte: autora (2022)

3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

O estudo de caso pode ser entendido como uma investigação empírica que investiga um determinado fenômeno no contexto de sua realidade. É um procedimento metodológico que foca em estudar de forma profunda e detalhada um ou mais objetos, buscando entender sua representatividade e a dinâmica do contexto real (YIN, 2001).

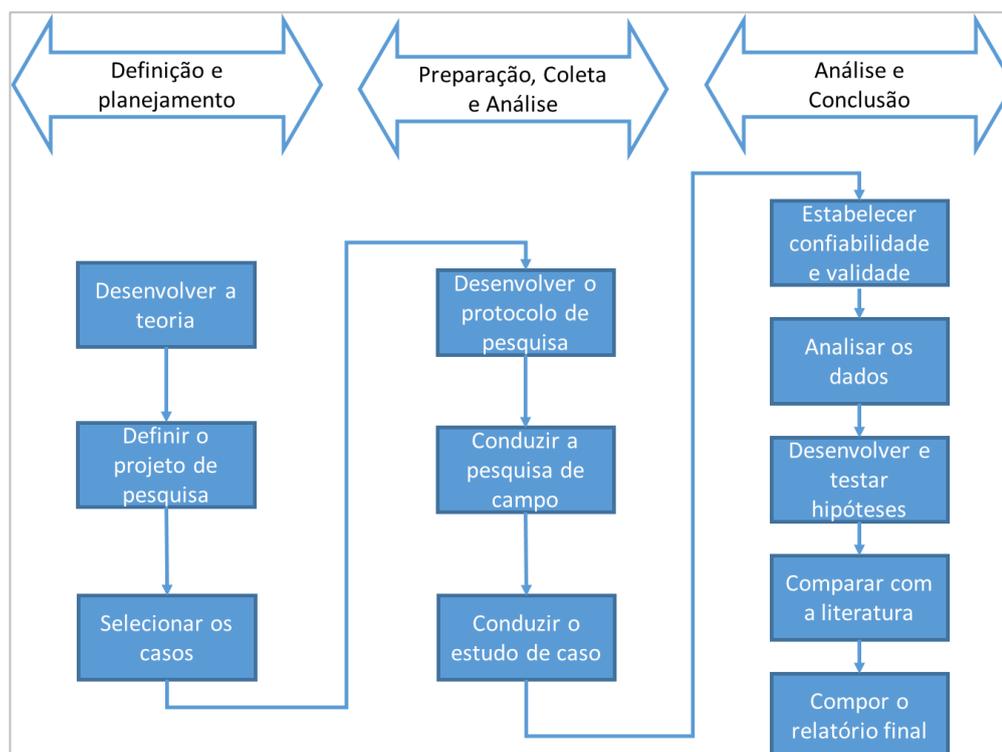
Os principais propósitos de um estudo de caso se relacionam a (GIL, 2009):

1. Explorar situações da realidade que não possuem limites claramente definidos;
2. Descrever a circunstância em que se encontra determinada investigação;
3. Desenvolver hipóteses e/ou teorias e;
4. Compreender variáveis geradoras de determinados fenômenos, quando não se é possível realizar levantamentos e experimentos.

Os estudos de caso podem ainda ser divididos em três categorias: exploratório, descritivo e explanatório. O exploratório é uma espécie de estudo piloto, realizado como forma de testar hipóteses, instrumentos ou procedimentos. O descritivo busca demonstrar e descrever uma realidade. E o explanatório, não só descreve uma realidade, como também busca explicá-la (TURRIONI; MELLO, 2012).

As etapas de um estudo de caso passam por três fases principais: a definição e planejamento; a preparação, coleta e análise, e; as análises e conclusões (YIN, 2001). Em cada fase, existem etapas que devem ser seguidas. A Figura 7 apresenta as etapas e as fases do estudo de caso sugeridas por Yin (2001) e que serão adotadas neste trabalho. Vale ressaltar que esta pesquisa trata de um estudo de caso único e que o capítulo 2 corresponde a primeira etapa, que é o desenvolvimento da teoria.

Figura 7 – Etapas de um estudo de caso.



Fonte: adaptado de Turrioni e Mello (2012)

3.3 MÉTODO DMAIC

O *six sigma* é uma filosofia que surgiu na década de 1980 na Motorola, como forma de aumentar a competitividade, através do atingimento de altos níveis de qualidade (OTAVIANO, 2010). A teoria foi disseminada e adotada por inúmeras empresas, inclusive pela *General Electric* (GE), em que seu *chief executive officer* (CEO), Jack Welch, transformou o *six sigma* na base da estratégia de negócios da empresa, difundindo ainda mais o conceito (PETENATE; PETENATE, 2016).

O *six sigma* é uma abordagem disciplinada e quantitativa, que tem o objetivo inicial de reduzir o número de defeitos para menos que 3,4 partes por milhão de oportunidades (HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000). Sigma é um símbolo que representa o desvio padrão, e o *six sigma* é usualmente utilizado como indicador do desempenho de organizações, em que, quanto maior o nível sigma, melhor o desempenho (ANDRADE, 2017).

A Tabela 1 apresenta a relação entre o nível sigma, o número de partes por milhão (PPM) de defeitos e o rendimento de um processo. A partir desses níveis, os processos podem ser classificados como não competitivos, competitivos ou classe mundial. Estes foram definidos com base em análises e estudos em empresas consideradas referências na área de qualidade (PETENATE; PETENATE, 2016).

Tabela 1 - Nível sigma.

Nível Sigma	PPM	Rendimento	Classificação
1	691.460	30,85%	Não competitivo
2	308.540	69,14%	
3	66.807	93,82%	Competitivo
4	6.210	99,38%	
5	233	99,98%	Classe mundial
6	3,4	99,99966%	

Fonte: adaptado de Petenate e Petenate (2016)

O foco na satisfação dos clientes e a redução da variabilidade podem ser citados como as principais características da abordagem *six sigma*. A satisfação do cliente é importante devido à ênfase dada a ações com impacto nos clientes. A redução de variabilidade é considerada o meio de se atingir melhor desempenho, garantindo melhores resultados operacionais e financeiros (HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000).

Os projetos *six sigma* dependem do apoio da alta direção e possuem uma hierarquia específica. Essa hierarquia tem origem nas certificações concedidas pela qualificação de um profissional, sendo dividida em faixas. Essa faixas vão desde os *white belts* (faixas brancas), que possuem apenas conhecimentos básicos, passando pelos *master black belts* (mestres faixas pretas), que atuam como líderes ou consultores de projetos, possuindo bons conhecimentos das ferramentas, até os *sponsors* (patrocinadores), que promovem a implantação dos projetos, de acordo com as necessidades da empresa (OTAVIANO, 2010).

Um dos principais diferenciais da filosofia *six sigma* é a compreensão intrínseca de métricas quantificáveis. O uso de indicadores quantitativos é um requisito, e estes são usados para acompanhamento do desempenho de um projeto, apontando valores relacionados a custo, qualidade e tempo, de preferência (LYNCH; BERTOLINO; CLOUTIER, 2003).

O método DMAIC é um roteiro padrão que funciona como guia capaz de garantir o desenvolvimento de um escopo seguro e eficiente para o projeto. Ele dita a estrutura a ser seguida, facilitando e organizando as técnicas utilizadas em cada etapa (PETENATE; PETENATE, 2016).

Sendo principal método de implementação dos projetos *six sigma*, assim como muitos outras técnicas de melhoria, o DMAIC se baseia no ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) (OTAVIANO, 2010). Porém, um de seus diferenciais é a ênfase dada a etapa do planejamento, que se desmembra em três: definição, medição e análise. Isso enfatiza o objetivo de garantir a

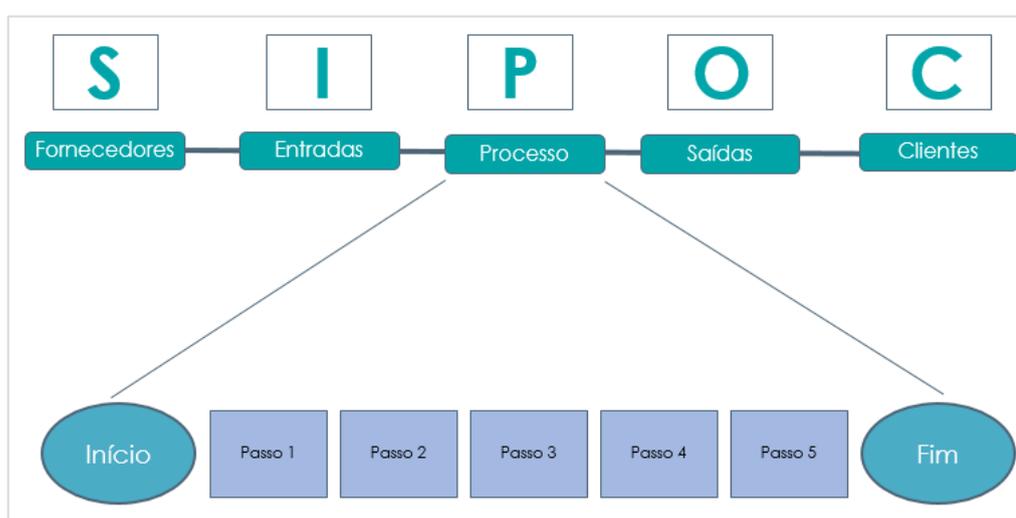
elaboração de ações mais estruturadas e focadas (SHANKAR, 2009).

O DMAIC é uma abordagem disciplinada, que tem o seu nome advindo do acrônimo em inglês, das cinco etapas que contemplam o método: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Cada etapa possui ferramentas, técnicas e atividades que auxiliam no desempenho do método (SOKOVIC; PAVLETIC; PIPAN, 2010).

A primeira etapa do DMAIC, definir, impacta diretamente no sucesso do projeto, sendo responsável pela definição do seu escopo. O problema deve ser avaliado, os clientes afetados e as suas necessidades devem ser identificados, assim como os processos relacionados e os impactos causados. Em seguida a meta deve ser definida com base no histórico, na estratégia da empresa e nos potenciais ganhos (LYNCH; BERTOLINO; CLOUTIER, 2003).

Nesta etapa, as principais ferramentas de suporte são o contrato do projeto e o diagrama *Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customer* (SIPOC). O contrato representa a formalização do acordo firmado entre os responsáveis pelo projeto e os patrocinadores, delimitando as expectativas e o escopo. O diagrama SIPOC é utilizado como uma forma de determinar o processo principal do projeto, ao estabelecer suas etapas, fornecedores, entradas, saídas e clientes. A sua estrutura (Figura 8) permite uma fácil visualização do escopo de trabalho (WERKEMA, 2013).

Figura 8 - Estrutura do Diagrama SIPOC.



Fonte: adaptado de Werkema (2013)

Já a segunda letra do método DMAIC, M, representa a etapa da medição, em que deve ser realizado um levantamento da situação atual do processo e criado um plano para a coleta de dados. As variáveis que controlam o processo devem ser determinadas e analisadas, bem como

o seu sistema de medição e o seu comportamento (OTAVIANO, 2010).

As ferramentas utilizadas nesta etapa são aquelas tipicamente usadas na qualidade, tais como as listas de verificação e a estratificação. As listas de verificação se tratam de formulários, utilizados para realizar coleta de dados, de forma padronizada e organizada. A estratificação é a divisão dos dados coletados em subgrupos, com base em diversos fatores, que vão auxiliar no reconhecimento do problema (WERKEMA, 2014).

A etapa seguinte corresponde à análise, em que se busca compreender as causas raízes do problema. O objetivo principal é identificar as variáveis potenciais que controlam o processo e como elas o afetam. Dentre todas as variáveis, devem ser identificadas as variáveis raízes, principais responsáveis pelos problemas (HAHN; DOGANAKSOY; HOERL, 2000).

O fluxograma é uma das ferramentas que suportam esta etapa, sendo uma representação gráfica e esquemática de um processo, que o ilustra de forma simples e de fácil visualização. A matriz de priorização também pode ser utilizada, promovendo uma correlação entre as saídas do processo, e suas entradas e variáveis, verificando o grau de influência de cada uma delas (WERKEMA, 2013).

A quarta etapa representa a fase de melhoria, em que o plano de ação deve ser desenvolvido e implementado, a partir de ideias capazes de eliminar as causas raízes do problema. As análises obtidas devem guiar o desenvolvimento de ajustes nas variáveis do processo, de forma a modificá-lo e otimizá-lo (SILVA et al., 2016).

A fim de identificar e avaliar as soluções prioritárias sugere-se o uso de ferramentas como o *brainstorming*, que gera ideias e possibilidades para posterior avaliação. A ferramenta 5W2H (*What, Where, When, Why, Who, How e How Much*) também pode ser utilizada, fornecendo uma estrutura para a elaboração de um plano de ação completo e detalhado (HOLANDA; SOUZA, 2013).

Por fim, a última etapa, controle, deve primeiramente avaliar o atingimento da meta estipulada. Se confirmado, deve-se então criar mecanismos para controlar, monitorar e manter tudo o que foi criado durante a implementação. Caso a meta não tenha sido atingida, deve-se retornar a etapa da medição (OTAVIANO, 2010).

Como ferramentas, pode-se citar o uso de *poka-yokes*, dispositivos que garantem a execução de atividades “à prova de erros”. A criação de procedimentos operacionais padrão também é importante para padronizar e garantir a manutenção dos novos procedimentos (WERKEMA, 2013).

O foco em melhoria contínua sugere que o método seja usado de forma cíclica, para garantir um aperfeiçoamento constante. Dessa forma, criam-se melhorias sustentáveis, graças ao

desenvolvimento de uma cultura de melhoria e aquisição de novos conhecimentos (SHANKAR, 2009).

As etapas do estudo de caso e do método DMAIC se relacionam, conforme descrito no Quadro 4.

Quadro 4 - Correspondência entre as etapas do estudo de caso e do DMAIC.

Estudo de Caso	DMAIC
Desenvolvimento da teoria	Definir
Definição do projeto de pesquisa	Definir
Seleção dos casos	Medir
Desenvolvimento do protocolo de pesquisa	Medir
Condução da pesquisa de campo	Medir
Condução do estudo de caso	Medir
Estabelecimento de confiabilidade e validade	Medir
Análise dos dados	Analisar
Desevolvimento e teste de hipóteses	Melhorar
Comparação com a literatura	Controlar
Composição do relatório final	Controlar

Fonte: adaptado de Yin (2001) e Werkema (2013)

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, serão apresentados o objeto de estudo e a aplicação do método.

4.1 OBJETO DE ESTUDO

A pesquisa aconteceu em uma lavanderia hospitalar, que pode ser classificada como industrial, devido ao volume processado e o tipo de maquinário utilizado. A lavanderia realiza a higienização dos enxovais de cerca de 50% dos hospitais de Belo Horizonte e região metropolitana, além de clínicas e centros de saúde.

Os principais itens higienizados são classificados como de hotelaria (por exemplo, lençóis, fronhas e camisolas) e de uso direto dos pacientes (por exemplo, cobertores e toalhas). Roupas usadas pelas equipes médicas e peças cirúrgicas, tais como campos cirúrgicos, aventais e travessas também são higienizados na lavanderia, porém em menor quantidade. Cada item pode passar por um processo de higienização diferente, dependendo de sua cor e do nível de sujidade.

A lavanderia opera em dois turnos de trabalho, com funcionamento da fábrica por 17,5 horas por dia. Nesse período, a lavanderia processa, em média, 30 toneladas de enxoval, sendo que o volume varia durante a semana, com pico às quinta-feiras e baixa aos domingos.

A lavanderia é organizada em vários setores, sendo os principais o de produção, que possui a maior quantidade de operadores, de manutenção e de logística, além de outras áreas de apoio tais como qualidade, financeiro e recursos humanos. Também existe uma equipe comercial, que é responsável por realizar o acompanhamento e a intermediação com os clientes. Essa equipe registra as reclamações, elogios e demandas dos clientes, repassando para os outros setores.

O serviço oferecido pela lavanderia é terceirizado e externo às unidades de saúde, e possui logística própria para recolhimento e entrega dos enxovais. Coletas e entregas diárias são realizadas nas unidades geradoras localizadas próximas à lavanderia, que representam os maiores volumes de enxovais a serem processados. A frequência de coletas e entregas reduz à medida que a distância entre a localização da unidade geradora e da lavanderia aumenta ou os volumes de enxovais a serem processados diminui.

Todo o fluxo do processo de higienização de enxoval, citado na Figura 1, é de responsabilidade da lavanderia. O fluxo inicia com a coleta do enxoval sujo que é retirado das unidades geradoras e transportado até o expurgo, onde fica armazenado até o momento da coleta para ser transportado até a lavanderia.

Ao chegar na lavanderia, o enxoval é pesado e, em seguida, entra na fila de espera para que seja separado. A separação acontece em uma esteira, em que os itens são segregados de acordo com a cor, tipo e nível de sujidade. Essa segregação define qual tipo de processo de lavagem será necessário realizar.

A lavagem acontece em túneis de lavagem, e tem duração aproximada de 25 minutos. Lotes de aproximadamente 50 quilos passam pelas etapas de pré-lavagem, alvejamento, enxágue e neutralização. A pré-lavagem tem como objetivo realizar a remoção das sujidades grosseiras. O alvejamento permite a desinfecção do enxoval. O enxágue remove a maior parte dos produtos químicos utilizados e, por fim, na etapa de neutralização, o ph da água do último banho é neutralizado, a fim de garantir conforto aos usuários.

A remoção do excesso de água acontece por meio da prensagem das peças. Após esta etapa, as peças podem ter dois destinos. As peças de hotelaria, que necessitam de boa passadoria e acabamento são encaminhadas para as calandras, ainda úmidas. As calandras são equipamentos que possuem grande rolos aquecidos a vapor, por entre os quais o enxoval passa, sendo seco e passado. O restante das peças vai para os secadores, para que cheguem secas aos setores de dobras.

Nos setores de dobra, as peças são conferidas pelos operadores. As peças não conformes, que são aquelas com problemas de costura, sujidades, ainda úmidas ou alocadas no setor errado, são segregadas e encaminhadas para que recebam os respectivos tratamentos necessários. As peças conformes são dobradas, acondicionadas em carros transportadores e encaminhadas para o setor de expedição.

A quantidade de peças e o peso do enxoval é conferido no setor de expedição e então o enxoval é embalado. Um relatório com essas informações é emitido para o cliente, e o enxoval é liberado para o setor de logística, que entrega o enxoval higienizado nas unidades geradoras para que as peças sejam distribuídas aos setores onde são demandadas.

4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Em seguida, será apresentada a aplicação de cada uma das etapas do método DMAIC.

4.2.1 Definir

Nesta etapa do método DMAIC deve-se apresentar o problema e o seu contexto, os clientes envolvidos, a meta a ser atingida, além das perdas atuais e os possíveis ganhos do projeto.

Com base nos dados coletados pelo setor comercial da lavanderia estudada, um dos principais motivos de insatisfação dos clientes são os problemas de higienização inadequada e residual de sujidade nas peças. De fato, na etapa de dobra, um alto percentual de peças são identificadas como não conformes e precisam ser retrabalhadas, ou seja, lavadas novamente. Este processo é denominado relave. Este é um dos principais problemas enfrentados pela lavanderia atualmente, de acordo com entrevista com os envolvidos e indicadores da empresa.

Dessa forma, foi definido o problema a ser investigado: o alto índice de retrabalho na etapa

de lavagem do processo de higienização dos enxovais. Esse problema gera interrupções no fluxo dos processos da lavanderia, além do aumento da movimentação e de custos com insumos, e a insatisfação dos clientes.

Os clientes externos esperam receber as suas peças limpas e sem resíduos, para que possam ser encaminhadas diretamente aos locais onde são necessárias. O envio de peças não conformes aos clientes impacta a confiabilidade do processo, gerando dúvidas sobre a eficácia do processo de higienização. Os clientes internos, por exemplo, os setores responsáveis pela dobra e embalagem das roupas, são afetados negativamente, pois precisam parar as suas atividades para realizar a segregação e a movimentação das peças não conformes.

A empresa realiza o controle do índice de retrabalho por meio da pesagem diária das peças não conformes. A partir desse valor, é calculado o percentual que ele representa com base no total produzido pela fábrica, que também é pesado. Historicamente, o valor médio do relave da unidade é de 3%, que equivale a uma média de 528 quilos de enxoval não conforme por dia.

Com base nesses dados e no conceito SMART (*specific, measurable, achievable, relevant, timebound*) de definição de metas, estabeleceu-se a meta de atingir uma média de 2% de relave no prazo de 8 meses. A meta foi considerada razoável, pois determinou um valor para um processo específico, possível de ser medido e alcançado, em um tema relevante para a organização, e com um prazo determinado.

Considerando o custo médio de higienização de R\$0,07 por quilo de enxoval, indicador de custo de produção da lavanderia, a redução do índice de retrabalho implica uma redução de custos significativa. A redução do relave para 2%, representa menos 176 quilos para serem retrabalhados diariamente, o que constitui uma redução de R\$12,32 por dia, e R\$4496,80 por ano. Outros benefícios promovidos pela redução do relave incluem a melhoria da produtividade, o aumento da satisfação dos clientes e redução do consumo de água e do impacto ambiental.

A Figura 9 apresenta o diagrama SIPOC do processo de higienização de enxoval, a partir do qual é possível identificar os fornecedores e os clientes do processo. Também pode-se observar as entradas e saídas do processo, que são os insumos que serão transformados e resultados obtidos por essa transformação, respectivamente (WERKEMA, 2013).

Figura 9 - Diagrama SIPOC para o processo de higienização do enxoval.



Fonte: autora (2022)

Os fornecedores do processo correspondem às unidades geradoras, entre as quais destacam-se os hospitais, que enviam o enxoval sujo para ser higienizado; os próprios setores da lavanderia, que segregam peças de relave e as retornam para nova higienização; e o setor de costura, que envia as peças que foram liberadas de volta para a produção. Esses também são considerados os clientes do processo. Nesse caso, os hospitais representam clientes externos, que recebem as peças limpas para utilização; os setores da lavanderia são clientes internos que dão o acabamento nas peças; e os setores de relave e costura, que recebem as peças não conformes provenientes do processo.

As entradas são todas aquelas peças em que se julga necessário realizar a higienização: peças sujas, manchadas e com problemas de acabamento, por exemplo, passada inadequada. As saídas são as peças que foram higienizadas, que podem estar totalmente limpas, ou ainda manchadas, com residuais de sujidade (relave) ou rasgadas.

Nesta etapa do DMAIC também foi feita a delimitação do estudo. De acordo com as prioridades da lavanderia, optou-se por tratar apenas o relave interno, ou seja, o retrabalho gerado pela ineficácia do processo de lavagem. O relave externo, proveniente do cliente, não foi considerado neste estudo por não ser uma prioridade para a empresa.

4.2.2 Medir

Nesta etapa, verifica-se quais resultados devem ser medidos para obter dados úteis para analisar o problema para, então, iniciar o planejamento e a coleta de dados. Para este estudo de

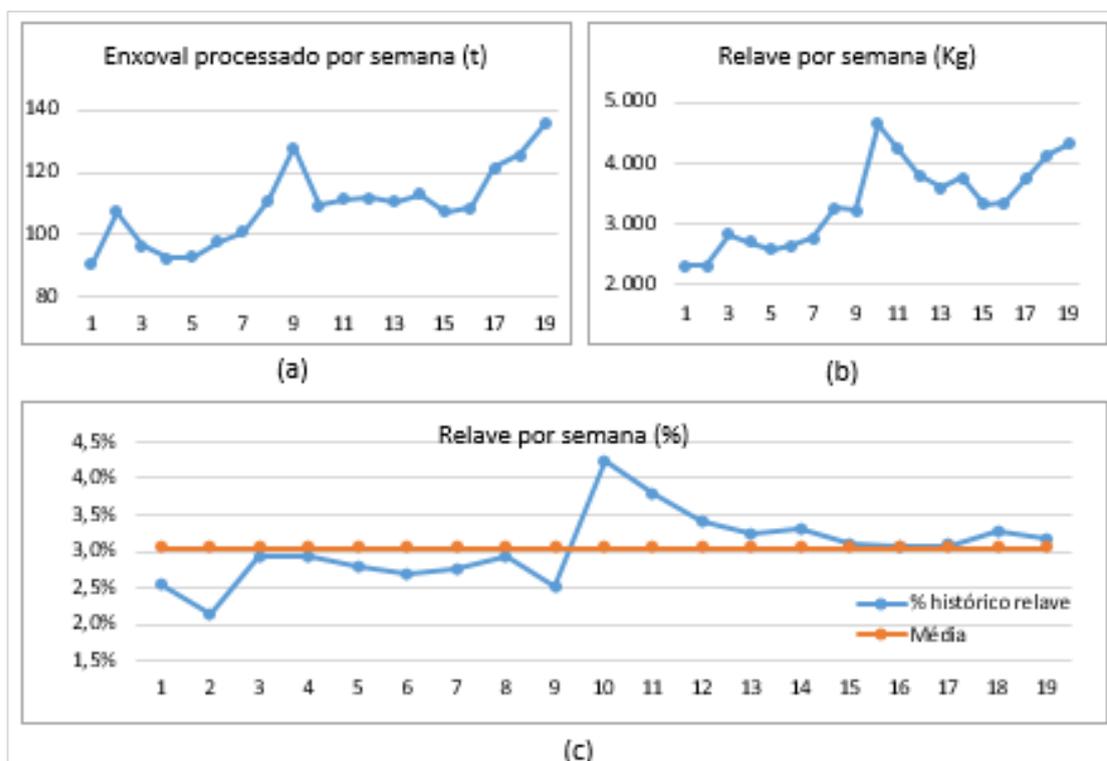
caso, verificou-se ser necessário medir: o peso das peças retrabalhadas (peças de relave) e o peso total de peças processadas pela lavanderia.

Em seguida, foi determinado o *key performance indicator* (KPI) do projeto, que representa o índice percentual de relave, e depende diretamente dos pesos das peças de relave e do total de peças processadas. O KPI pode ser calculado utilizando a expressão (1) a seguir.

$$Relave(\%) = \frac{\text{Peso de peças de relave}}{\text{Peso total das peças processadas}} \quad (1)$$

A Figura 10 apresenta o histórico de dados coletados, por semana, durante aproximadamente 4 meses. A Figura 10 (a) apresenta os valores absolutos em toneladas (t) de enxoval processadas. A Figura 10 (b) apresenta a quantidade de peças retrabalhadas, em quilos (kg). A Figura 10 (c) mostra o percentual de peças retrabalhadas, calculado com base nos valores anteriores.

Figura 10 - Histórico dos dados.



Fonte: autora (2022)

Como parte importante da etapa de medição, definiu-se realizar a coleta de dados utilizando uma folha de verificação que foi elaborada para permitir a estratificação dos dados,

dividindo as quantidades de peças de relave por tipo e por dia da semana. Um exemplo da folha de verificação utilizada na coleta de dados pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Folha de verificação utilizada no processo de coleta de dados.

Data	Lençol	Campo	Capote	Privativo	Travessa/ Toalha	Berçario	Peças pequenas	Camisola

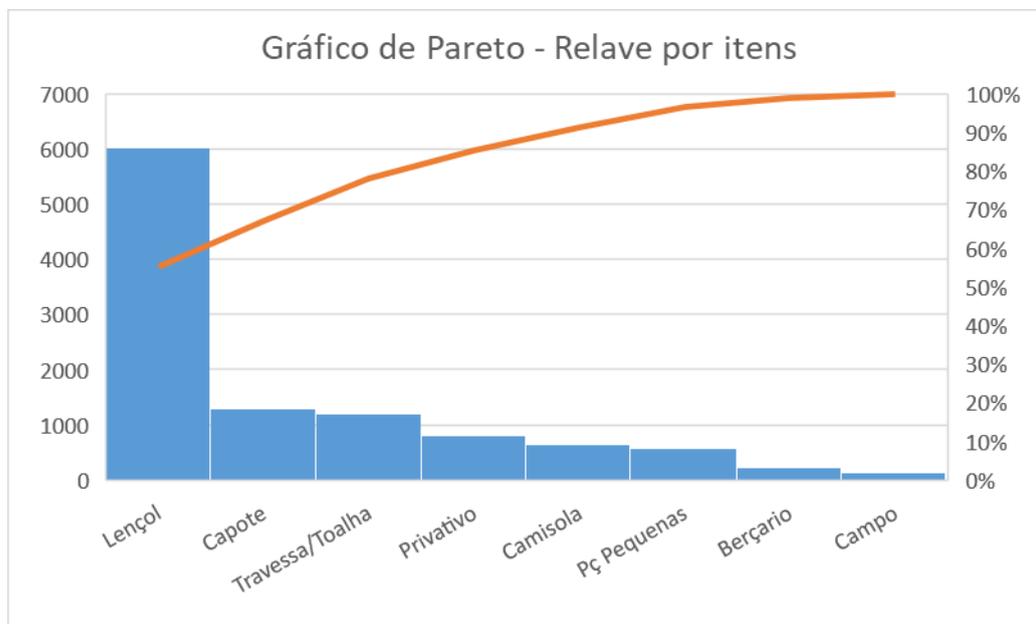
Fonte: autora (2022)

A divisão dos itens para composição das colunas da folha de verificação foi realizada com base nos itens processados em cada setor. Isso foi necessário, pois cada setor possui apenas uma caixa para segregação. Todos os itens de relave são processados em uma mesma célula e são alocados em uma mesma caixa. Assim, agrupar itens, por exemplo, peças pequenas e travessas/toalhas, facilita a pesagem e a coleta dos dados.

A partir dos dados coletados, foi elaborado um diagrama de Pareto, ferramenta da qualidade que auxilia na visualização e compreensão da quantificação das causas de um problema. O diagrama é composto por um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências em ordem decrescente, apresentando de um lado a quantidade de ocorrências e no outro o percentual que cada frequência representa (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Para construir o gráfico, foi feita a soma do peso de cada peça de relave em todo o período de coleta de dados e, então, foi calculada a porcentagem que essa soma representa em relação ao peso total das peças de relave. Assim, foi possível identificar a representatividade de cada tipo de peça em relação ao total de peças de relave. O diagrama de Pareto é apresentado na Figura 12. É possível observar que o lençol é o tipo de peça com maior incidência de relave, representando 55% do total.

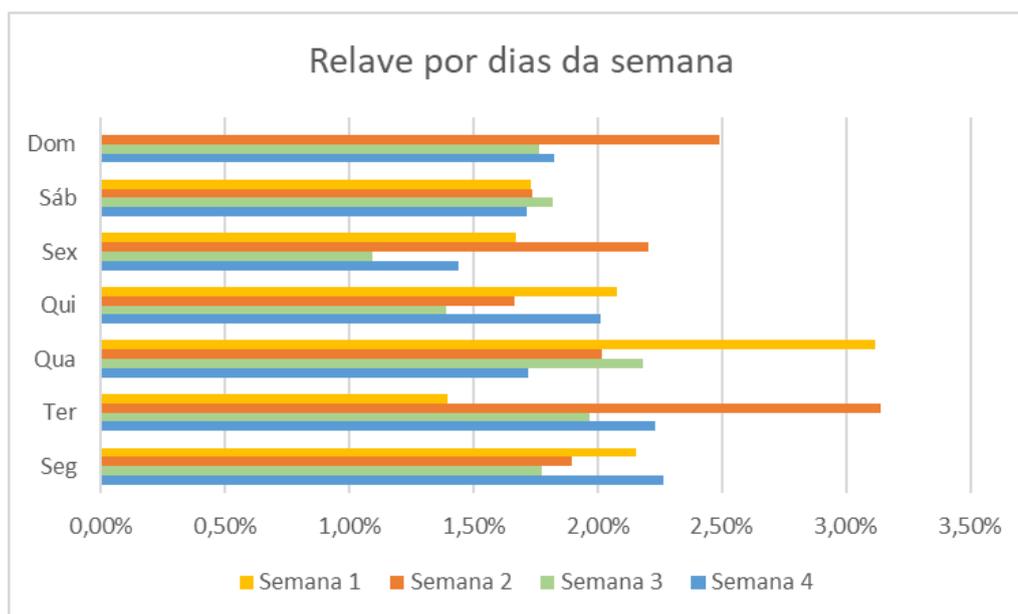
Figura 12 - Diagrama de Pareto - Relave por itens.



Fonte: autora (2022)

A estratificação de acordo com o percentual de peças de relave por dia da semana é apresentada na Figura 13. É possível identificar alguns dias de pico (terça e quarta-feira), em que o percentual de peças de relave passa de 3%, e outros de baixa (sexta-feira), em que o percentual chega a quase 1%. Apesar disso, o comportamento pode ser tido como aleatório, por não apresentar um padrão.

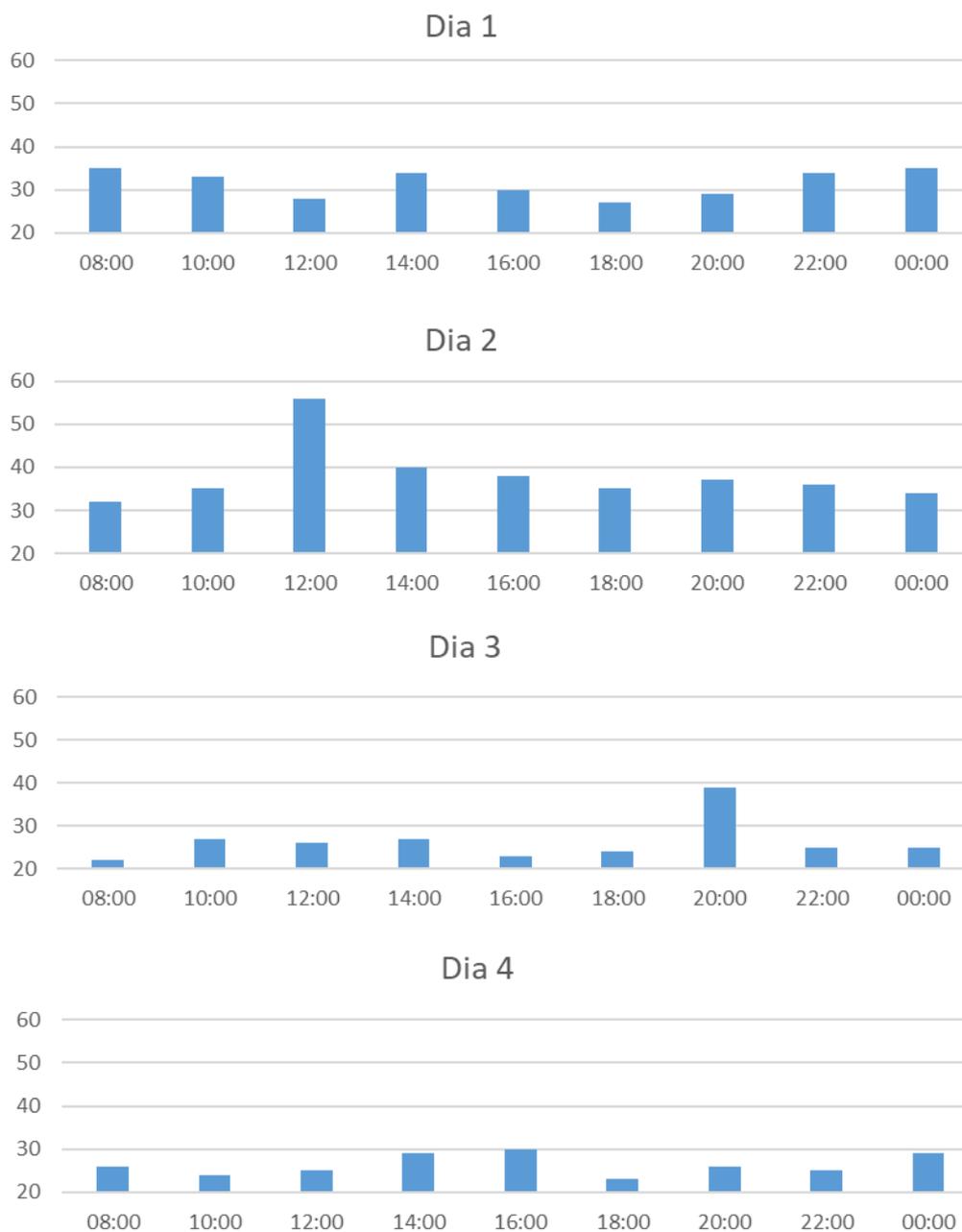
Figura 13 – Percentual de peças de relave por dia da semana.



Fonte: autora (2022)

Outra medição realizada se refere à quantidade de peças de relave gerada ao longo do dia. Nesse caso, foram realizadas coletas e pesagens das peças de relave a cada duas horas. Essa medição foi realizada apenas para o item lençol, que é o tipo de peça com a maior incidência de relave. A Figura 14 apresenta os resultados obtidos.

Figura 14 – Peso do relave por horas do dia.



Fonte: autora (2022)

É possível observar que o relave, em sua maior parte, possui baixa variação ao longo do

dia. Picos esporádicos podem ser vistos em algumas horas do dia. Por exemplo, às 12h00 do dia 2, às 20h00 do dia 4 e as 14h00 do dia 5.

4.2.3 Analisar

Na etapa da análise, buscou-se compreender e identificar as causas raízes geradoras do retrabalho (relave), com base nos dados coletados e nas medições realizadas na etapa anterior. Para tal, foram utilizadas as ferramentas de *brainstorming*, diagrama de causa e efeito e matriz de priorização.

O primeiro passo foi a realização do *brainstorming*, que é um processo para geração de ideias em grupo, em um curto espaço de tempo (CARVALHO; PALADINI, 2012). O *brainstorming* foi realizado em conjunto com algumas partes interessadas, envolvidas em diferentes etapas do processo, com o objetivo de levantar possíveis causas do relave. Cada participante teve a oportunidade de dar sua contribuição sobre os motivos que acreditavam afetar o índice de retrabalho. Todas as ideias foram resumidas, agrupadas e registradas.

O Quadro 5 indica as possíveis causas identificadas, além de uma breve explicação da razão pela qual elas foram consideradas ou como elas podem contribuir para o aumento da quantidade de relave.

Quadro 5 – Possíveis causas do relave identificadas no processo de *brainstorming*.

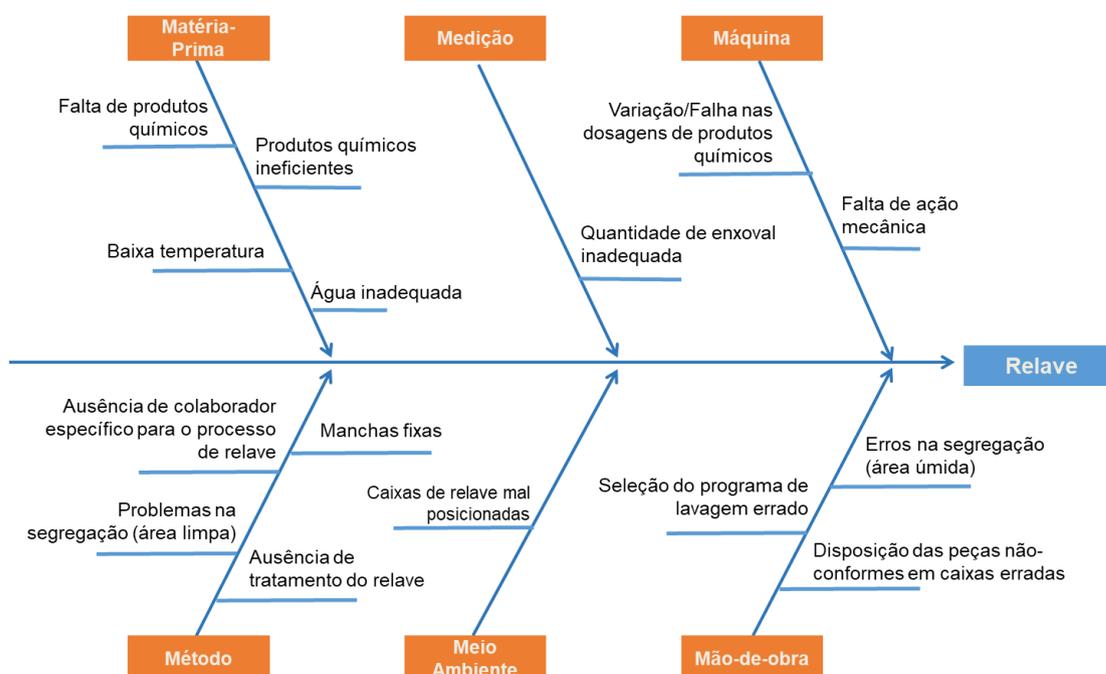
Motivo	Descrição
Variação/Falha nas dosagens dos produtos químicos	Falha na dosagem dos produtos químicos ou dosagem na quantidade inadequada.
Seleção de programa errado	Seleção do programa de lavagem inadequado pelo operador.
Erros na segregação (área úmida)	Segregação inadequada dos itens, misturando-os com outros e fazendo com que sejam lavados em programa de lavagem inadequado.
Problemas na segregação (área limpa)	Desconhecimento dos operadores sobre os tipos de mancha/sujidade, fazendo-os colocar peças de mancha fixa no processo de relave.
Falta de produtos químicos	Falta de produto químico, por elaboração errada do programa de lavagem.
Produtos químicos ineficientes	Produtos químicos com ação reduzida por problemas no armazenamento ou no fornecedor.
Disposição das peças não-conformes em caixas erradas	Mistura e alocação de peças que não são de relave na caixa de relave, tratando-as como tal.
Baixa temperatura	Temperatura inadequada, insuficiente para ação dos produtos químicos.
Água inadequada	Água com parâmetros ou em quantidade inadequados.

Motivo	Descrição
Manchas fixas	Falta de segregação de manchas fixas, que continuam sendo tratadas como relave e não são removidas do fluxo.
Falta de ação mecânica	Baixa ação mecânica, insuficiente para remover as sujidades.
Quantidade de enxoval inadequada	Excesso ou falta de enxoval no banho.
Ausência de operador específico para o relave.	Inexistência de operador fixo para o relave, que tenha conhecimento do fluxo e do processo.
Ausência de tratamento do relave	Higienização das peças de relave novamente no mesmo processo, sem ter um tratamento diferente.
Caixas de segregação mal posicionadas	Disposição inadequada das caixas de segregação de não conformidades, provocando erros na alocação das peças.

Fonte: autora (2022)

A partir das possíveis causas identificadas, foi elaborado um diagrama de causa e efeito a fim de categorizá-las. O diagrama normalmente é usado como forma de demonstrar a relação entre as causas e os efeitos de um processo. As causas são analisadas de acordo com seis categorias (6Ms): método, mão-de-obra, matéria-prima, medição, meio ambiente e máquina (CARVALHO, 2012). O diagrama elaborado pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 - Diagrama de causa e efeito.



Fonte: autora (2022)

Em seguida, ainda com o apoio e validação dos stakeholders, realizou-se o processo de priorização das causas. Para tal, foi utilizada a matriz de priorização, que é uma ferramenta que auxilia na correlação entre as entradas, as saídas e outras variáveis dos processos (WERKEMA, 2013).

Na matriz de priorização, foram relacionadas as causas potenciais, o problema prioritário (relave, em geral) e os problemas secundários, que representam aqueles que, de forma indireta, contribuem para o relave: má higienização e classificação errada das não conformidades.

Pesos foram atribuídos a cada uma das causas, com base na correlação existente entre a causa e o problema. Os pesos foram classificados entre 0 (correlação ausente), 1 (correlação fraca), 3 (correlação moderada) e 5 (correlação forte), conforme valores apresentados no Tabela

Os problemas também receberam ponderações. Ao relave em geral foi atribuído o maior peso, por ser o problema principal. Em seguida, a má higienização e a classificação errada das não conformidades receberam peso 3. Para determinar a ordem de prioridade das possíveis causas, cada classificação de correlação foi multiplicada pela ponderação daquele problema, em seguida foi realizada a soma das multiplicações, gerando o valor total.

Assim, a Tabela 3 mostra a ordem de prioridade das causas potenciais do problema de relave.

Tabela 3 - Matriz de Priorização das causas potenciais do problema de relave.

Motivo	Relave em geral	Má higienização	Classificação errada das não conformidades	Total	Classificação
	Peso 5	Peso 3	Peso 3		
Ausência de tratamento do relave	5	3	3	43	1°
Varição/Falha nas dosagens	5	5	0	40	2°
Falta de produtos químicos	5	5	0	40	2°
Produtos químicos ineficientes	5	5	0	40	2°
Erros na segregação (área úmida)	3	5	3	39	3°
Manchas fixas	3	3	5	39	3°
Ausência de operador específico para o relave.	5	0	3	34	4°
Seleção de programa errado	3	5	0	30	5°
Problemas na segregação (área limpa)	3	0	5	30	5°
Disposição das peças não-conformes em caixas erradas	3	0	5	30	5°
Falta de temperatura	3	5	0	30	5°

Motivo	Relave em geral	Má higienização	Classificação errada das não conformidades		
	Peso 5	Peso 3	Peso 3	Total	Classificação
Água inadequada	3	5	0	30	5°
Falta de ação mecânica	3	5	0	30	5°
Quantidade de enxoval inadequada	3	5	0	30	5°
Caixas de segregação mal posicionadas	1	0	5	20	6°

Fonte: autora (2022)

4.2.4 Melhorar

A etapa de melhoria do método DMAIC tem como objetivo propor, analisar e implementar soluções para as causas potenciais encontradas. O primeiro passo consiste em gerar ideias de potenciais soluções, capazes de mitigar as causas prioritárias do problema (WERKEMA, 2013).

Para isso, foi proposta a execução de um novo *brainstorming*, cujo foco foi gerar ideias de soluções para eliminar as causas potenciais identificadas no Tabela , de acordo com a sua prioridade. Logo percebeu-se que muitas ações idealizadas seriam pertinentes a mais de uma causa. Todas as ações identificadas foram registradas no Quadro 6. As ações podem ser agrupadas de acordo com o seu impacto e a sua finalidade em: produtos químicos, equipamentos, fluxo e mão de obra.

Quadro 6 - Ações propostas.

PRODUTOS QUÍMICOS	Conferir as quantidades dosadas em cada programa de lavagem.
	Conferir o funcionamento das bombas dosadoras de produtos químicos.
	Garantir produtos químicos dentro do prazo de validade.
	Lavar itens de relave com produtos químicos diferentes.
	Solicitar certificados de qualidade dos produtos químicos ao fornecedor.
	Realizar titulação de água do processo de lavagem.
	Garantir água com parâmetros adequados.
EQUIPAMENTOS	Validar a calibração das balanças.
	Validar a calibração das sondas de temperatura.
	Conferir os níveis de água do banho.
	Conferir a vazão de entrada de água.
	Conferir batimento dos túneis para ação mecânica.
FLUXO	Definir o fluxo do relave.
	Definir o operador responsável pelo relave.
	Criar etiquetas de identificação para as gaiolas de relave.
	Elaborar caderno para controle diário do relave.
	Criar programa de lavagem específico para o relave.

	Readequar as caixas de segregação (área limpa).
	Readequar as caixas de segregação (área úmida).
MÃO-DE-OBRA	Treinar os operadores sobre manchas.
	Melhorar a iluminação dos setores.
	Melhorar a identificação visual dos programas de lavagem.
	Treinar os operadores sobre classificação de não conformidades.
	Treinar os operadores quanto a seleção de programas de lavagem.

Fonte: autora (2022)

Após a identificação das ações, uma matriz de esforço e impacto foi desenvolvida, com o auxílio da direção e dos envolvidos no processo, para classificar cada ação com base no confronto entre a sua contribuição e o benefício trazido (impacto) e a energia gasta para atingi-lo (esforço). Existem quatro opções de classificação: baixo esforço e alto impacto, ações “ver e agir”; baixo esforço e baixo impacto, ações prioritárias; alto esforço e alto impacto, ações complexas; e alto esforço e baixo impacto, ações a descartar (LACHOVICZ et al., 2021). Os resultados dessa classificação são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Matriz Esforço Impacto.

Impacto	Alto	Realizar a titulação de água do processo de lavagem. Validar a calibração das sondas de temperatura. Readequar as caixas de segregação (área limpa). Readequar as caixas de segregação (área úmida). Treinar os operadores na classificação de não-conformidades. Treinar os operadores na segregação das peças. Treinar os operadores nos programas de lavagem.	Conferir as quantidades dosadas em cada programa. Garantir água com parâmetros adequados. Conferir o funcionamento das bombas. Conferir o batimento dos equipamentos de lavagem. Definir o fluxo do relave. Definir o operador responsável pelo relave. Criar programa de lavagem específico para o relave.
	Baixo	Garantir produtos dentro do prazo de validade. Solicitar os certificados de qualidade ao fornecedor. Validar a calibração das balanças. Conferir os níveis de água do banho. Conferir a vazão de entrada de água. Criar etiquetas de identificação para as gaiolas de relave. Elaborar controle diário do relave. Melhorar a identificação visual dos programas de lavagem.	Lavar os itens de relave com produtos diferentes. Melhorar a iluminação dos setores.
		Baixo	Alto
		Esforço	

Fonte: autora (2022)

As ações de alto esforço e baixo impacto foram descartadas, uma vez que possuem alto

grau de dificuldade para implementação, sem trazer efeitos e resultados vantajosos.

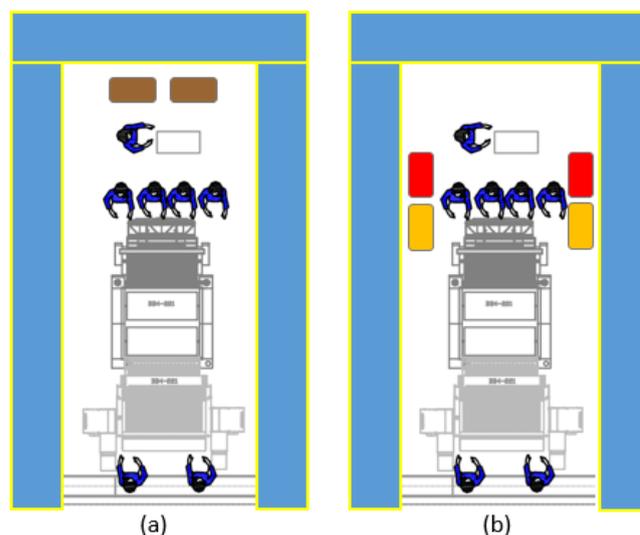
As outras ações foram enquadradas em um plano de ação, com definição de prazos e responsáveis, de acordo com a classificação de esforço/impacto que receberam.

As ações de alto impacto e baixo esforço foram colocadas em prática prontamente, devido ao seu caráter “ver e agir”. A primeira ação realizada foi a titulação da água do banho, procedimento capaz de medir a concentração real de produtos químicos durante a lavagem. Essas medições auxiliam na correção das dosagens de água e na adequação das quantidades de produtos químicos dosados para cada tipo de peça e etapa da lavagem.

Em seguida foi executada a calibração das sondas de temperatura, uma vez que a temperatura é responsável pela ativação de alguns produtos químicos e, portanto, essencial para uma boa lavagem. A calibração das sondas garante que o banho está efetivamente atingindo as temperaturas adequadas em cada etapa da lavagem.

As caixas de segregação da área limpa não estavam posicionadas de forma adequada, muitas vezes ficando fora do alcance dos operadores. Isso prejudicava a segregação correta das não-conformidades, que acabavam sendo alocadas em caixas erradas. A adequação das caixas se dividiu em três etapas: a primeira delas foi a aquisição de novas caixas, a segunda foi a melhoria da identificação visual e a última a redistribuição das caixas em novas posições.

Figura 16 - Readequação das caixas de segregação.



Fonte: autora (2022)

A Figura 16 (a) apresenta a configuração inicial das caixas de segregação em um dos setores. As caixas possuíam as mesmas cores para diferentes tipos de não conformidades e não

estavam na zona de conforto dos operadores, que tinham que se movimentar para alocar as peças. Então, novas caixas foram adquiridas e pintadas externamente, sendo as caixas amarelas indicativas de relave e as caixas vermelhas de costura. Em seguida as caixas foram dispostas em locais próximos aos operadores, facilitando a alocação das peças, e reduzindo a probabilidade de erros. O exemplo da nova configuração de um dos setores pode ser visto na Figura 16 (b).

Na área úmida, o setor de segregação das peças sujas também foi alterado. A atividade de segregação é realizada ao redor de uma esteira, onde as peças vem, e os operadores vão alocando-as em carrinhos, de acordo com o tipo de item. Neste caso, os carrinhos foram redistribuídos, de forma a ficarem o mais próximo possível do operador responsável por alocar o item, mantendo ainda mais próximos os carrinhos dos itens de maior volume.

Em seguida, três treinamentos foram realizados. O primeiro foi sobre a classificação de não conformidades para os operadores da área limpa. Esse treinamento explicou aos operadores os tipos de não conformidades, como classificá-las corretamente e como alocar as peças do enxoval nas caixas adequadas, de acordo com a classificação.

O segundo treinamento foi realizado junto aos operadores da área úmida, que segregam as peças na esteira. Eles foram instruídos sobre a importância da segregação dos itens e da classificação dos níveis de sujidade das peças.

O terceiro treinamento foi direcionado aos operadores responsáveis pelo abastecimento das roupas nos equipamentos de lavagem, que receberam instruções relacionadas aos tipos de programas de lavagem, seleção correta do programa e o impacto na lavagem.

Após a finalização das ações “ver e agir”, seguiu-se com a implementação das ações prioritárias, ou seja, de baixo esforço e baixo impacto. A primeira ação implementada foi a verificação da validade dos produtos químicos. Aqueles produtos cuja validade estava fora do prazo foram descartados, uma vez que isso poderia comprometer a eficiência de lavagem.

Em seguida, os certificados da qualidade dos produtos químicos foram solicitados aos fornecedores. Tais certificados atestam a qualidade dos produtos, garantindo que as suas características e parâmetros de concentração estão conforme os padrões determinados.

As balanças, usadas para pesar os itens do enxoval antes de entrarem nos equipamentos de lavagem, foram calibradas para assegurar a precisão das medições. Ter uma medição precisa é importante, pois todos os parâmetros de lavagem, tais como quantidade de água e dosagem de produtos, são programados para um determinado peso de enxoval. Abastecer o equipamento com quantidades acima ou abaixo do peso recomendado pode prejudicar a lavagem ao desequilibrar o banho.

Em relação a quantidade de água, foram realizadas duas ações: a verificação do nível e do

volume de entrada. Essa verificação foi realizada com base nos parâmetros dos equipamentos em comparação com os parâmetros de referência estipulados para cada item e etapa de lavagem.

A ação seguinte foi a criação de etiquetas para identificação das gaiolas de relave. As etiquetas contêm os dados de identificação da data, horário, itens e responsável pela coleta. O principal objetivo da ação foi garantir a rastreabilidade das peças e a identificação dos responsáveis em caso de segregação incorreta. Essa ação permitiu dar prioridade para o relave aos itens recolhidos primeiro, evitando peças paradas por longos períodos.

Para controlar o processo de relave, foi disponibilizado um caderno para registrar a estratificação por itens, dias e horários. Essas informações passaram a ser reportadas e analisadas diariamente, permitindo a identificação de valores fora da normalidade.

Por fim, foi elaborada uma nova identificação visual, mais intuitiva e didática, para os responsáveis pelo abastecimento dos equipamentos de lavagem, expondo os programas de lavagem disponíveis, de modo a facilitar a seleção.

Após a finalização das ações prioritárias, seguiu-se para a implementação das ações complexas, aquelas com alto impacto e alto esforço. Assim, as quantidades de produtos químicos dosadas em cada programa de lavagem foram verificadas e comparadas aos padrões de cada receita de higienização, que varia conforme o tipo de tecido e o nível de sujidade.

Para garantir uma boa lavagem, a qualidade da água é um dos principais aspectos relevantes. Parâmetros como pH, dureza, temperatura e nível de ferro devem estar dentro de limites definidos como aceitáveis. Para tanto, há mecanismos e equipamentos que, após a captação da água, são responsáveis por manter esses parâmetros conformes. A ação consistiu na verificação da conformidade destes valores e do funcionamento correto desses mecanismos.

Um dos equipamentos, o abrandador, responsável pela redução da dureza da água, foi identificado inadequado. Isso porque o seu funcionamento não era suficiente para converter os parâmetros da água em valores aceitáveis. Dessa forma, constatou-se que o equipamento precisava passar por manutenção para solução do problema. Porém, devido ao custo de manutenção, essa ação não foi executada.

Para conferir o funcionamento das bombas foram realizados testes de vazão para garantir que as quantidades de produtos químicos programadas para dosagem estavam efetivamente sendo dosadas.

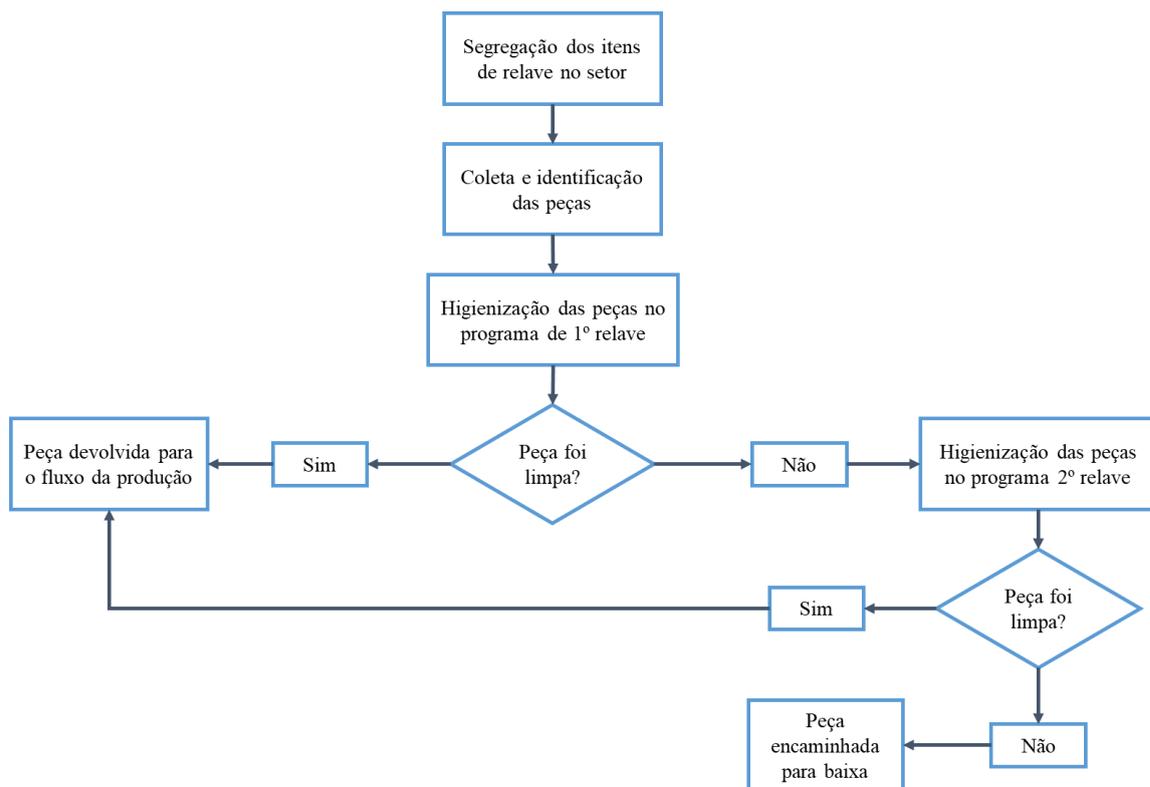
O batimento dos equipamentos de lavagem é o mecanismo responsável pela ação mecânica sobre as peças durante a lavagem. A angulação de giro do cesto dos equipamentos é o que gera tal ação mecânica. A ação para verificar o batimento dos equipamentos consistiu em checar as programações para cada programa de lavagem, além dos ângulos atingidos pelos equipamentos

para cada um deles, conforme especificado nos manuais.

A ação seguinte, elaboração de um fluxo para o relave, foi realizada por meio de um estudo do arranjo físico, dos procedimentos e das deficiências existentes devido a ausência de um fluxo bem definido. Essa ação foi realizada em conjunto com as duas últimas ações complexas: definição de um operador responsável pelo relave e criação de programas específicos para o relave.

A Figura 17 apresenta o fluxo elaborado para o relave, que inicia com a coleta das peças de relave e finaliza com a destinação adequada das peças, conformes ou não conformes, que passam a ser itens para baixa, e não mais de relave.

Figura 17 - Fluxo do relave.



Fonte: autora (2022)

A existência de um operador responsável pelo fluxo do relave é um dos pontos principais para garantir o seu funcionamento. Por isso, o operador responsável pelo relave foi definido em conjunto com a elaboração do fluxo. Este operador recebeu treinamentos sobre o fluxo que deve ser seguido, o caderno de controle do relave, as etiquetas de identificação das gaiolas, além de participar dos treinamentos proporcionados nas ações “ver e agir”.

No fluxo proposto, as peças de relave são segregadas pelos operadores da produção nas

caixas de segregação corretas e, em seguida, coletadas pelo operador do relave que identifica as peças e as encaminha para a higienização, garantindo que as peças que foram coletadas primeiro serão higienizadas primeiro.

As peças são higienizadas em um processo específico de relave. Este processo foi definido em uma das ações complexas propostas, em que foram desenvolvidos dois programas de lavagem específicos para o processo de relave: 1º relave e 2º relave. Cada processo possui concentrações de produtos químicos adequadas e específicas para a remoção de manchas persistentes.

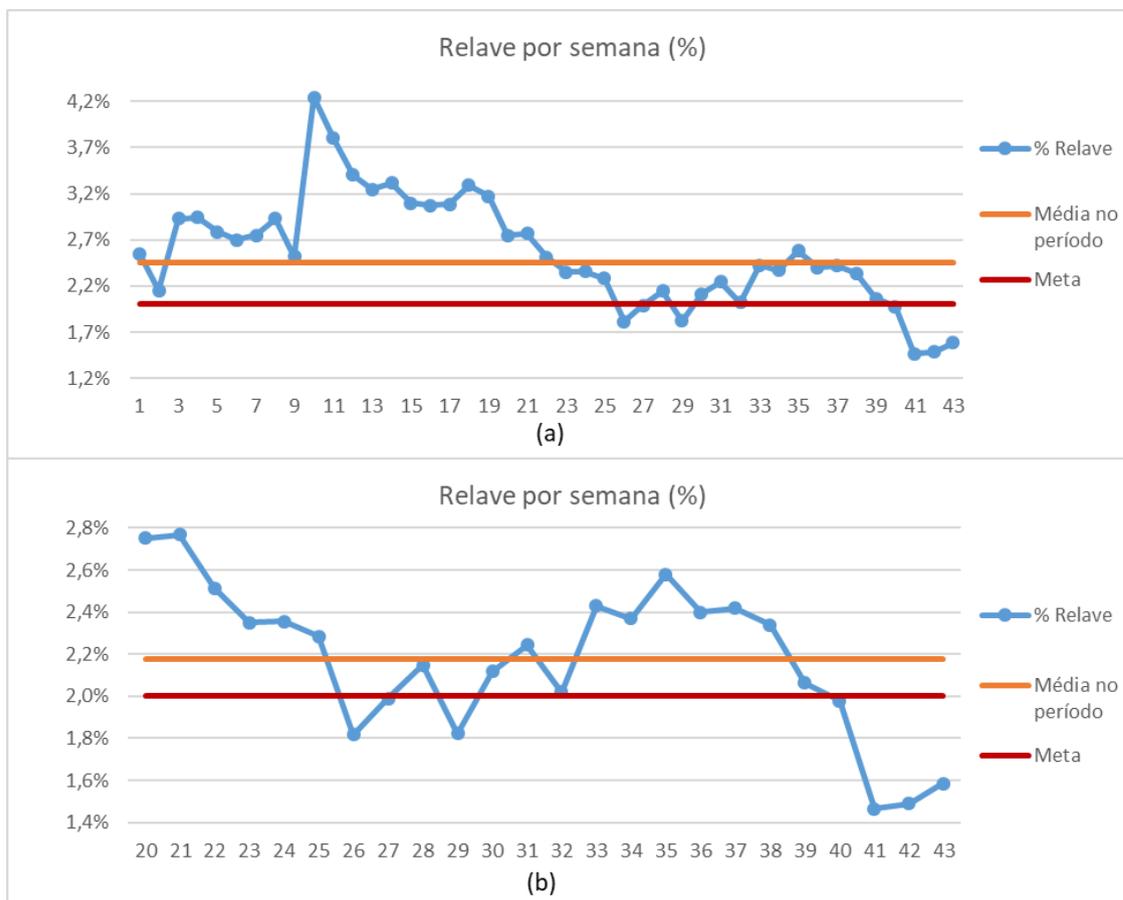
No 1º relave, as peças são então higienizadas e avaliadas pelo operador. Se a sujidade foi removida, as peças são devolvidas para a produção, para que seja processada e enviada aos clientes. Se não, as peças são encaminhadas para o 2º relave. Da mesma forma, se a sujidade foi removida, as peças são devolvidas para a produção. Caso contrário, a mancha é classificada como mancha fixa e a peça é encaminhada para baixa.

4.2.5 Controlar

A última etapa do método DMAIC tem dois objetivos principais: verificar se a meta foi alcançada e, em caso positivo, garantir que isso se mantenha ao longo do tempo (WERKEMA, 2013). Portanto, o valor de relave foi determinado a fim de verificar se a meta foi atingida após a implementação do plano de ação.

O desenvolvimento do método até a finalização da implementação das ações propostas na etapa Melhorar (4.2.4) teve duração de, aproximadamente, 23 semanas. A etapa de controle e a consequente verificação do cumprimento da meta foram realizadas na semana 43, sendo os valores do percentual de relave são apresentados na Figura 18. A Figura 18 (a) mostra os valores históricos das medições; a Figura 18 (b) apresenta um recorte do período, em que são detalhados os valores a partir do início da implementação do método, na semana 19.

Figura 18 - % de Relave.



Fonte: autora (2022)

O percentual médio do relave antes da aplicação do método DMAIC era de 3,1% e a meta proposta foi a redução deste valor para 2%. Pode-se observar na Figura 18 (a) que, no período das 43 semanas, o percentual médio do relave foi de 2,5%. Considerando apenas o período de aplicação do método (a partir da semana 19), esse percentual caiu para 2,2%.

Especificamente na semana 43, em que iniciou-se a etapa de controle, o percentual do relave foi de 1,6%. Nas quatro últimas semanas, em que a maior parte das ações já haviam sido implementadas, o percentual médio também foi 1,6%. Dessa forma, pode-se confirmar que a meta foi atingida, pois foi alcançado um percentual de relave menor do que 2%.

Assim, seguiu-se para a implementação de ações capazes de garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo. Essas ações foram divididas em quatro grupos: padronização das alterações, criação do plano de monitoramento, atualização do cronograma de treinamentos e proposição de auditorias.

Cada grupo de ações proporcionou resultados relevantes para a lavanderia, que são descritos na seção a seguir.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo corresponde a última fase do estudo de caso: análise e conclusão (YIN, 2001).

5.1 META DO RELAVE

Conforme verificado no histórico da lavanderia, o percentual médio de relave era 3%. Por meio da aplicação do método DMAIC, foi proposta uma meta de 2%, com o objetivo de reduzir esse percentual. Ao fim da aplicação do método, o relave atingiu um percentual de 1,6%.

Como foi mostrado, o relave representa uma perda financeira para a empresa, por gerar custos extras. A sua redução contribui diretamente para a redução de custos, além de garantir maior produtividade na higienização do enxoval.

O percentual de 1,6% alcançado representa uma redução diária de 246 quilos de enxoval que seriam reprocessados e uma economia de, aproximadamente, R\$17,25 por dia, e R\$6295,62 por ano.

5.2 FLUXO DO RELAVE

O fluxo do relave, ilustrado na Figura 17, mostra os passos propostos para um processamento adequado e ordenado do relave. A elaboração e a proposição deste fluxo foi uma das principais ações deste trabalho. A definição do fluxo do relave contribuiu para a empresa, trazendo resultados positivos, tais como a redução do índice de relave, a redução da movimentação e de custos.

Além disso, após a definição e implantação do fluxo, foi possível identificar outros problemas que antes não ficavam evidentes, pois eram tratados como relave. Um deles foi o alto índice de peças com manchas fixas, que não representava um problema relevante, mas passou a ser após as peças de relave receberem os tratamentos adequados.

O fluxo do relave proposto não foi aceito prontamente pelos gestores da empresa estudada. Houve resistência em relação a realizar mudanças no processo e foram necessárias conversas, explicações e negociações para que o fluxo fosse aceito. No entanto, após a implementação do fluxo do relave, foi possível verificar bons resultados, confirmando que o fluxo proposto proporcionava melhorias para o processo.

5.3 PADRONIZAÇÃO DAS ALTERAÇÕES

A padronização das alterações compreendeu a atualização de instruções de trabalho para incluir algumas das ações propostas ou a elaboração de novas instruções.

A principal instrução de trabalho criada foi referente ao fluxo do relave: *Segregação e tratamento do relave*. A instrução foi elaborada para detalhar o fluxo do relave (Figura 17). Nela foram apresentadas as definições dos principais conceitos utilizados e relacionados ao relave, além dos objetivos da instrução. Em seguida, a instrução descreve o que e como fazer, ou seja, o passo a passo do fluxo do relave e a sua sequência. Por fim, as responsabilidades de cada operador em relação aos passos do fluxo do relave são definidas.

Com a formalização do procedimento em uma instrução de trabalho, é possível garantir que o fluxo do relave implementado seja difundido e cumprido. Ações como a identificação das gaiolas, caderno de registros, a existência de um operador e programas de lavagem específicos para o relave também foram abrangidas nessa instrução de trabalho.

Em relação ao estoque de produtos químicos, a instrução de trabalho existente, *Gestão de Produtos Químicos*, foi atualizada para incluir uma regra de gerenciamento de estoque (FEFO – *first expire, first out*) e a determinação de um ponto de compra para garantir que os produtos cujos prazos de validade expiram primeiro sejam utilizados antes do vencimento.

Acrescentou-se também na instrução de trabalho sobre abastecimento dos equipamentos de lavagem, *Operação de túneis e extratoras*, a manutenção da gestão visual sobre os programas de lavagem, garantindo a sua atualização sempre que necessário.

O arranjo físico da fábrica também foi atualizado, alterando a distribuição das caixas de segregação, tanto na área úmida como na área limpa.

Todas essas alterações proporcionaram melhorias na gestão do processo produtivo da lavanderia, que ficou mais claro e estruturado. A criação e atualização de instruções de trabalho, juntamente com a alteração do arranjo físico da fábrica, permitiram padronizar as melhorias obtidas com a aplicação do método DMAIC, incorporando-as aos processos da empresa.

Isso facilita a gestão do processo produtivo de modo geral e, principalmente, a identificação de responsabilidades e eventuais dificuldades e novos pontos de melhoria do processo.

Além disso, a definição do fluxo do relave auxiliou no processo de tomada de decisões, que passaram a ser guiadas e respaldadas pelo embasamento teórico criado, e não somente pelo conhecimento tácito e experiência dos gestores e operadores, como acontecia anteriormente.

5.4 CRIAÇÃO DO PLANO DE MONITORAMENTO

Em seguida foi elaborado um plano de monitoramento para garantir que melhorias obtidas após a aplicação do DMAIC se mantenham dentro dos padrões necessários. Esse plano foi chamado de plano de controle, e contém o item a ser verificado, o responsável, a frequência de

verificação, os valores especificados como padrão e o meio de correção, caso seja necessário.

Os itens nível de água do banho, vazão de entrada de água, titulação da água do processo, parâmetro da água de alimentação dos equipamentos, batimento dos equipamentos de lavagem, calibração das sondas de temperatura e das balanças, verificação do funcionamento das bombas dosadores e das quantidades a serem dosadas em cada programa foram incluídos no plano.

A elaboração do plano permitiu uma melhor visualização das atividades a serem executadas, reduzindo a chance de não execução. As atribuições foram incorporadas às rotinas dos setores responsáveis, permitindo uma boa gestão das responsabilidades.

Além disso, o plano de controle facilita a identificação dos motivos do aumento do índice de relave, pois permite consultar as variáveis do processo assim como o progresso de cada uma delas. Tudo isso pode facilitar e acelerar as análises de problemas do dia-a-dia da lavanderia, auxiliando o processo de tomada de decisão.

5.5 ATUALIZAÇÃO DO CRONOGRAMA DE TREINAMENTOS

A atualização do cronograma de treinamentos foi um dos itens abrangidos na etapa de controle. Os treinamentos sobre classificação de não conformidades, segregação de itens na área úmida e seleção de programas de lavagem tornaram-se obrigatórios no ingresso de novos operadores. Além disso, esses treinamentos foram incluídos na “reciclagem” dos operadores e, portanto, passaram a ser realizados de forma recorrente ao longo do ano.

Após as atualizações, as alterações foram divulgadas a fim de transmitir os novos padrões a todos os envolvidos. As responsabilidades, as funções e as ações necessárias foram comunicadas e orientadas aos operadores e setores envolvidos, que também foram treinados nos novos procedimentos.

Notou-se que a alta rotatividade dos operadores e a falta de treinamento introdutórios voltados para a qualidade do processo contruíbuiam fortemente para o problema do relave. Isso porque os operadores aprendiam a realizar o processo durante a rotina, sem receber um treinamento formal. Dessa forma, nem sempre conheciam detalhadamente o processo produtivo e as suas necessidades, ocasionando várias sequências de erros e o consequente aumento do índice de relave.

Tanto os gestores quanto os operadores da lavanderia concordaram sobre a necessidade e a importância dos treinamentos introdutórios e de reciclagem. Transmitir os conhecimentos a todos permitiu desenvolver um senso crítico, fazendo com que adversidades passassem a ser identificadas e tratadas mais rapidamente.

5.6 PROPOSIÇÃO DE AUDITORIAS

O último grupo de ações proposto para garantir a permanência das melhorias a longo prazo foi a realização de auditorias, que foram recomendadas a fim de verificar periodicamente o cumprimento dos procedimentos propostos e implementados.

As auditorias englobam as ações dos grupos descritos como controle: padronização das alterações (cumprimento dos procedimentos padronizados e das instruções de trabalho), criação do plano de monitoramento (execução do plano de controle) e atualização do cronograma de treinamentos (execução do plano de treinamento).

As auditorias auxiliam na manutenção das ações e na melhoria do que foi proposto, por realizarem levantamentos periódicos, identificando se as atividades estão sendo realizadas conforme os procedimentos. Caso não estejam, é preciso entender os motivos e planejar ações corretivas para solucionar as não-conformidades.

Portanto, a realização de auditorias permite aos gestores da lavandeira identificar as não conformidades e corrigi-las, além de identificar outros pontos que podem ser melhorados.

6 CONCLUSÃO

As lavanderias industriais no Brasil, apesar de classificadas como um serviço de apoio, possuem grande importância na manutenção e funcionamento de outros serviços. Apesar de sua importância, nota-se uma defasagem em relação aos controles operacionais e de processo, o que traz impactos negativos, por exemplo, dificuldade de posicionamento no mercado.

Para entender a relação entre as lavanderias e os controles operacionais, inicialmente foi realizada uma revisão da literatura. Uma revisão integrativa da literatura proporcionou a aquisição de conhecimentos gerais sobre o contexto em que as lavanderias industriais estão inseridas, além de identificar as lacunas de conhecimentos que essa área possui, que estão resumidas no Quadro 2.

Entre as lacunas identificadas destaca-se a ausência estudos que estabelecem indicadores para controlar as operações produtivas e medir o seu desempenho em lavanderias industriais.

Assim, uma revisão sistemática da literatura foi conduzida a fim de analisar estudos relacionados ao uso de indicadores de desempenho de processos e o método DMAIC. Os resultados da revisão sistemática indicam que existem poucos estudos que analisam os indicadores de desempenho considerados quando o método DMAIC é aplicado. Entre os trabalhos existentes, os indicadores de desempenho relacionados à qualidade e ao custo são os mais utilizados.

Dessa forma, ao definir a metodologia do trabalho, decidiu-se por realizar um estudo de caso, utilizando o DMAIC como método de condução. Assim, este trabalho teve como objetivo reduzir o índice de retrabalho do processo de higienização do enxoval em uma lavanderia industrial, utilizando o método DMAIC.

Na aplicação do método DMAIC, a etapa Definir permitiu esquematizar o fluxo do processo de lavagem de enxoval na lavanderia e desenvolver indicadores capazes de avaliar alguns aspectos importantes. Então, na etapa Medir, foi realizada a coleta de dados, que forneceu a base para o cálculo do indicador de relave, que é considerado a principal forma de retrabalho do processo.

Com base nestes dados, foi realizada uma análise do problema, com o auxílio de ferramentas como a folha de verificação, o gráfico de Pareto e o diagrama de causa e efeito. Assim, na etapa Analisar, foram identificadas as possíveis causas raiz do problema que, por meio de uma matriz de priorização, foram elencadas de acordo com a sua relevância e relação com o problema prioritário.

Em seguida, foram propostas ações em diversas áreas, com o objetivo de mitigar as causas

classificadas como mais relevantes para o problema. As ações foram agrupadas de acordo com o âmbito ao qual se relacionavam e avaliadas em uma matriz de esforço x impacto, que foi a fonte de informações para a elaboração de um plano de ação. A elaboração do plano, bem como a execução das ações propostas, corresponderam a etapa Melhorar.

Por fim, na etapa Controle, os resultados alcançados foram avaliados e comparados com a meta proposta: redução do percentual médio de relave de 3% para 2%, em um período de 8 meses. Considerando o atingimento da meta estabelecida, uma vez que o percentual médio de relave atingiu o valor médio de 1,6%, que comprovou a eficácia das ações implementadas, foi elaborado um plano para padronizar, monitorar as ações, a fim de garantir a manutenção dos resultados alcançados ao longo do tempo.

Em relação aos objetivos específicos deste trabalho, o primeiro, *entender o fluxo do processo de lavagem do enxoval, medindo o índice de retrabalho*, foi cumprido durante as etapas Definir e Medir do método DMAIC. A Figura 9 apresentou o diagrama SIPOC, que possibilitou um entedimento preciso e detalhado do processo estudado, apresentando o fluxo do processo de lavagem, bem como as suas entradas e saídas, e os fornecedores e os clientes envolvidos.

Na etapa Medir, foi estabelecida a fórmula para o cálculo do índice do retrabalho, que neste caso é o relave. Os valores calculados para o indicador de relave, com base em dados históricos coletados, foram apresentados na Figura 10.

O segundo objetivo específico, *analisar o processo e identificar os principais pontos causadores do retrabalho*, foi cumprido nas etapas Medir e Analisar. Os dados coletados na etapa Medir foram estratificados e avaliados na etapa de Analisar. Nesta etapa, o diagrama de causa e efeito e outras ferramentas foram utilizados para auxiliar a investigação das possíveis causas geradoras do problema que, em seguida, foram avaliadas por meio de uma matriz de priorização. Isso possibilitou a definição dos principais aspectos geradores do relave.

O terceiro objetivo específico, *propor ações para reduzir o índice de retrabalho do processo de lavagem do enxoval* foi satisfeito pela etapa Melhorar. Um plano de ação foi contendo medidas capazes reduzir o índice de relave foi desenvolvido a fim de agir sobre as causas raízes do problema. Dessa forma, entende-se que os objetivos do trabalho foram satisfeitos.

De modo geral, este trabalho permitiu compreender o processo de uma lavanderia industrial, além de evidenciar como o uso do método DMAIC e de indicadores possibilita o atingimento e a melhoria de resultados operacionais. Especificamente, este trabalho contribuiu com o desenvolvimento de um indicador de desempenho específico (índice de relave) para uma lavanderia industrial. O método DMAIC e o indicador desenvolvido se mostraram úteis neste

contexto, auxiliando a melhoria dos processos produtivos e o processo de tomada de decisão.

Conclui-se que os resultados obtidos contribuem para o contexto de lavanderias industriais, preenchendo algumas lacunas de pesquisa. Além disso, há uma contribuição prática para as lavanderias industriais, em que a pesquisa realizada mostrou trazer resultados e impactos positivos para melhoria de processos. Tanto a metodologia quanto o método podem ser replicados como forma de proporcionar melhorias em outras lavanderias. A amplitude e versatilidade do método permite que sua estrutura seja aplicada em diversos contextos.

Como sugestões para trabalhos futuros, propõe-se desenvolver as oportunidades identificadas nas revisões da literatura realizadas. Em relação às lavanderias industriais, os trabalhos futuros podem considerar as seguintes áreas e possibilidades:

- Saúde do trabalhador: buscar soluções para minimizar ou eliminar os riscos existentes, principalmente aqueles relacionados à sensação de calor e à contaminação.
- Tratamento de água: aprofundar os estudos sobre o tratamento e reuso das águas residuais; estudar e propor soluções para reduzir o alto consumo de água.
- Processo químico: encontrar o equilíbrio entre a eficiência do processo de lavagem e os impactos ambientais; desenvolver produtos químicos alternativos a fim de minimizar os impactos ambientais; encontrar concentrações de produtos químicos que causem nenhum ou pouco impacto ambiental; desenvolver soluções para eliminar os resíduos de produtos químicos e de patógenos da água utilizada no processo de lavagem.
- Processo de embalagem: verificar se os métodos e materiais utilizados nas embalagens dos enxovais são eficazes e garantem a proteção das peças; identificar e realizar melhorias nos processos existentes de embalagem dos enxovais; desenvolver outros métodos ou materiais que garantam a proteção das peças; considerar os custos do processo de embalagem, a fim de manter o custo-benefício para as lavanderias.
- Operações produtivas: desenvolver estudos com foco na melhoria das operações produtivas; aplicar ferramentas da qualidade para a melhoria das operações produtivas (por exemplo, diagrama de causa e efeito, diagrama de Pareto, controle estatístico do processo, histograma, entre outras); adotar métodos para melhorar, otimizar e estabilizar processos e projetos de negócios (por exemplo, DMAIC); determinar indicadores para controlar as operações produtivas e medir o seu desempenho; desenvolver modelos de simulação para prever o comportamento das operações produtivas; desenvolver modelos de otimização para otimizar as operações

produtivas.

- Eficiência energética: aprofundar os estudos sobre a eficiência energética; investigar o uso de energias renováveis nas operações produtivas; estudar formas de reduzir as perdas no processo de lavagem.

Em relação ao estudo conjunto da aplicação do método DMAIC e a utilização de indicadores de desempenho, os trabalhos futuros podem considerar:

- Identificar a existência de um padrão na adoção de indicadores de desempenho, de acordo com a atividade, setor industrial, área ou processo em que o DMAIC é aplicado.
- Verificar se existem boas práticas que permitam definir quais indicadores são recomendados para situações específicas.
- Estudar situações particulares ou incomuns, e desenvolver indicadores de desempenho para esses casos.
- Verificar se os indicadores de desempenho relacionados à qualidade e ao custo devem ser considerados sempre que o DMAIC for aplicado.
- Desenvolver estudos de caso combinando a aplicação do método DMAIC e os indicadores de OEE, produtividade, taxa de acidente e tempo de setup, a fim de explorar a sua utilização.

Por fim, este trabalho ficou limitado ao estudo de uma lavanderia industrial. Recomenda-se replicá-lo em outras lavanderias industriais para confirmar os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- ABIT. Indústria têxtil e de confecção faturou R\$ 194 bilhões em 2021. **Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção**, 2022.
- AL-REFAIE, A. et al. Improving performance of tableting process using DMAIC and grey relation analysis. **International MultiConference of Engineers and Computer Scientists**, v. II, p. 1088–1093, 2013.
- ALSYOUF, I. et al. Using Six-Sigma DMAIC methodology to systematically improve the performance of physical plants at an educational institute. **International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, p. 1649–1656, 2018.
- AMARAL, L. et al. O Papel Do Arranjo Físico E Da Gestão De Informações Como Ferramenta Para Melhoria Da Competitividade E Desempenho dos processos de uma Lavanderia Industrial. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, 2012.
- ANDRÉ, M. et al. **Padronização De Processos Em Uma Lavanderia: Um Estudo De Caso**. XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Anais. Maceió, 2018.
- ANVISA. Processamento de Roupas de Serviços de Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. 1ª ed. Brasília, 2009.
- ARAÚJO, A. O. **Contribuição ao estudo de indicadores de desempenho de empreendimentos hoteleiros, sob o enfoque da gestão estratégica**. São Paulo: [s.n.].
- ASIH, I.; PURBA, H. H.; SITORUS, T. M. Key Performance Indicators: a Systematic Literature Review. **Journal of Strategy and Performance Management**, v. 8, n. 4, p. 142–155, 2020.
- BAHIA, L. R. G. **Serviços de Lavanderia**. Manaus: CETAM - Centro de Educação Tecnológica do Amazonas, 2012.
- BERMUDES, W. L. et al. Análise do atendimento de normativas do Ministério do Trabalho em uma lavanderia industrial têxtil no município de São Gabriel da Palha/ES. **Revista Vértices**, v. 19, n. 1, p. 147–161, 2017.
- BOBB, P. D. A study of industrial laundry service with emphasis on the role of packaging. **Michigan State University**, 1967.
- BRABANT, C.; BEDARD, S.; MERGLER, D. Ergonomic framework of analysis of a study of the thermoregulatory mechanisms of workers in an industrial laundry. **Applied ergonomics**, v. 19, p. 77, 1988.
- BRABANT, C.; BEDARD, S.; MERGLER, D. Cardiac strain among women workers in an industrial laundry. **Applied ergonomics**, v. 32.6, n. 37, p. 615–628, 1989.
- BUETTGEN, J. J. **Administração da Produção**. Indaial: UNIASSELVI, 2012.
- CAMPOS, J. T. DE G. A. E. A.; FERREIRA, A. M. S.; FREIRES, F. G. M. Time variability

management and trade-off analysis of quality, productivity, and maintenance efficiency. **Brazilian Journal of Operations and Production Management**, v. 18, n. 4, p. 1–19, 2021.

CARDOZA, E.; CARPINETTI, L. Indicadores De Desempenho Para O Sistema De Produção Enxuto. **Revista Produção Online**, v. 5, n. 2, 2005.

CARVALHO, M. M. **Gestão da Qualidade - Teoria e casos**. 2ª ed. [s.l.] Elsevier, 2012.

CARVALHO, M.; PALADINI, E. **Gestão da Qualidade - Teoria e Casos**. 2ª ed. [s.l.] Elsevier, 2012.

CERTO, S. C.; PETER, J. P. **Administração Estratégica: planejamento e implantação da estratégia**. São Paulo: Makron Books, 1993.

CHAKRAVARTHY, B. S. Measuring Strategic Performance. **Strategic Management Journal**, v. 7, n. 1986, p. 437–458, 1986.

CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; SLACK, N. **Administração da produção**. 3ª ed. [s.l.] Atlas, 2009.

CHARLES, D. **Occupational Health and Safety Management: A Practical Approach**. 3ª ed. [s.l.] CRC Press, 2003.

CLAPPERTON, R. M. The application of surfactant deflocculants to superconcentrated household and industrial laundry liquids. **Journal of Surfactants and Detergents**, v. 1, n. 3, p. 353–360, 1998.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração De Produção E Operações**. São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA, R. R. DA S. Gestão para resultados: Como gerar indicadores de gestão de pessoas, utilizando ferramentas básicas de TI. **VI Congresso de Gestão Publica**, abr. 2013.

DĄBKOWSKA, N. Determination of the Quality of Industrial Laundry Raw Wastewater. **Ecological Engineering**, v. 18, n. 5, p. 1–4, 2017.

ECOLAB. Ecolab introduces performance industrial laundry programme. **Focus on Surfactants**, v. 2013, n. 6, p. 5, 2013.

ERCOLE, F. F.; MELO, L. S. DE; ALCOFORADO, C. L. G. C. Integrative review versus systematic review. **Reme: Revista Mineira de Enfermagem**, v. 18, n. 1, p. 12–14, 2014.

FIRAT, S. Ü. O. et al. A Six Sigma DMAIC process for supplier performance evaluation using AHP and Kano's model. **International Journal of Business Analytics**, v. 4, n. 2, p. 37–61, 2017.

FRANSMAN, W. et al. Inhalation and dermal exposure to eight antineoplastic drugs in an industrial laundry facility. **International Archives of Occupational & Environmental Health**, v. 80, n. 5, p. 396, 2007.

G2O. Industrial laundry project secures £450 000 in funding. **Filtration Industry Analyst**, v. 2020, n. 3, p. 5, 2020.

GAIKWAD, L. M. et al. Application of DMAIC and SPC to Improve Operational Performance of Manufacturing Industry: A Case Study. **Journal of The Institution of Engineers (India): Series C**, v. 100, n. 1, p. 229–238, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4^a ed. São Paulo: Atlas, 2009.

HAHN, G. J.; DOGANAKSOY, N.; HOERL, R. The evolution of six sigma. **Quality Engineering**, v. 12, n. 3, p. 317–326, 2000.

HARDY, D. L.; KUNDU, S.; LATIF, M. Productivity and process performance in a manual trimming cell exploiting Lean Six Sigma (LSS) DMAIC – a case study in laminated panel production. **International Journal of Quality and Reliability Management**, 2021.

HOLANDA, L. M.; SOUZA, I. D. Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 8, n. 4, p. 31–44, 2013.

IMPROTA, G. et al. Improving performances of the knee replacement surgery process by applying DMAIC principles. **Journal of Evaluation in Clinical Practice**, v. 23, n. 6, p. 1401–1407, 2017.

JØRGENSEN, K. R.; VILLANUEVA, A.; WENZEL, H. Use of life cycle assessment as decision-support tool for water reuse and handling of residues at a Danish industrial laundry. **Waste Management and Research**, v. 22, n. 5, p. 334–345, 2004.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The Balanced Scorecard - Measures that drive performance. **Harvard Business Review**, 1992.

KASAP, S. et al. DMAIC approach to improve on safety performance using safety management system in Kuwait international airport. **International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, p. 3688–3697, 2019.

KUBA, P. et al. Acquisition of operational data in industrial laundry facilities. **Chemical Engineering Transactions**, v. 39, p. 1645–1650, 2014.

KUMAR, R. A. et al. An empirical study of performance improvement in product delivery system through six sigma DMAIC approach. **Advances in Industrial and Production Engineering**, 2019.

LACHOVICZ, F. J. et al. Ponderação de Critérios de Otimização Utilizados em Fluxo de Potência Ótimo Dinâmico que Realiza Despacho de Geração Hidrotérmico Mensal Discretizado por Patamares de Carga. **Lynx Energy Research Group**. 28 fev. 2021.

LEBAS, M. J. Performance measurement and performance management. **International Journal of Production Economics**, v. 41, p. 23–35, 1995.

LOPO, W. N. et al. Proports sustentável para a indústria têxtil: Metodologia de tingimento a

seco em lavanderia industrial. **6º Congresso Científico Têxtil e Moda**, 2018.

LYNCH, D. P.; BERTOLINO, S.; CLOUTIER, E. How To Scope DMAIC Projects. **Quality Progress**, 2003.

MAKOSKI, G. D. L.; FAVERO, M. B. Um estudo de caso: Gestão de processos de uma lavanderia industrial: Eficiência produtiva da máquina laser. **Revista de Pós-Graduação Faculdade Cidade Verde**, v. 3, n. 1, p. 1–30, 2017.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 5ª ed. SÃO PAULO: ATLAS, 2003.

MARQUES, P. A. DE A.; MATTHÉ, R. Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 34, n. 2, p. 307–330, 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Lavanderias Hospitalar**. Brasília: Centro de Documentação do Ministério da Saúde, 1986.

MORESI, E. Metodologia Da Pesquisa. **Universidade Católica De Brasília – Ucb**. BRASÍLIA, 2013.

MOZIA, S. et al. A system coupling hybrid biological method with UV/O₃ oxidation and membrane separation for treatment and reuse of industrial laundry wastewater. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 19, p. 19145–19155, 2016.

MOZIA, S. et al. Hybrid system coupling moving bed bioreactor with UV/O₃ oxidation and membrane separation units for treatment of industrial laundry wastewater. **Materials**, v. 13, n. 11, 2020.

NEDRA, A. et al. A new lean Six Sigma hybrid method based on the combination of PDCA and the DMAIC to improve process performance: Application to clothing SME. **Industria Textila**, v. 70, n. 5, p. 447–456, 2019.

NEELY, N. S. A study of the roles of packaging as seen by managers of industrial laundry businesses. **Michigan State University**, 1965.

OGASAWARA, T. A Study on the Thermal / Air Environment in the Industrial Laundry. **Japan Science and Technology Agency**, p. 201–204, 2017.

OLIVEIRA, E.; COSTA, C.; RAVAGNANI, M. An optimization model for production planning in the drying sector of an industrial laundry. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 39, n. 1, p. 69–77, 2017.

OTAVIANO, A. H. C. DE O. O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta. **Universidade De São Paulo**, 2010.

PETENATE, A.; PETENATE, M. **Certificação White Belt Lean Seis-Sigma**. Campinas: Escola Edti, 2016.

PINTO, J. Et al. Aplicação Da Metodologia DMAIC No Setor De Manutenção De Uma Empresa Siderúrgica. **XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, Joinville, 2017.

PIMENTEL, F.; SANTOS, L.; MIRA, L. Indústria Têxtil e de Confeção Brasileira, **Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confeção**, 2013.

QIU, J; LV, H. An overview of knowledge management research viewed through the web of science (1993-2012). **Aslib Journal of Information Management**. Vol. 66 No. 4, 2014.

REHMAN, S. T. et al. Supply chain performance measurement and improvement system: A MCDA-DMAIC methodology. **Journal of Modelling in Management**, v. 13, n. 3, p. 522–549, 2018.

RESHAD, A. I.; RAHMAN, M. M.; CHOWDHURY, N. M. Improving performance of Epidemic Healthcare Management during COVID-19 Outbreak using LSS DMAIC Approach: A case study for Bangladesh. **International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, v. 5, n. August, p. 534–544, 2020.

RODRIGUES BACCI LOTITO, G. Melhoria Da Eficiência Operacional Em Empresa De Mídia Esportiva No Brasil, **UNESP – Universidade Estadual Paulista**, 2015.

RODRIGUES, G.; GONÇALVES, T. **Desenvolvimento e implantação de um sistema de informação em uma lavanderia industrial**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

SHANKAR, R. Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide. [s.l.] **Quality Press**, 2009.

SILVA, L. et al. Implantação da metodologia Seis Sigma: uma pesquisa exploratória em uma empresa hospitalar. **XXXVI Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, 2016.

SINDILAV. Panorama Do Mercado De Lavanderias. **Sindicato das Lavanderias**. <<https://sindilav.com.br/>>, acesso em 10/04/2022.

SINGARE, P. U.; BELAMKAR, N. Applying DMAIC principles for improving method performance of quantitative determination of levothyroxine sodium in tablet dosage form using high performance liquid chromatography technique. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v. 7, n. 4, p. 2041–2052, 2016.

SINGHT, J.; SINGHT, H. Performance enhancement of manufacturing unit using six sigma DMAIC approach: A case study. **Lecture Notes in Mechanical Engineering**, v. 15, p. 563–571, 2014.

SIRAJUDDIN; YURI ZAGLOEL, T.; RAUF, S. Improving Indonesian logistics performance with using six sigma, DMAIC and integration Process. **International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**, p. 2857–2858, 2016.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K. Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, v. 43, n. 1, p. 476–483, 2010.

SOUZA, M. T. DE; SILVA, M. D. DA; CARVALHO, R. DE. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, n. 1, p. 102–106, 2010.

SOUZA, M. et al. Análise das práticas de reuso de água residual: estudo de casos em lavanderias industriais. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 497–496, 2016.

TOWNSEND, S.; HARDER, S. Industrial Laundry Facilities: not as “clean” as we expect. **Journal of General Internal Medicine**, v. 29, 2014.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, 2012.

VALARELLI, L. L. Indicadores de resultados de projetos sociais. **Rede de Informação do Terceiro Setor – RITS**, 1999.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. [s.l.] Elsevier, 2013.

WERKEMA, C. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas: PDCA e DMAIC**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

YANDRI, E. et al. Potential Energy Efficiency and Solar Energy Applications in a Small Industrial Laundry: A Practical Study of Energy Audit. **E3S Web of Conferences**, v. 190, n. 8, 2020.

YEH, D. Y.; CHENG, C. H.; CHI, M. L. A modified two-tuple FLC model for evaluating the performance of SCM: By the Six Sigma DMAIC process. **Applied Soft Computing Journal**, v. 7, n. 3, p. 1027–1034, 2007.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2ª ed. Porto Alegre, 2011.

YOH, M. et al. Can Industrial Laundry Remove *Bacillus cereus* from Hospital Linen. **Jornal da Sociedade Japonesa de Doenças Infecciosas**, v. 84, n. 5, p. 583–587, 2010.