



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CAMPUS AGRESTE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCAS DE SOUZA REGO

**REDUÇÃO DE INTERRUPÇÕES OPERACIONAIS POR FALTA DE INSUMOS  
ATRAVÉS DO CICLO PDCA:** um estudo de caso no setor de empastamento de  
uma empresa de acumuladores de energia

Caruaru  
2025

LUCAS DE SOUZA REGO

**REDUÇÃO DE INTERRUPÇÕES OPERACIONAIS POR FALTA DE INSUMOS  
ATRAVÉS DO CICLO PDCA: um estudo de caso no setor de empastamento de  
uma empresa de acumuladores de energia**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de produção.

**Área de concentração:** Engenharia de operações e processos.

**Orientador (a):** Prof. Dra. Amanda Carvalho Miranda

Caruaru  
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Rego, Lucas de Souza.

REDUÇÃO DE INTERRUPÇÕES OPERACIONAIS POR FALTA DE  
INSUMOS ATRAVÉS DO CICLO PDCA: um estudo de caso no setor de  
empastamento de uma empresa de acumuladores de energia / Lucas de Souza  
Rego. - Caruaru, 2025.

45 p. : il., tab.

Orientador(a): Amanda Carvalho Miranda

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2025.  
9,5.

Inclui referências.

1. Ciclo PDCA. 2. Manufatura. 3. Interrupções operacionais. 4. Ferramentas  
da qualidade. 5. Acumuladores de energia. I. Miranda, Amanda Carvalho.  
(Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

LUCAS DE SOUZA REGO

**REDUÇÃO DE INTERRUPÇÕES OPERACIONAIS POR FALTA DE INSUMOS  
ATRAVÉS DO CICLO PDCA: um estudo de caso no setor de empastamento de  
uma empresa de acumuladores de energia**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de produção.

Aprovada em: 10/04/2025

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Amanda Carvalho Miranda (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Augusto José da Silva Rodrigues (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. Ramon Swell Gomes Rodrigues Casado (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

Jorge Amado afirma, em *Capitães de Areia*, que certos homens têm estrelas no lugar do coração, e quando partem o coração fica no céu. Afirmo que, certamente, minha saudosa mãe tinha uma estrela no lugar do coração. Toda minha trajetória é guiada por ela, com seu testemunho de força e fé em Deus. Portanto, dedico este trabalho a mantê-la viva em cada linha que escrevo, assim como ela vive em meu coração.

## **AGRADECIMENTOS**

A princípio, agradeço a Deus, pois Ele é a base de toda fé e perseverança, fundamental para desfrutar das conquistas dessa vida. Agradeço especialmente a minha saudosa mãe, Dona Gislene, pois sei que com sua repentina partida precoce, ela está ao meu lado e me guiando. Por conseguinte, minha companheira no curso, no trabalho e na vida, Anne Júlia, a qual sempre está ao meu lado em todos os momentos, que nossa cumplicidade permaneça para todo o sempre. Além de meu pai, Marcelo, e Cristiano, meu irmão, por sempre me apoiarem e vibrarem minhas conquistas ao meu lado.

Gratidão a universidade federal de Pernambuco e seu corpo docente, o qual foi imprescindível para meu desenvolvimento acadêmico. Universidade a qual pude criar laços de amizade, principalmente com Matheus Rafael com suas histórias e vivências, Jeyson Aires e seu humor afiado, Felipe Jessé, cuja paciência é inabalável, Thayná Casemiro com sua energia contagiante, Anna Truta com sua espontaneidade, e principalmente Anne Júlia com seu sorriso e genialidade a me iluminar.

Também expresso minha gratidão a minha professora orientadora, Amanda Miranda, pela orientação e apoio durante minha jornada acadêmica, sua compreensão, foi de extrema relevância. Destaco também sua dedicação, paciência e expertise, as quais foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, além de meu desenvolvimento acadêmico, pessoal e profissional.

A todos, agradeço profundamente.

“Apenas um mortal, provando os licores dos céus.” Jorge Vercillo

## RESUMO

No cenário de ampla competitividade do mercado automotivo, é imprescindível que a cultura da melhoria contínua esteja sendo vivenciada pelas indústrias. O presente trabalho tem como objetivo reduzir as interrupções operacionais por falta de insumos no setor de empastamento de uma empresa de acumuladores de energia, por meio da aplicação do ciclo PDCA. Onde, por meio da aplicação da metodologia PDCA, durante o período de 2022 a 2024, houve uma redução significativa de 30% interrupções operacionais decorrentes da falta de insumos; melhorando a disponibilidade da máquina e garantindo a continuidade do processo produtivo. Foram identificadas as causas raízes das anomalias e adversidades enfrentadas, realizaram-se as análises e estruturação do problema, o desenvolvimento da solução, para então realizar a padronização do processo. A aplicação do ciclo PDCA, desde a concepção do projeto foi primordial para o final com êxito deste trabalho, uma vez que sua aplicação proporciona melhor visualização das etapas e estabelece as diretrizes para a execução bem planejada, seu acompanhamento e a padronização. Também foram utilizadas ferramentas como: Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, 5 porquês e fluxogramas; foi possível inferir que a aplicação combinada das ferramentas supracitadas junto ao ciclo PDCA, proporcionou melhorias tangíveis não apenas para o setor de empastamento, mas para a continuidade do processo produtivo de baterias de chumbo-ácido da empresa. É importante salientar que o foco na melhoria contínua é essencial para o aperfeiçoamento e o sucesso das organizações, principalmente as do ramo automotivo. Conclui-se que a aplicação estruturada do ciclo PDCA, aliada a ferramentas da qualidade, foi eficaz na mitigação das interrupções produtivas, promovendo ganhos

**Palavras-chave:** Ciclo PDCA; ferramentas da qualidade; manufatura; interrupções operacionais; acumuladores de energia.

## ABSTRACT

In the highly competitive automotive market, it is essential for industries to embrace a culture of continuous improvement. This study presents a case study conducted in the pasting sector of an energy accumulator company, where the application of the PDCA methodology, between 2022 and 2024, led to a significant 30% reduction in operational interruptions caused by a lack of supplies. This improvement enhanced machine availability and ensured the continuity of the production process. The root causes of anomalies and challenges were identified, followed by problem analysis and structuring, solution development, and, ultimately, process standardization. The application of the PDCA cycle from the project's conception was crucial to the successful outcome of this study, as it allows better visualization of the stages and establishes guidelines for well-planned execution, monitoring, and standardization. Additionally, tools such as the Pareto Diagram, Ishikawa Diagram, the 5 Whys method, and flowcharts were employed. The combined application of these tools along with the PDCA cycle resulted in tangible improvements not only for the pasting sector but also for the overall continuity of the company's lead-acid battery production process. Therefore, it is important to emphasize that a focus on continuous improvement is essential for the enhancement and success of organizations, especially those in the automotive sector.

**Keywords:** PDCA Cycle; quality tools; manufacturing; operational interruptions; energy accumulators.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Ilustração do ciclo PDCA	20
Figura 2 –	Tabela para realizar o gráfico de Pareto	23
Figura 3 –	Gráfico de Pareto	23
Figura 4 –	Fluxograma	24
Figura 5 –	Exemplo “5 porquês”	24
Figura 6 –	Diagrama de causa e efeito	25
Figura 7 –	Gráfico de Gantt	26
Figura 8 –	Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	27
Figura 9 –	Metodologia de trabalho	29
Figura 10 –	Etapas do trabalho	29
Figura 11 –	Ilustração componentes de uma bateria	31
Figura 12 –	Etapas do processo produtivo das baterias	31
Figura 13 –	Aplicação do Ciclo PDCA	32
Figura 14 –	Diagrama de Pareto: Interrupções operacionais - Empastamento   Unidade A   2023	33
Figura 15 –	Diagrama de Pareto - Interrupções operacionais (insumos) - Empastamento   Un A   2023	33
Figura 16 –	Fluxograma de processos - Situação inicial	34
Figura 17 –	Ciclo de abastecimento da carreta	35
Figura 18 –	Gráfico de Gantt – ciclo de abastecimento da carreta	35
Figura 19 –	Diagrama de Ishikawa das interrupções	36
Figura 20 –	Metodologia “5 porquês”	36
Figura 21 –	Fluxograma consolidado	36
Figura 22 –	Estrutura analítica do projeto (EAP)	37
Figura 23 –	Fluxograma de processos - situação final	39
Figura 24 –	Gráfico de Gantt – ciclo de abastecimento da carreta	39
Figura 25 –	Diagrama de Pareto - Interrupções operacionais (insumos) - Empastamento   Un A   2024	40
Figura 26 –	Redução da média anual de interrupções operacionais por falta de óxido	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1	PRODUÇÃO ENXUTA.....	15
2.2	MELHORIA CONTÍNUA.....	16
2.3	SETE PERDAS DA PRODUÇÃO.....	16
<b>2.3.1</b>	<b>Perda por espera.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Perda por transporte.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Perda por processamento em si.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Perda por estoque.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Perda por movimentação.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Perda por superprodução.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.7</b>	<b>Perda por manufaturar produtos defeituosos.....</b>	<b>19</b>
2.4	MÉTODO PDCA.....	19
2.5	FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	20
<b>2.5.1</b>	<b>Diagrama de Pareto.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Fluxograma.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Método dos “5 Porquês” .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Diagrama de Ishikawa.....</b>	<b>24</b>
2.6	FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	25
<b>2.6.1</b>	<b>Gráfico de Gantt.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Estrutura analítica do projeto (EAP).....</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>29</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	29
4.2	BATERIA DE CHUMBO-ÁCIDO.....	29
4.3	ETAPAS DO CICLO PDCA.....	31
<b>4.3.1</b>	<b>Etapa 1: Planejar.....</b>	<b>32</b>

4.3.2	<b>Etapa 2: Executar.....</b>	<b>36</b>
4.3.3	<b>Etapa 3: Checar.....</b>	<b>37</b>
4.3.4	<b>Etapa 4: Agir.....</b>	<b>37</b>
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
6	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
6.1	<b>PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE.....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As interrupções operacionais decorrentes pela falta de insumo é uma problemática que atinge diversas organizações de manufatura. As empresas do ramo de acumuladores de energia também podem sofrer tal anomalia, enfrentando adversidades na gestão dos insumos produtivos devido à complexidade no transporte e armazenamento dos insumos produtivos. É necessário analisar criticamente a perda por falta de insumos, uma vez que simplesmente aumentar o estoque, à primeira vista, pode parecer tentador, mas sem um estudo robusto do fluxo produtivo, balanceamento do sistema e sua capacidade, pode-se trocar a perda por espera de insumos em perda por estoque superdimensionado ou até mesmo a perda por superprodução (Shingo, 1996).

Perante a problemática, as ferramentas de gestão da qualidade, a produção enxuta, gestão de projetos e gestão da produção, são cruciais para o desenvolvimento e aplicação de uma solução completa e consolidadora, atendendo as necessidades das partes interessadas e clientes. Dessa maneira, a qualidade no processo de manufatura advém de três principais passos, sendo eles: a eliminação das perdas inerentes ao processo, eliminação das causas raízes das perdas e, conseqüentemente, a otimização do processo (Shingo, 1996). Logo, tendo em vista a melhoria contínua, é evidente que a gestão da qualidade está correlacionada à gestão da produção, e ambas contribuem diretamente para a otimização dos processos, redução de perdas e custos, além da melhoria contínua na manufatura e demais setores organizacionais.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho aborda uma análise das interrupções operacionais no setor de empastamento, na produção de baterias automotivas de chumbo-ácido, em uma empresa de acumuladores de energia, visa desdobrar a etapa de planejamento do PDCA, com foco na identificação da causa raiz da falta do insumo óxido de chumbo no setor do empastamento. Uma vez que a empresa é do ramo automotivo, cujos clientes estão em sua maioria em um sistema de *Just-in-time*, a cultura da melhoria contínua precisa estar cada vez mais consolidada nas organizações do ramo.

Nesse viés, a melhoria contínua implica em uma visão sistemática da manufatura, objetivando a produção enxuta, redução de perdas e maximização da produção. Outrossim, a redução significativa das interrupções operacionais é crucial para atingir os objetivos organizacionais, aplicando a metodologia PDCA com a finalidade de consolidar as ações e evidenciar a busca pela melhoria contínua. (Paladini, 2012). Para a aplicação bem-sucedida da metodologia PDCA, as ferramentas de qualidade são de suma importância, pois elas estruturam o problema de tal modo a identificar as causas raízes, determinar a abordagem e dar suporte a tomada de decisão (Paladini, 2012).

Nesse contexto, a redução das interrupções operacionais por falta de insumos é fundamental para a competitividade da indústria de acumuladores de energia. De todo modo, a abordagem consiste em otimizar o fluxo de produção, reduzindo as interrupções operacionais decorrentes da falta de insumo, além de identificar a causa das anomalias responsáveis pelas interrupções estudadas.

Devido à natureza multidisciplinar do projeto, algumas ferramentas de gerenciamento de projetos foram aplicadas, como a Estrutura analítica do projeto (EAP). Essa ferramenta é primordial para definir o escopo de atuação do time do projeto, as principais entregas, a estruturação hierárquica da gestão, além de fornecer uma gestão visual acerca do projeto e suas macros etapas (Moraes, 2012).

Para além disso, evidencia-se a relevância prática desta análise ao propor soluções concretas para um problema recorrente no ambiente fabril, alinhando teoria e prática por meio da aplicação estruturada de metodologias consagradas da qualidade e da gestão de projetos. A singularidade deste trabalho reside na abordagem sistemática e integrada adotada para diagnosticar e atacar a causa raiz das interrupções operacionais, reforçando o papel do engenheiro de produção como agente estratégico na promoção da eficiência e da competitividade industrial. Dessa forma, fortalece a cultura de melhoria contínua, bem como oferece um referencial aplicável a outras organizações que enfrentam desafios semelhantes no contexto da manufatura enxuta.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é, contribuir para a redução significativa de interrupções operacionais decorrentes da falta de insumos, no setor de empastamento de uma empresa de acumuladores de energia, através do método PDCA.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Pretende-se atingir o objetivo geral por meio do alcance dos seguintes objetivos específicos:

- Mapear as principais ocorrências de interrupções operacionais por falta de material de janeiro de 2022 até dezembro de 2024;
- Analisar através de um tratamento de falhas o porquê do mau funcionamento na cadeia de abastecimento do óxido de chumbo;
- Estabelecer o fluxo necessário junto ao time de projeto para redução considerável na taxa de interrupções operacionais mensais durante o ano de 2024;

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PRODUÇÃO ENXUTA

A produção enxuta consiste em uma filosofia de gerenciamento, a qual objetiva a otimização do atendimento das necessidades do cliente, mantendo o menor prazo possível, o menor custo e a qualidade de mais alto nível. Além disso, Ghinato (2000) afirma ainda que a melhoria contínua por meio da otimização dos recursos e redução de desperdício é a chave para resultados significativos.

Nesse contexto, Ghinato (2000) apresenta a produção enxuta e seu surgimento no Japão, em meio ao pós-guerra, desempenhou papel substancial para a reconstrução do contexto industrial do país, sua reestruturação e adaptação ao cenário de escassez de recursos, alta competitividade da indústria europeia e americana, além da influência de novos mercados e cultura na comunidade japonesa. Assim, pioneiros da idealização da produção enxuta como Shigeo Shingo, Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, em conjunto ao Engenheiro Taiichi Ohno, foram capazes de unir forças no desenvolvimento, implementação e disseminação da metodologia da produção enxuta, visando sempre a redução de desperdícios, otimização dos recursos, redução de custos, aumento do valor agregado e qualidade, além da redução dos tempos de entrega.

Além disso, Ghinato (200) afirma ainda que o Sistema Toyota de produção consiste em um modelo de gestão industrial desenvolvido pela Toyota Motor Corporation, baseado na eliminação de desperdícios, melhoria contínua e o respeito às pessoas. Sua importância reside na transformação das práticas industriais ao introduzir conceitos como produção puxada, fluxo contínuo e padronização de processos, sustentando o desenvolvimento da filosofia da produção enxuta.

O Just-In-Time (JIT) é evidenciado por Shingo (1996) através das metodologias de gerenciamento da produção, proporcionando grande visibilidade ao redor do globo, nos meios acadêmicos e nas indústrias. De acordo com Rother e Shook (2003), a forma mais eficiente de produzir um bem é através do fluxo contínuo. Já Shingo (1996) destaca que a movimentação contínua e unitária das peças ao longo dos processos resulta em uma redução significativa do lead time de produção. Para além disso, é preciso evidenciar a importância do comprometimento da alta gerência e de todos os

demais componentes os quais integram a indústria, com a finalidade de solidificar e difundir a cultura da produção enxuta.

## 2.2 MELHORIA CONTÍNUA

A filosofia da melhoria contínua, surgiu em meio a Revolução Industrial, obtendo sua disseminação no contexto do pós-guerra, assim como a produção enxuta. Vale salientar que os ensinamentos dos estudos de Frederik Taylor e Frank Gilbreth baseados na padronização da manufatura através da aplicação de metodologias científicas, foram amplamente aplicadas ao contexto vivido pela economia japonesa na época, pós-guerra. Utilizando estas metodologias como substrato para a melhoria contínua, Juran e Deming iniciaram a disseminação da mudança cultural japonesa, dando início ao movimento de melhoria contínua, o qual transcende até os dias presentes ao redor do Globo (Chiavenato, 1983; Paladini, 2012). Sendo assim, esta filosofia está pautada em um ciclo, cujo processo dinâmico não encerra e é capaz de envolver toda a equipe, que por sua vez, possui a energia como alicerce para a sustentação do ciclo de melhoria contínua.

Kaizen, palavra de origem japonesa, advém das junções das palavras (Kai), a qual significa mudança, e a palavra (Zen), que por sua vez significa melhoria, conforme afirma Yentsang et al., (2010). Logo, é possível inferir que a melhoria contínua consiste em uma filosofia cuja abordagem é pautada na mudança e na melhoria através de um conjunto bem fundamentado e estruturado. Sendo assim, a gestão de processos na abordagem da melhoria do cotidiano é fundamental para a implementação bem-sucedida da melhoria contínua, integrando-se a cultura da empresa, de tal modo a adequar-se as necessidades do cliente.

## 2.3 SETE PERDAS DA PRODUÇÃO

Segundo Cirino et al. (2013), a aplicação da Produção Enxuta em uma organização deve priorizar a eliminação dos pontos mais críticos que geram desperdícios no sistema produtivo. Assim como Ohno (1997) relata, as atividades desnecessárias que geram oneram o custo ou não agregam valor, são classificadas como perdas e devem ser eliminadas. Esses desperdícios são conhecidos como “as sete perdas da produção”, que são categorizadas, segundo Slack et al. (2009) e

Corrêa (2009) da seguinte forma: perda por espera, perda por transporte, perda por processamento em si, perda por estoque, perda por movimentação, perda por superprodução e a perda por manufaturar produtos defeituosos.

### **2.3.1 Perda por espera**

De acordo com Antunes (2008), a perda por espera ocorre quando trabalhadores e/ou máquinas ficam ociosos, sem desempenhar atividades produtivas. Isso significa que, durante esse tempo, não há agregação de valor aos produtos ou serviços, também consiste em intervalos de tempo os quais recursos produtivos estão ociosos ou executando alguma atividade que não agrega valor ao produto. Ohno (1997) afirma também que esta perda está relacionada a desbalanceamentos produtivos, quebras de ritmo produtivo e pode estar relacionada diretamente a perdas como transporte, movimentação e produção de itens defeituosos.

### **2.3.2 Perda por transporte**

A perda por transporte se dá através das movimentações desnecessárias, ou seja, as quais não agregam valor ao processo. Muitas vezes esta perda está relacionada à limitações no arranjo físico da planta produtiva. Logo, (Slack, 2009) afirma que é preciso dimensionar adequadamente os parques fabris visando eliminar perdas por transporte, além das demais perdas, visando otimizar a produção.

### **2.3.3 Perda por processamento em si**

Segundo Ghinato (1996), a perda por processamento trata-se de elementos que poderiam ser removidos sem comprometer as características essenciais ou as funções principais do produto ou serviço. O processamento na manufatura é primordial para a produção, contudo é preciso identificar e eliminar atividades as quais não possuem valor agregado. Logo, configura-se como uso ineficiente dos recursos, como: tempo, energia ou mão de obra. Essa perda pode estar relacionada à processos mal planejados, ultrapassados ou mal otimizados, estando intrinsecamente relacionada ao processo. Além disso, esta perda pode ter relação com a perda por

espera, devido a atividades desnecessárias, a perda por defeitos, devido a falhas que podem ocorrer nestas atividades que não agregam valor ao produto.

#### **2.3.4 Perda por estoque**

O estoque pode se tornar uma perda quando mal dimensionado, principalmente quando se há estoque em demasia, Ohno (1997) evidencia a importância da redução do estoque ao mínimo possível, através da implementação das metodologias de melhoria contínua e a sincronização da produção em relação a demanda. Vale salientar que este é de fato um grande desafio e a redução do estoque precisa ser feita de maneira criteriosa e analítica, a fim de não impactar o atendimento da demanda.

#### **2.3.5 Perda por movimentação**

Esta perda ocorre durante o processo de manufatura, sendo geralmente gerada a partir dos colaboradores, resultando em tempo que não agrega valor ao processo. De acordo com Shingo (1996), tratar esse tipo de perda envolve buscar a máxima redução na movimentação de materiais dentro de um determinado período. Adicionalmente, esta perda está relacionada a deslocamentos desnecessários de pessoas ou ferramentas dentro do processo produtivo. Assim, esses movimentos não agregam valor ao produto, podem aumentar o tempo de ciclo da manufatura, além de aumentar a fadiga dos operadores e o risco de acidentes. Pode ser eliminada através da revisão ou implementação de um procedimento operacional padronizado, capaz de eliminar essa perda, visando a otimização da operação, implementação da metodologia 5S e afins.

#### **2.3.6 Perda por superprodução**

A perda por superprodução consiste em produzir itens a mais que o planejado, portanto, itens sem demanda concreta. Segundo Ohno (1997), esta é caracterizada como a principal perda, visto que a partir dela são identificadas as demais perdas, as quais tendem a se ocultar devido a superprodução. Além disso, esta perda pode ser classificada em duas, produzir a mais em quantidade ou produzir antecipadamente.

Portanto, afirma Ghinato (2000) que esta é a perda mais perseguida pela produção enxuta.

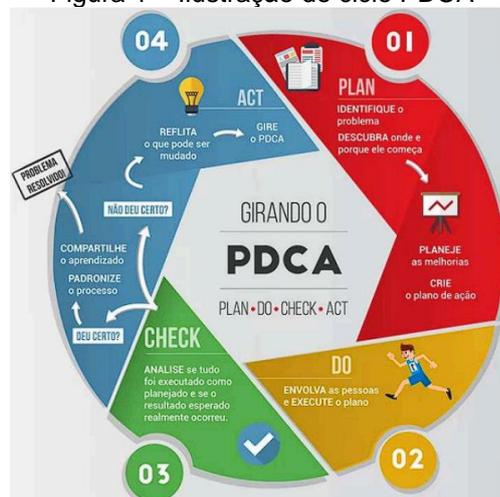
### 2.3.7 Perda por manufaturar produtos defeituosos

Esta perda relaciona-se diretamente a produção de itens os quais não estão em conformidade com as especificações do produto, pode ocorrer de maneira aleatória, mas geralmente decorre de falta de estabilidade no processo, ausência de padronização e correlatos. Segundo Husar (2000) e Antunes (2008, p. 209), a perda decorrente da produção de itens defeituosos representa um dos impactos mais negativos tanto para clientes internos quanto externos. Além de comprometer a qualidade do produto, essa perda exerce grande influência sobre a estrutura do sistema produtivo, uma vez que resulta na fabricação de peças, subcomponentes e produtos acabados que não atendem às especificações requeridas pelo projeto.

### 2.4 MÉTODO PDCA

O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming, objetiva a consolidação do conhecimento organizacional, possibilitando a melhoria contínua, através das suas clássicas etapas. Essencialmente, é muito aplicado em processos de manufatura, porém, nada impede de ser aplicado em outros contextos (Pacheco, 2012). A Figura 1 ilustra cada etapa do PDCA, sendo elas: Planejar, Executar, Checar, Agir.

Figura 1 – Ilustração do ciclo PDCA



Fonte: CORRÊA (2020).

Segundo Carvalho (2012):

1. Planejamento (P – *Plan*): Consiste em realizar o planejamento das ações de maneira sistemática, a partir de objetivos específicos. Regularmente, a definição do objetivo pode se dar através do padrão ao qual se almeja alcançar. Nesse viés, o planejamento é conduzido de maneira quantificada, a fim de garantir meios de avaliar sua eficácia posteriormente.
2. Execução (D – *Do*): Durante a execução, ocorre de fato a implementação do planejamento. Constantemente, as execuções tendem ocorrer em escala reduzida, limitada a etapas do processo, ou até mesmo experimental. Tal limitação, possibilita acompanhar de maneira mais próxima os fenômenos durante a execução das atividades, bem como possibilita maior controle para o atingimento do objetivo.
3. Controle (C – *Check*): Esta etapa é essencialmente acompanhamento e validação. Uma vez que as ações foram implementadas, é chegada a hora de acompanhar os resultados e verificar a eficácia das etapas anteriores. Portanto, o foco desta etapa consiste no controle, definição e acompanhamento de indicadores, além de avaliar se o que foi planejado de fato foi executado de maneira coerente. Assim, torna-se evidente a vertente quantitativa da metodologia, possibilitando a validação dos resultados obtidos até então.
4. Ação (A – *Act*): Por fim, as melhorias tendem a se consolidar. Simultaneamente, o ciclo da melhoria contínua é constituído. Uma vez que os resultados foram validados pela etapa anterior, deve ser realizada uma análise crítica da execução, objetivando melhorias, a fim de obter o constante aperfeiçoamento sistêmico e consolidado.

## 2.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para garantir a qualidade dos produtos e serviços, é necessário aplicar ferramentas de controle e melhoria, que auxiliam na identificação e solução de problemas enfrentados pela organização. Segundo Lins (1993), existem ferramentas de apoio cuja função está vinculada ao suporte das ferramentas básicas da qualidade, impactando diretamente nos indicadores de desempenho da organização. Assim,

garantir a qualidade e a produtividade é um desafio constante na indústria automotiva, pois com o avanço da tecnologia, a evolução dos processos produtivos e o lançamento de novos modelos de veículos, torna-se essencial manter padrões elevados de qualidade e confiabilidade. Nesse viés, se faz necessário mapear os processos e buscar sempre a melhoria contínua.

Segundo Paladini (2012) às ferramentas da qualidade auxiliam na tomada de decisão baseada em fatos e dados, analisando de forma objetiva, focada em partes bem definidas do processo, facilitando a identificação de problemas e oportunidade de aprimoramento na produção. Logo, o objetivo principal da aplicação dessas ferramentas é modificar o sistema para gerar melhorias.

Segundo Vergueira (2002), muitas ferramentas são representadas por instrumentos gráficos que têm o objetivo de tornar clara a questão que se deseja analisar ou resolver. Outras, por sua vez, consistem em técnicas voltadas para a abordagem e compreensão do problema.

### **2.5.1 Diagrama de Pareto**

Segundo Paladini (2012), o diagrama de Pareto foi desenvolvido por Vilfredo Pareto, que observou que a distribuição de riqueza na Itália não era equilibrada. Ele identificou que 80% da riqueza estava nas mãos de apenas 20% da população. Conforme Giocondo (2011), posteriormente, J.M. Juran analisou o Diagrama de Pareto e o aplicou à gestão da qualidade. Ele adaptou o conceito para categorizar problemas como reclamações de clientes, defeitos em produtos, falhas em máquinas, baixa produtividade e atrasos nas entregas, classificados em "poucos vitais" e "muitos triviais". Juran demonstrou que a maioria dos problemas tem origem em um pequeno número de causas e que, ao identificá-las e corrigi-las, seria possível reduzir significativamente falhas e defeitos.

Esse conceito foi representado graficamente em um diagrama que levou seu nome e se tornou uma das ferramentas de qualidade mais conhecidas. O diagrama de Pareto consiste em um gráfico de barras, cuja finalidade é promover a identificação das prioridades na solução dos problemas, assim, para determinar a causa dos problemas, é possível aplicar um questionário a fim de coletar as principais causas.

Nas Figuras 2 e 3, Oliveira e Cislighi (2020) realizaram a aplicação dessa ferramenta em uma agropecuária para elencar os principais problemas relacionados

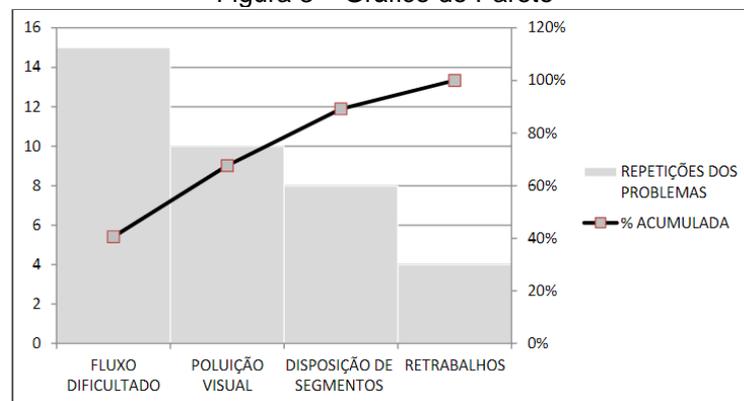
ao layout da empresa. Primeiramente foi realizada uma tabela para identificar a quantidade de vezes que as causas foram detectadas e depois o gráfico de Pareto.

Figura 2 – Tabela para realizar o gráfico de Pareto

PROBLEMAS	QUANT. REPETIÇÕES DAS CAUSAS	%	% ACUMULADA
FLUXO DIFICULTADO	15	41%	41%
POLUIÇÃO VISUAL	10	27%	68%
DISPOSIÇÃO DE SEGMENTOS	8	22%	89%
RETRABALHOS	4	11%	100%
	37	100%	-

Fonte: Oliveira e Cislighi (2020).

Figura 3 – Gráfico de Pareto

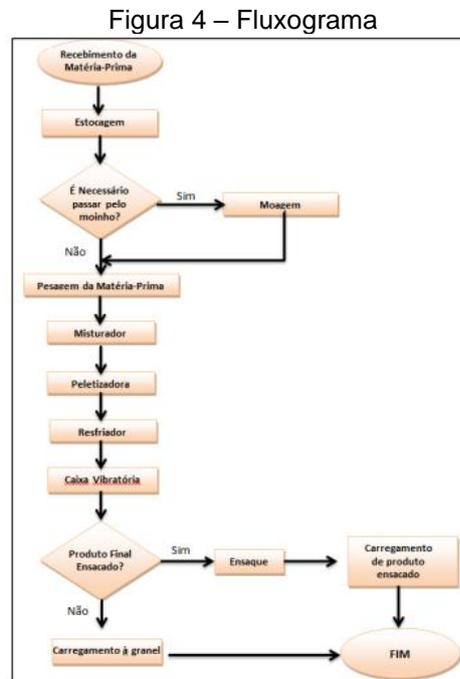


Fonte: Oliveira e Cislighi (2020).

## 2.5.2 Fluxograma

O fluxograma, segundo D'Ascenção (2001, p. 110) é uma ferramenta capaz de tornar visual os componentes do processo. É usado como representação gráfica das etapas e decisões de um processo, possibilitando a compreensão da sequência de passos e assim promover a identificação de problemas. Ademais, a ferramenta de apoio 5S pode dar suporte ao fluxograma, promovendo melhorias no fluxo de trabalho a depender do problema enfrentado pela organização. A utilização dessas ferramentas combinadas tem como objetivo principal promover a padronização e a racionalização das atividades, contribuindo para uma maior clareza operacional e tomada de decisão mais assertiva. Assim, o fluxograma permite visualizar gargalos, redundâncias ou desvios, os quais podem comprometer a eficiência do processo. Sua importância se dá especialmente durante o diagnóstico e planejamento das melhorias, uma vez que auxilia equipes multidisciplinares a desenvolver uma visão holística sobre o processo analisado, além de favorecer a comunicação entre a equipe. Para a

aplicação dessa ferramenta é necessário entender bem o processo, seus inputs e outputs, Fabris (2014) fez o uso do fluxograma em uma produção de ração, conforme demonstra a Figura 4.



Fonte: Fabris (2014).

### 2.5.3 Método dos “5 Porquês”

Desenvolvido no sistema Toyota de produção, pela Toyota Motors Company no Japão, este método tem por seu principal objetivo a determinação da causa raiz do problema, através de cinco indagações seguidas a respeito do porquê acontecem certos fenômenos (Ohno, 1997).

Nesse viés, o método parte da definição da problemática e então são realizadas as indagações, para então identificar os motivos relevantes para o fenômeno, para determinar sua causa. Geralmente, após a quinta indagação é determinada a raiz da problemática, mas pode repetir até determinar de fato a origem do fenômeno (Slack, N. et al., 2009).

Figura 5 – Exemplo “5 porquês”

Fato	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?
Atraso no processo produtivo	Faltou insumo	A quantidade de insumos não foi suficiente	Atraso na aquisição dos insumos	Falha no monitoramento do estoque	Operação manual / operador titular ausente

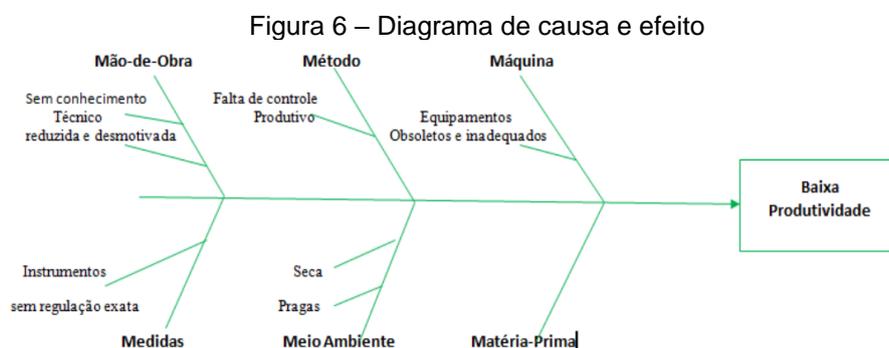
Fonte: O autor (2025).

### 2.5.4 Diagrama de Ishikawa

Desenvolvido pelo engenheiro e professor japonês Kaoru Ishikawa, o diagrama de causa e efeito é capaz de identificar as possíveis causas das anomalias, definindo perspectivas distintas acerca das causas raízes, conforme relata Carpinetti (2012). Para construção do diagrama, é necessário seguir algumas etapas, conforme Silva et al. (2018) destaca:

1. Identificação da anomalia que está afetando a qualidade ou o desempenho do processo;
2. Listar todas as possíveis causas que podem contribuir para o problema, essa ação pode ser realizada através da ferramenta brainstorming;
3. Uma vez listadas, as causas deverão ser agrupadas em categorias, os "6M": Mão de Obra (pessoas), Máquina (equipamentos), Matéria-Prima (materiais utilizados), Método (procedimentos ou processos) e Meio-Ambiente (condições do ambiente de trabalho);
4. A partir do agrupamento das causas no Diagrama de Ishikawa, é preciso analisar criticamente as informações apresentadas e avaliar o impacto dessas causas, e sua contribuição para o problema;
5. Desenvolver um plano de ação para corrigir o problema, essa ação pode ser realizada com a implementação da metodologia PDCA.

Costa e Mendes (2018) realizaram a aplicação do Ishikawa para identificar as causas da baixa produtividade de uma empresa, conforme ilustrado na Figura 6.



Fonte: Costa e Mendes (2018).

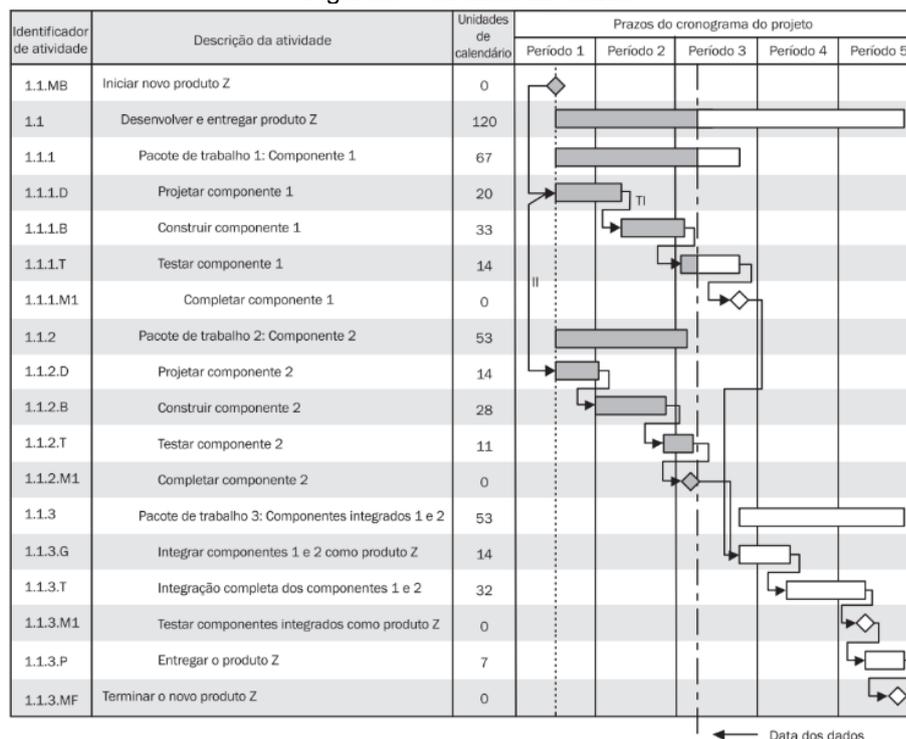
## 2.6 FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Estas ferramentas são amplamente utilizadas no gerenciamento de projetos, dando suporte a tomada de decisão, monitoramento e controle das atividades, desde a concepção do projeto até seu encerramento. As diversas ferramentas são subdivididas e organizadas a partir dos processos e áreas do conhecimento envolvidos no projeto.

### 2.6.1 Gráfico de Gantt

Com o objetivo de representar as informações do cronograma, o Diagrama de Gantt, conhecido também como gráfico de barras, é uma ferramenta amplamente aplicada na gestão de projetos. Esse diagrama é muito útil para a identificação visual do caminho crítico e paralelismo das atividades, além de sua acessibilidade na leitura. Dessa maneira, Moraes (2012) os compõe a partir da listagem das atividades no eixo vertical, as respectivas datas no eixo horizontal, as durações das atividades representadas pelas barras horizontais, posicionadas conforme suas datas de partida e conclusão. Assim, a Figura 7 ilustra um exemplo de diagrama de Gantt.

Figura 7 – Gráfico de Gantt

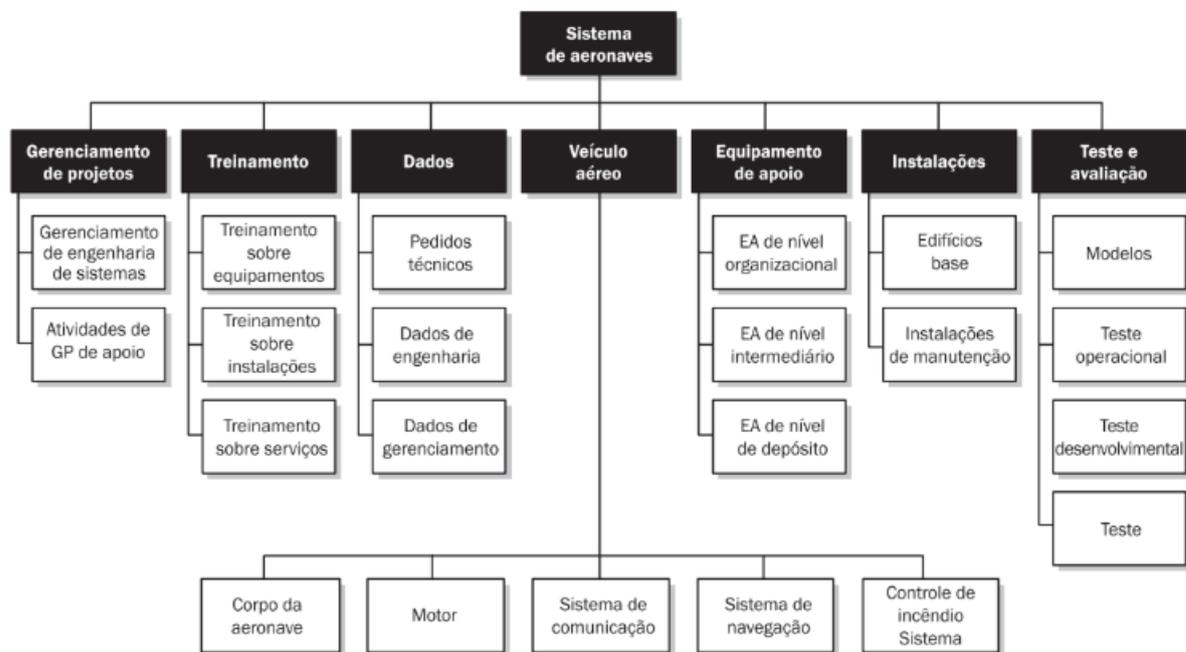


Fonte: MORAES (2012).

## 2.6.2 Estrutura analítica do projeto (EAP)

Segundo Moraes (2012), a Estrutura Analítica de Projetos (EAP), consiste em uma ferramenta de gerenciamento de projetos, subdividida em dois tipos, a funcional e a entregável. Sendo assim, a EAP é definida como a decomposição hierárquica do trabalho, o qual deve ser executado para atingir os objetivos do projeto. Sendo assim, é uma ferramenta capaz de estruturar o trabalho, controlar o tempo, o custo, além de delegar atividades. A Figura 8 ilustra a estrutura analítica do Projeto.

Figura 8 – Estrutura Analítica do Projeto (EAP)



Fonte: MORAES (2012).

Moraes (2012) afirma ainda que a decomposição das principais entregas do projeto, a subdivisão de trabalho e a estruturação hierárquica são primordiais para compor uma EAP assertiva. Sendo assim, a partir da decomposição do trabalho é possível aumentar o nível de detalhe, o planejamento, gerenciamento e, conseqüentemente, o controle do projeto. Todavia, vale salientar que decompor excessivamente as etapas do projeto pode não ser eficiente para os recursos e para o projeto como um todo, dificultando a aplicação da ferramenta.

### 3 METODOLOGIA

Esse trabalho constitui um estudo de caso de natureza aplicada, pois busca solucionar um problema específico dentro do setor de empastamento da empresa, contribuindo para a melhoria da produtividade. O objetivo é descritivo e explicativo, abordagem quantitativa e qualitativa, visto que, foram analisados os dados sobre as paradas produtivas e a disponibilidade da máquina integrando a análise do processo e proposição de melhoria.

Na revisão bibliográfica, foram revisados os conceitos fundamentais da gestão da qualidade e das ferramentas de gestão (PDCA), bem como sua aplicação no ambiente fabril, além das melhores práticas para a implementação de um sistema eficaz de monitoramento de dados. Utilizou-se as palavras-chave: Ciclo PDCA; ferramentas da qualidade; manufatura; interrupções operacionais; no recorte temporal de 1990 até 2024, nas bases de dados Scielo, Google acadêmico e Web of Science, para busca de periódicos, Teses e Dissertações.

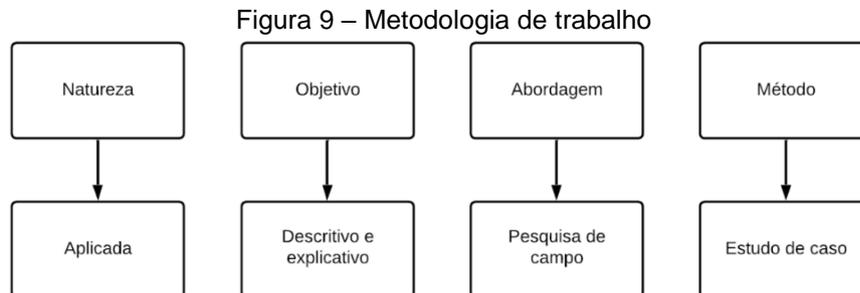
Por sua vez, a contextualização do fenômeno foi conduzida através da análise quantitativa dos dados de interrupções operacionais, obtidos através do sistema MES, responsável por armazenar todos os dados de apontamentos da manufatura e correlatos.

Nesse contexto, o MES (Sistema de Execução da Manufatura) é fundamental para a gestão automatizada da manufatura, uma vez que ele é capaz de interligar a operação junto ao sistema de gestão empresarial. Logo, é capaz de indicar informações relevantes, simultaneamente, durante os apontamentos de todos os setores integrados da fábrica. Evidentemente, pode fornecer os dados históricos das interrupções operacionais para os anos de 2022, 2023 e 2024.

A análise foi realizada diretamente no local de estudo da pesquisa de campo, observações diretas no setor de empastamento, sendo assim, o pesquisador atuou de maneira proativa e incisiva no local do fenômeno observado, a fim de obter as devidas informações acerca do contexto, Marconi e Lakatos (2003).

Portanto, trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, uma vez que objetiva que seus resultados sejam aplicados em soluções de problemas. Por sua vez, a abordagem é pesquisa de campo, porque combina a abordagem quantitativa junto à qualitativa, tal que sua importância esteja equilibrada. Já o objetivo, caracteriza-se como descritivo e explicativo, uma vez que consiste em um estudo de caso, o qual

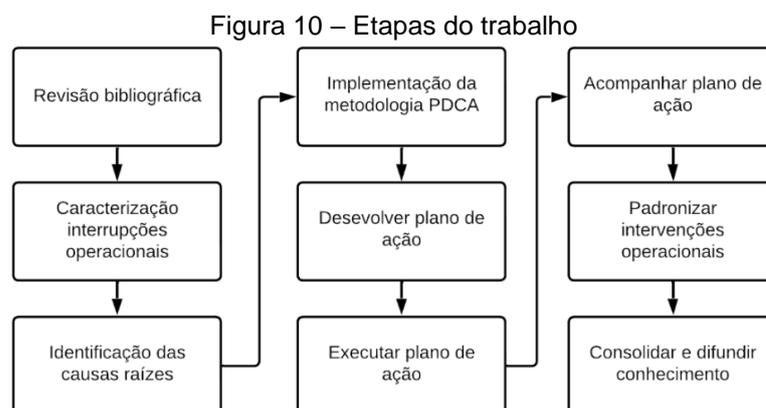
correlaciona dados e fatos. Sendo assim, a metodologia consiste em um estudo de caso, pois analisa o fenômeno de maneira profunda, em seu contexto real. A Figura 9 ilustra a metodologia utilizada neste trabalho.



Fonte: O autor (2025).

Para a realização deste trabalho, a metodologia inclui a fundamentação teórica, levantamento de dados do sistema produtivo da empresa objeto de estudo, pesquisa técnica conceitual da causa raiz da falta de insumo no setor específico, além de propor diretrizes para melhorar a consolidação da melhoria contínua. Sendo assim, as principais etapas são ilustradas na Figura 10:

1. Revisão bibliográfica
2. Caracterização das interrupções operacionais
3. Identificação das causas raízes
4. Implementação da metodologia PDCA
5. Desenvolver plano de ação
6. Executar plano de ação
7. Acompanhar plano de ação
8. Padronizar intervenções operacionais
9. Consolidar e difundir conhecimento



Fonte: O autor (2025).

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

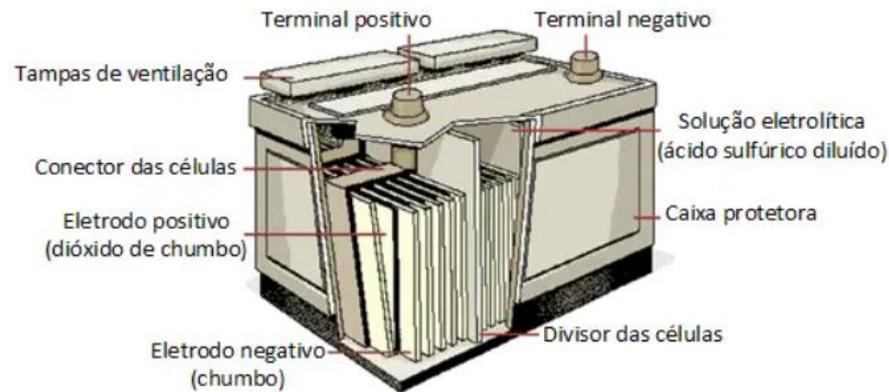
Fundada na década de 1950, no interior do agreste pernambucano, a empresa de acumuladores de energia referenciada no estudo emergiu inicialmente voltada ao setor automotivo, posteriormente, expandiu seu alcance ao longo dos anos e hoje se destaca na fabricação de baterias e sistemas de armazenamento de energia para diversas aplicações, abrangendo desde motos e barcos até empilhadeiras, nobreaks, sistemas de transporte público como metrô e trens, estações de telefonia, e soluções de armazenagem, entre outros.

Nesse viés, a empresa possui presença sólida em mais de 20 países, estabelecendo parcerias tecnológicas com renomados fabricantes europeus, norte-americanos e asiáticos. Essas colaborações agregam um diferencial de desempenho a cada produto que sai de suas instalações. Além disso, a empresa conquistou prestigiosos prêmios internacionais de qualidade, reconhecimento direto das principais montadoras do mundo.

### 4.2 BATERIA DE CHUMBO-ÁCIDO

As baterias de chumbo-ácido estão presentes há mais de 100 anos na maioria dos veículos comercializados no Brasil e no mundo, sua popularização deu-se principalmente após Henry Ford. Ao adicionar esse tipo de bateria em seus veículos, Ford viabilizou o sistema de partida elétrica, possibilitando maior conforto e praticidade para o condutor do veículo, uma vez que não seria mais necessário realizar a partida manualmente, além de possibilitar a implementação de mais mecanismos consumidores de energia elétrica. No pós-guerra, a produção de baterias de chumbo-ácido aumentou imensamente, estimulada pelo rápido desenvolvimento das indústrias automobilística, de transporte e de telecomunicações, bem como o aumento da demanda por energia de reserva, e mais recentemente pela expansão da tecnologia da informação, afirma D. Pavlov (2017). Nesse contexto, Akinyele (2014) apresenta a bateria e suas formas elementares, conforme ilustra a Figura 11.

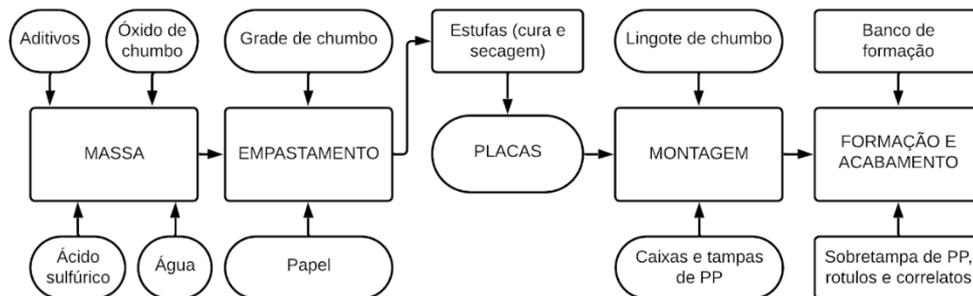
Figura 11 – Ilustração componentes de uma bateria



Fonte: Akinyele et al., (2014).

Além disso, o processo de fabricação de baterias de chumbo-ácido consiste em 3 principais etapas, sendo elas: empastamento, montagem, formação e acabamento. A seguir, o fluxograma, na Figura 12, demonstra a sequência das etapas e principais insumos associados ao processo:

Figura 12 – Etapas do processo produtivo das baterias



Fonte: O autor (2025).

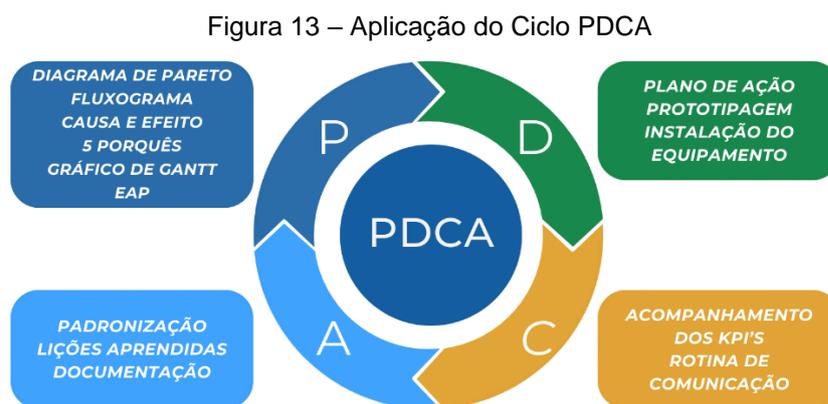
Por conseguinte, o setor de empastamento é responsável por realizar o empaste da grade de chumbo com massa, composta por óxido de chumbo, água, ácido sulfúrico e aditivos. Uma vez que a grade empastada, a linha produtiva realiza o corte da grade que ainda é contínua, formando placas. As quais, por sua vez, serão agrupadas e levadas a estufas de cura se secagem. Posteriormente, as placas serão introduzidas nas baterias no setor de montagem, compondo a bateria seca, que por sua vez será preenchida com ácido sulfúrico na formação, em seguida é realizada a ciclagem elétrica, para enfim realizar a embalagem e o acabamento do produto.

Adicionalmente, o óxido de chumbo abordado nesse estudo é do tipo Barton, pois é produzido em moinhos do tipo Barton, cujo funcionamento parte da fundição do lingote de chumbo dentro do moinho, a uma temperatura de aproximadamente 450°C, onde é misturado a água e assim sofre a solidificação, nessa reação o oxigênio é

incorporado, resultado em óxido de chumbo (PbO). Na unidade A existem dois tipos de sistemas de transporte de óxido operantes, sendo eles o sistema por roscas de transporte e o sistema pneumático, ambos os sistemas abastecem as empacotadoras, metade delas é abastecida por roscas e a outra metade pelo sistema pneumático, sendo poucas abastecidas por ambos.

### 4.3 ETAPAS DO CICLO PDCA

A aplicação do ciclo PDCA neste trabalho foi fundamental para estruturação das ações de melhoria de forma eficaz e alcançar resultados significativos. Dessa maneira, a utilização desta e outras ferramentas de gestão e da qualidade proporcionaram o resultado deste trabalho. Conforme ilustra a Figura 13, a fim de consolidar as etapas do ciclo PDCA.



Fonte: O autor (2025).

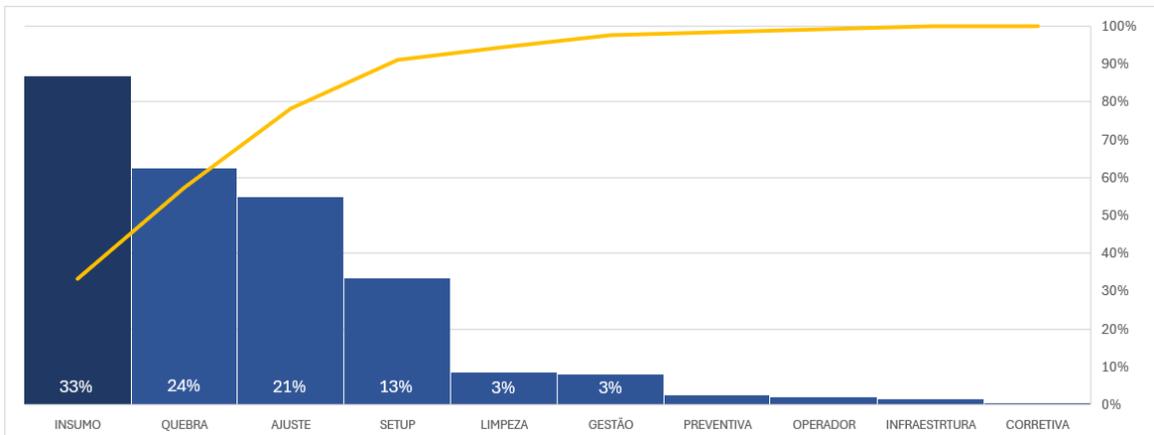
#### 4.3.1 Etapa 1: Planejar

Inicialmente, a demanda surgiu no setor de empastamento para com o setor da engenharia industrial, o qual ficou responsável por realizar o projeto visando reduzir significativamente as interrupções operacionais advindas da falta do insumo óxido de chumbo Barton na unidade A, da empresa de acumuladores de energia desse estudo de caso. Assim, o time do projeto foi definido e a primeira estratégia adotada foi a aplicação do Ciclo PDCA, visando uma solução robusta, completa e consolidada, além da utilização de ferramentas da qualidade para garantir o êxito do projeto.

O setor de empastamento possuía como problema crônico a falta do insumo óxido de chumbo Barton, sendo este o principal componente do seu produto, as placas

que compõem os elementos da bateria. A cadeia de suprimentos do óxido possui uma parcela interna na própria unidade, unidade A, e a grande parcela advém de outra unidade, unidade B. A falta de óxido de chumbo, consistia em paradas sistemáticas em várias linhas de empastamento simultaneamente, uma vez que o óxido de chumbo é fundamental para a produção da massa, que por sua vez compõem as placas. Logo, para o ano de 2023, foi aplicada a ferramenta Diagrama de Pareto, de acordo com a Figura 14, a fim de identificar as classes que mais causaram interrupções operacionais naquele ano.

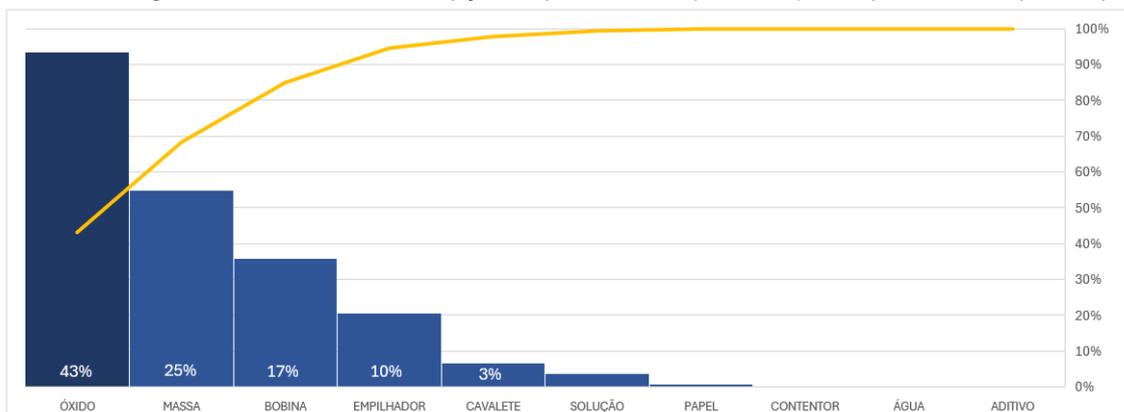
Figura 14 – Diagrama de Pareto: Interrupções operacionais - Empastamento | Unidade A | 2023



Fonte: O autor (2025).

Dessa forma, o gráfico indica a principal causa das interrupções operacionais no setor de empastamento no ano de 2023 são provenientes da não disponibilidade de insumos produtivos. Por esta razão, foi realizada a implementação do Diagrama de Pareto novamente, de acordo com a Figura 15, evidenciando a classe dos insumos produtivos.

Figura 15 – Diagrama de Pareto - Interrupções operacionais (insumos) - Empastamento | Un A | 2023

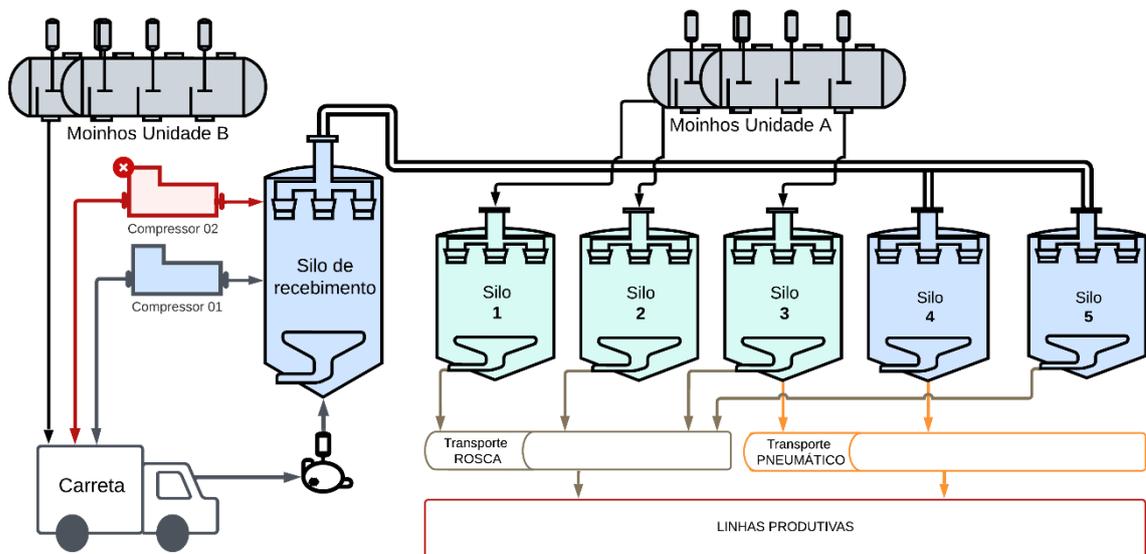


Fonte: O autor (2025).

Nesse viés, a falta de óxido implica em redução na produtividade do setor de empastamento, causando desbalanço na cadeia de produção da empresa de acumuladores de energia, podendo comprometer o fluxo produtivo, o atendimento de metas e impactar nos resultados do crescimento da empresa. Com a pandemia, houve impacto na demanda, minimizando o problema, porém, com o aumento de demanda e com a retomada comercial, o gargalo produtivo tornou-se cada vez mais evidente. Sendo assim, com o aumento de demanda após a pandemia, a diretoria incumbiu o setor da engenharia industrial com a tarefa de identificar a causa raiz e desenvolver um plano de contingência para o problema.

Por conseguinte, foi aplicada a ferramenta de fluxograma, conforme a Figura 16, cujo objetivo é promover melhor visualização das etapas do processo e suas relações, além de dar suporte na identificação dos gargalos e pontos de instabilidade.

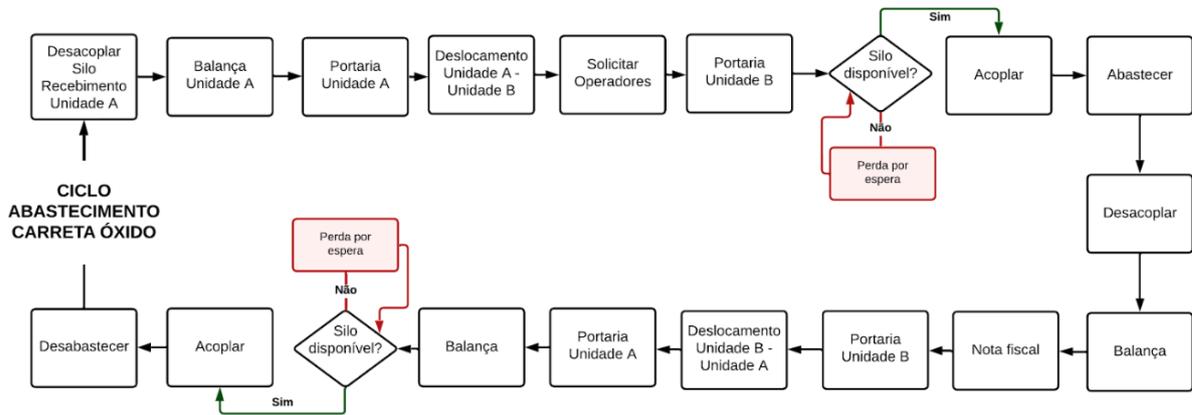
Figura 16 – Fluxograma de processos - Situação inicial



Fonte: O autor (2025).

Assim, com o fluxograma e análise de dados, foi possível identificar que havia desbalanceamento no sistema de abastecimento, uma vez que aproximadamente metade do consumo do óxido é proveniente do sistema de transporte pneumático, mas apenas 2 dos 3 silos possuíam conexões operantes com esse sistema. Em seguida, foi realizado o mapeamento do fluxo da carreta, conforme o fluxograma ilustrado na Figura 17:

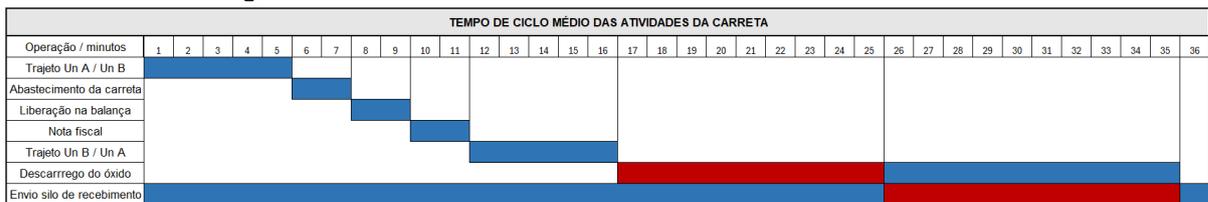
Figura 17 – Ciclo de abastecimento da carreta



Fonte: O autor (2025).

Adicionalmente, foi identificado que dos dois compressores instalados, apenas um estava operacional, intercorrendo em perda por espera, anomalia representada pelo gráfico de Gantt, demonstrado na Figura 18.

Figura 18 – Gráfico de Gantt – Ciclo de abastecimento da carreta

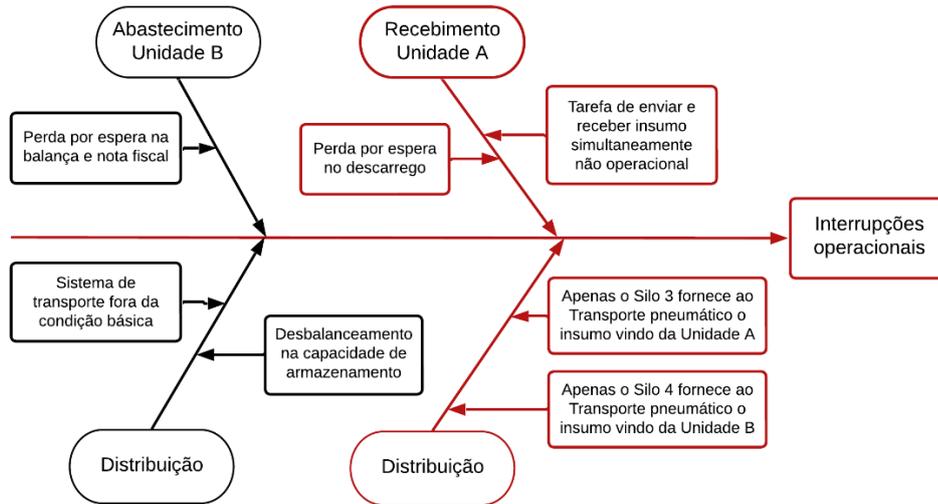


Fonte: O autor (2025).

Nesse contexto, conforme apresenta o gráfico, há uma perda por espera pela carreta, aguardando o silo de recebimento estar disponível, uma vez que ele ainda não tem disponibilidade devido o envio do óxido ainda contido nele. Em seguida, temos que enquanto é realizado o descarrego da carreta, o sistema interrompe o envio do óxido para o interior da fábrica. Durante esse tempo de descarrego, o consumo da fábrica esvaziava o silo 4 interno, causando paradas por falta de óxido no sistema de transporte pneumático.

Em seguida, foi aplicada uma adaptação da ferramenta Diagrama de Ishikawa, visando identificar as principais anomalias das principais etapas do sistema estudado, demonstrado na Figura 19.

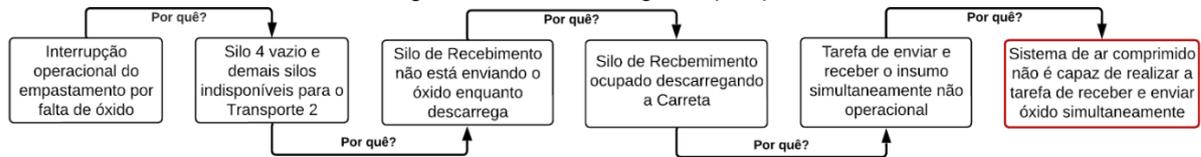
Figura 19 – Diagrama de Ishikawa das interrupções



Fonte: O autor (2025).

À complementar, foi aplicada a ferramenta 5 porquês, para evidenciar a causa raiz das interrupções, conforme Figura 20.

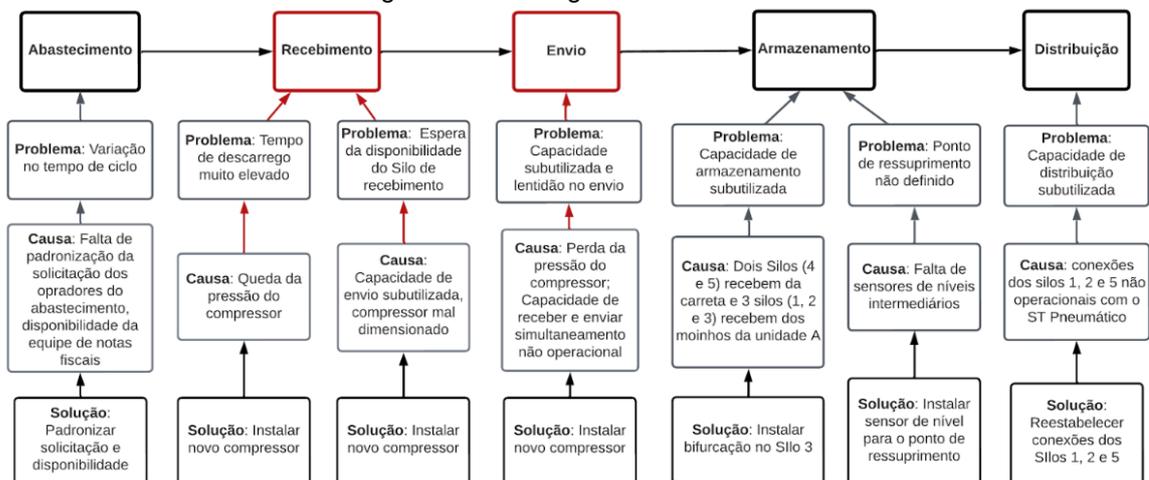
Figura 20 – Metodologia “5 porquês”



Fonte: O autor (2025).

Então, a partir de todas as informações supracitadas, foi possível desenvolver um fluxograma consolidado, com as macros etapas, suas anomalias, as respectivas causas e propostas de solução, conforme demonstra a Figura 21.

Figura 21 – Fluxograma consolidado



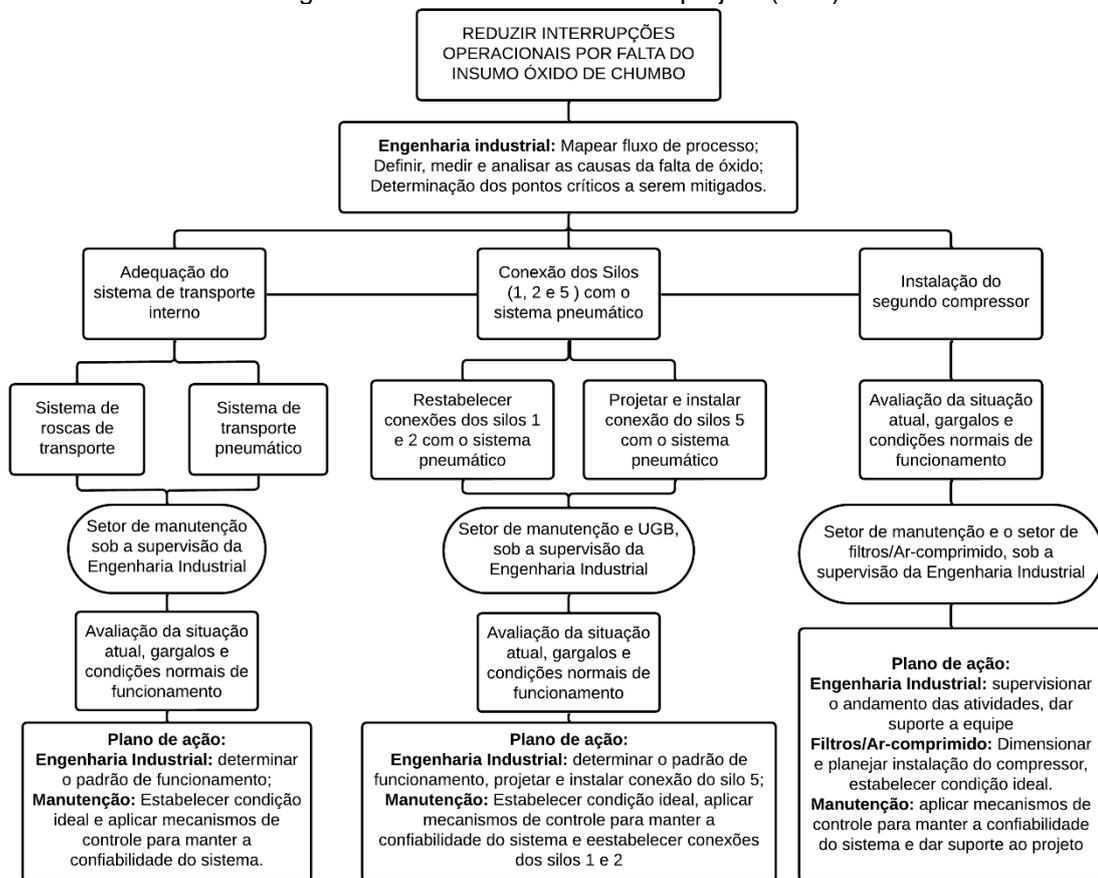
Fonte: O autor (2025).

Dessa forma, foi possível analisar o fluxo do processo pelo qual o óxido de chumbo percorre, conseqüentemente, desenvolver de maneira adequada a etapa de planejamento, primordial para uma execução bem-feita.

#### 4.3.2 Etapa 2: Executar

Outrossim, foi desenvolvida a estrutura analítica do projeto (EAP), conforme o fluxograma demonstrado na Figura 22.

Figura 22 – Estrutura analítica do projeto (EAP)



Fonte: O autor (2025).

Definindo assim, junto ao time de projeto e stakeholders, o escopo de atuação de cada parte. Etapa fundamental para o desenvolvimento do plano de ação.

A etapa de execução do projeto consistiu em tirar do papel a EAP, para realizar tal feito, foi necessário implementar um plano de comunicação adequado entre os componentes do projeto e as partes interessadas, realizar rodadas de validação junto ao time técnico, para então validar o investimento das aquisições e projetos imprescindíveis para a execução do projeto.

### **4.3.3 Etapa 3: Checar**

Além da manufatura e da engenharia industrial, outros setores acompanharam a execução do projeto e seu resultado, esse acompanhamento deu-se principalmente através de dashboards de gestão a vista e indicadores chaves de performance. Sendo assim, principalmente a quantidade de horas de interrupções operacionais devido a falta do insumo óxido de chumbo no setor de empastamento da unidade A. Dessa maneira, as ações contribuíram diretamente para a melhoria do controle dos insumos, permitindo maior estabilidade do processo produtivo e aumento da produtividade do setor, evidenciando a cultura da melhoria contínua.

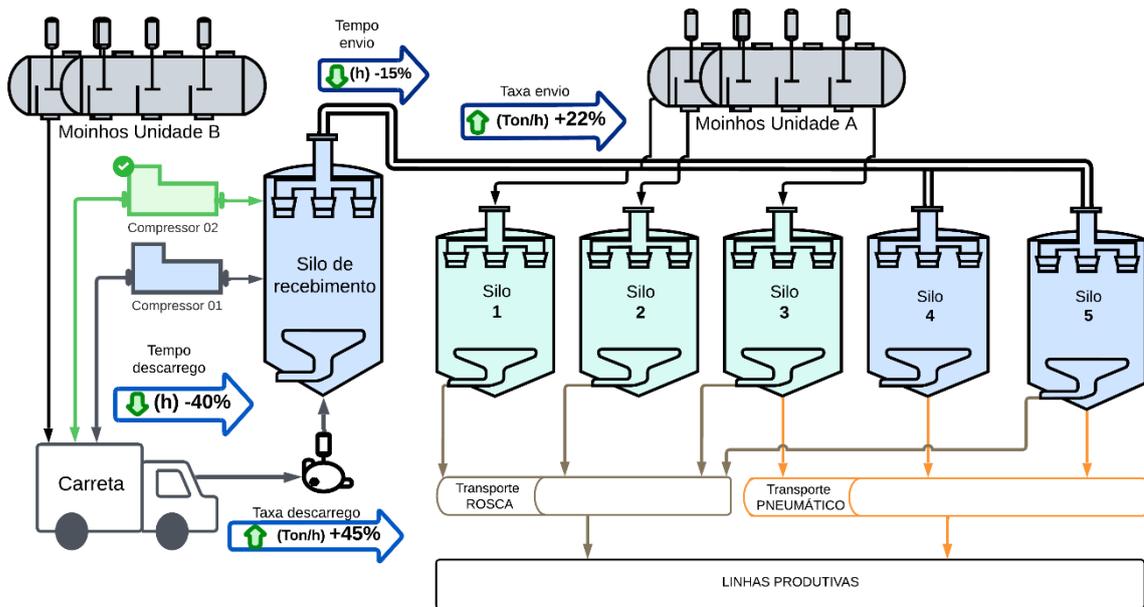
### **4.3.4 Etapa 4: Agir**

A padronização do sistema deu-se a partir da instalação dos equipamentos propostos, como o novo compressor, o projeto e execução da conexão do silo 5 com o sistema pneumático, além da padronização do ciclo da carreta e suas etapas. Adicionalmente, procedimentos foram revisados e padronizados, visando refletir as novas práticas implementadas, possibilitando a consolidação da adesão ao processo. Uma rotina de monitoramento contínua dos indicadores foi estabelecida, principalmente dos indicadores desenvolvidos através deste trabalho, cuja finalidade é acompanhar a eficácia das mudanças e identificar possíveis melhorias. Portanto, com estas ações, espera-se a consolidação da melhoria e a disseminação desta abordagem para os demais setores da organização.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a consolidação das etapas do ciclo PDCA, o fluxograma de processo foi atualizado, conforme ilustra a Figura 23.

Figura 23 – Fluxograma de processos - situação final

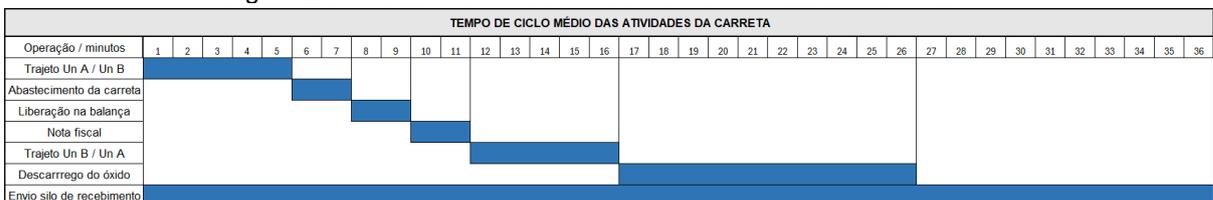


Fonte: O autor (2025).

Dessa forma, o sistema passou a operar com maior estabilidade, conseguindo abastecer adequadamente os pontos de consumo, possibilitando aumento na produtividade, redução das interrupções operacionais, as quais por sua vez reduzem o tempo ocioso, proporcionando um melhor aproveitamento dos recursos e capacidade produtiva.

A instalação do compressor adequado possibilitou a realização da tarefa de receber e enviar óxido simultaneamente, durante o descarrego da carreta, eliminando assim a perda por espera, proporcionando um fluxo de processos ininterrupto; conforme apontado na Figura 24:

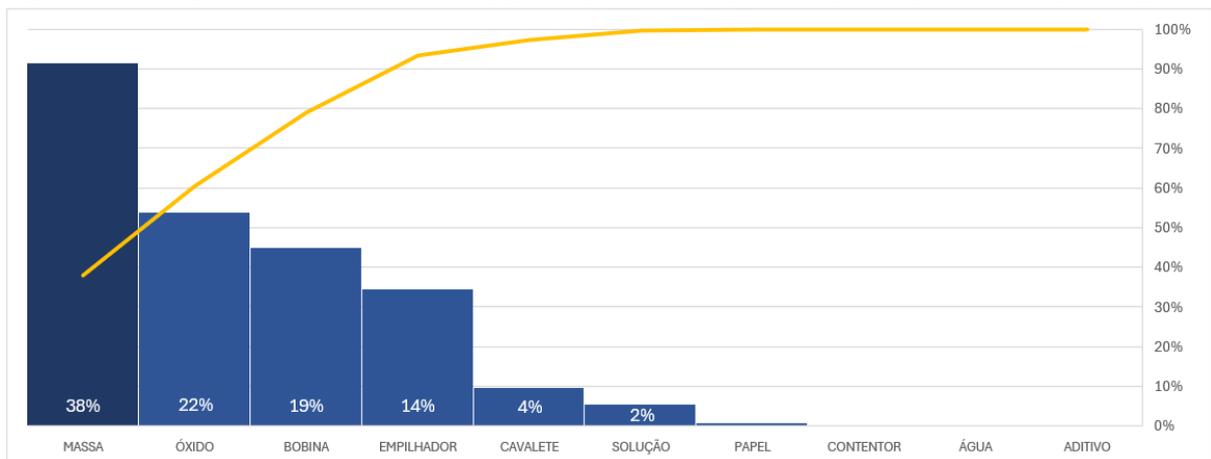
Figura 24 – Gráfico de Gantt – ciclo de abastecimento da carreta



Fonte: O autor (2025).

Por conseguinte, as interrupções operacionais devido a falta do insumo óxido de chumbo deixaram de liderar o Diagrama de Pareto, demonstrando o impacto do projeto. A redução percentual está na ordem de 30%, evidenciando que o gargalo identificado foi balanceado. Contudo, vale salientar que ainda existiram pontos de instabilidade e variações no abastecimento que, durante o período do estudo, reduziram o impacto das ações implementadas, possibilitando a permanência das interrupções por falta de óxido ainda na segunda posição do Diagrama de Pareto. O gráfico na Figura 25, ilustra o modelo.

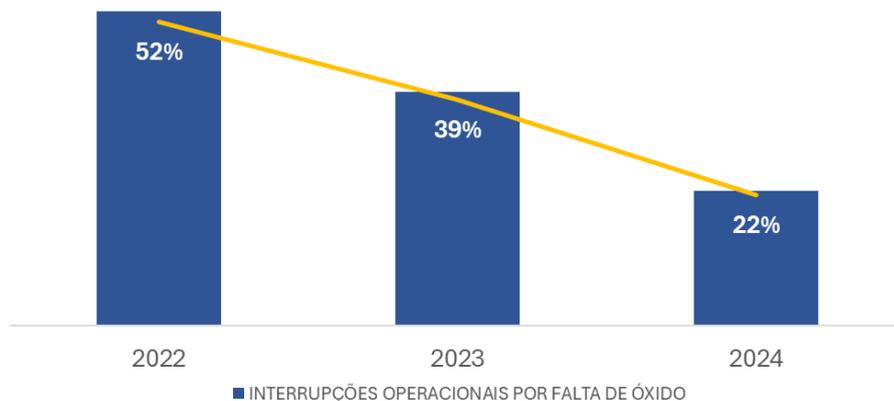
Figura 25 – Diagrama de Pareto - Interrupções operacionais (insumos) - Empastamento | Un A | 2024



Fonte: O autor (2025).

Considerando a evolução da redução percentual das interrupções por falta de óxido de chumbo Barton na unidade A ao longo do período de 3 anos, é possível identificar uma redução de 30% entre o valor do primeiro ano e do último ano do estudo, sendo eles 2022 e 2024 respectivamente, conforme aponta Figura 26.

Figura 26 – Redução da média anual de interrupções operacionais por falta de óxido



Fonte: O autor (2025).

## 6 CONCLUSÃO

Em suma, o presente trabalho evidencia os resultados alcançados com a implementação da metodologia das ferramentas da qualidade no setor de empastamento de uma indústria de baterias automotivas de chumbo-ácido. Sendo assim, partindo da problemática das interrupções operacionais decorrentes da falta do insumo óxido de chumbo, foram aplicadas ferramentas junto ao ciclo PDCA, tais como: Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, 5 porquês, além de fluxogramas. Desse modo, a aplicação destas ferramentas proporcionou maior robustez na etapa de planejamento do ciclo PDCA, imprescindível para o êxito em sua execução. Sendo assim, foi alcançada a redução aproximadamente 30% das interrupções por falta de óxido de chumbo, devido a causa raiz encontrada, que por sua vez tratava-se do compressor responsável pelo descarrego do óxido não dispor de capacidade suficiente para o volume necessário para a realização do descarrego e envio simultâneo.

A produtividade do setor de empastamento foi otimizada, impactando toda a cadeia produtiva das baterias. Ademais, a aplicação do ciclo PDCA, possibilitou a identificação, análise e estruturação da solução para as adversidades e anomalias enfrentadas, visando sempre a melhoria contínua e otimização de processos. Para além disso, a ferramenta fluxograma foi de suma importância para identificação e visualização das anomalias, principalmente no tocante às gerências e diretorias, tornando-se ferramenta essencial para o sucesso do projeto.

Enfim, a etapa de acompanhamento deu-se através de indicadores chave de performance, sendo principalmente a taxa de interrupções de operação por falta de óxido de chumbo por mês, sendo os dados obtidos através do MES. O êxito desse trabalho se deu, primordialmente, pela sua estruturação e trabalho em equipe, tanto do time de projeto quanto das partes interessadas, a comunicação assertiva e análise estruturada, tornou viável a mitigação das interrupções operacionais.

Portanto, é possível inferir que este trabalho contribuiu para o crescimento e desenvolvimento da empresa e seus colaboradores, fortalecimento de vínculos e disseminação da cultura empresarial de melhoria contínua, crucial para a empresa manter-se competitiva no mercado e manter seu nível de excelente lugar para trabalhar.

## 6.1 PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE

1. Projetar e instalar as conexões dos silos 1 e 2 ao sistema pneumático, promovendo maior disponibilidade de óxido ao sistema, uma vez que ele é o responsável pelo abastecimento da maioria dos pontos de consumo;
2. Identificar mapear e mitigar mais perdas no processo, além das perdas por espera que ainda restam;
3. Avaliar a possibilidade de realizar um estudo de rotas, visando otimizar o tempo de ciclo do abastecimento da carreta.
4. Avaliar a possibilidade de implementar mais sensores, como níveis intermediários nos silos internos, a fim de obter mais indicadores de desempenho para avaliar a performance do sistema de abastecimento interno.
5. Manter o ciclo de melhoria contínua do projeto, visando reduzir cada vez mais as interrupções operacionais por falta de óxido de chumbo.

## REFERÊNCIAS

AKINYELE, D. O., **Review of Energy Storage Technologies for Sustainable Power Networks, Journal of Sustainable Energy Technologies and Assessments**, Nova Zelandia, julho, 2014.

ANTUNES JÚNIOR, José Antônio Valle; KLIPPEL, Marcelo. **Montagem Sistêmica dos Indicadores de Desempenho nas Empresas Industriais: uma Abordagem a partir da Teoria das Restrições – TOC e do Sistema Toyota de Produção – STP**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – Enegep, 2003, Ouro Preto.

CARPINETTI, **Luiz Cesar Ribeiro. Gestão da qualidade**. EDa Atlas SA, 2012.

CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CHIAVENATO, Idalberto (1983). **Introdução à Teoria Geral da Administração**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.

CIRINO, S. R. A.; GONÇALVES, H. S.; QUEIROZ, F. C. B. P.; QUEIROZ, J. V.; HÉKIS, H. R. **Sistema de Produção Enxuta: analisando as práticas adotadas em uma indústria têxtil paraibana**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 8, nº 1, jan-mar/2013, p. 9-21.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2009.

COSTA T.B.S.; MENDES M.A. **Análise da causa raiz: utilização do diagrama de Ishikawa e método dos 5 porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura**. Anais do simpósio de engenharia de produção de Sergipe. ISSN 2447-0635, 2018.

D'ASCENÇÃO, Luiz Carlos M. **Organização, Sistemas e Métodos. Análise, redesenho e informatização de processos administrativos**. São Paulo: Atlas, 2001.

FABRIS, C. B. **Aplicação das ferramentas da qualidade em um processo produtivo em uma indústria de ração**. Monografia (Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná. 2014.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-intime**. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, EDUCS, 1996.

GHINATO, P. Publicado como 2º. cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. Da UFPE, Recife, 2000.

GIOCONDO, Francisco I. César. **Ferramentas Básicas da Qualidade**. Instrumentos para gerenciamento de processo e melhoria contínua. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011.

HUSAR, Michael A. **Transforming today's factory into a lean enterprise**. ASQ's 54th Annual Quality Congress Proceedings. Toronto, [s.n.], 2000. 1 CD-ROM. p. 102-104.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LINS, B. F. E. **Ferramentas básicas da qualidade**. Ci. Inf., Brasília, p. 153-161, maio/ago.1993.

MORAES, Emerson Augusto Priamo. **Guia Pmbok para gerenciamento de projetos**. In: Anais do Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. sn, 2012.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, L. D.; CISLAGHI, T. P.; **Aplicação de ferramentas da qualidade: um estudo de caso em uma agropecuária da serra gaúcha**. Produto & Produção, v. 21, n.1, p. 43-64. 2020.

PACHECO, Ana Paula Reusing et al. **O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: uma abordagem sistêmica**. PPGEGC–Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento – apostila, v. 2, 2012.

PALADINI E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2012.

PAVLOV, D. **Lead-acid batteries: science and technology: a handbook of lead-acid battery technology and its influence on the product** / Detchko Pavlov. 2. ed. Sófia: John Fedor, 2017.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. 3. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Bookman: Porto Alegre, 1996.

SILVA, A. L. et al. **Implantação do Diagrama de Ishikawa no sistema de gestão da qualidade de uma empresa de fabricação termoplástica, para resolução e devolutiva de relatórios de não conformidade enviados pelo cliente**. Rev. Gestão em Foco, p. 387-397, 2018.

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

VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em Serviços de Informação**, 2002.

YEN-TSANG, C; CSILLAG, J.M; CATTINI, O. - **Melhoria contínua? Conceitos, Vertentes e Tendências**. ENANPAD, Rio de Janeiro 2010, – p. 04 Disponível em: <[www.anpad.org.br/admin/pdf/gol1817.pdf](http://www.anpad.org.br/admin/pdf/gol1817.pdf)> Acessado em: 4 de dezembro de 2024.