

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FELIPE AUGUSTO CAETANO

Redução de Defeitos de Amassamento em Embalagens Metálicas na Cadeia de Distribuição:
Aplicação da Metodologia Lean Six Sigma

ITUIUTABA, MG

2026

FELIPE AUGUSTO CAETANO

Redução de Defeitos de Amassamento em Embalagens Metálicas na Cadeia de Distribuição:
Aplicação da Metodologia Lean Six Sigma

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
para obtenção do grau de engenheiro no Curso
de Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Uberlândia – UFU.

Área de concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano
Castillo.

ITUIUTABA, MG

2026

FELIPE AUGUSTO CAETANO

Redução de Defeitos de Amassamento em Embalagens Metálicas na Cadeia de Distribuição:
Aplicação da Metodologia Lean Six Sigma

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social
da Universidade Federal de Uberlândia,
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia de
Produção.

Ituiutaba, 31 de Julho de 2026.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Lucio Abimael Medrano Castillo, FACES/UFU

Prof. Dr. Alessandro Gomes Enoque, FACES/UFU

Prof. Dr. Jefferson Gomes do Nascimento, UFABC

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Weliton e Carminha, pelo amor incondicional, pelo apoio em cada etapa da minha formação e por sempre acreditarem no meu potencial, mesmo nos momentos mais difíceis desta caminhada. Ao meu irmão, Weliton Junior, pelo companheirismo e pelo incentivo constante. A toda a minha família, pelo carinho, pela paciência e pela compreensão nos momentos de ausência dedicados aos estudos. Aos amigos que fiz ao longo do curso, pelo companheirismo, pelas trocas de conhecimento, pelo apoio nos momentos de dificuldade e por tornarem esta trajetória mais leve. Ao meu orientador pelo suporte durante a realização do trabalho. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo reduzir os defeitos de amassamento em embalagens metálicas na cadeia de distribuição de uma indústria de leite em pó, por meio da aplicação da metodologia Lean Six Sigma. O amassamento de latas foi identificado, no Indicador de Perdas e Anomalias de 2024 da unidade estudada, como o principal motivo das reclamações de clientes, representando um custo médio de R\$ 6.936,00 por mês, com maior concentração no Centro de Distribuição de Feira de Santana e em um produto de leite em pó zero lactose. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, quali-quantitativa, descritiva, desenvolvida por meio de um estudo de caso único, estruturado nas cinco fases do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). Os dados foram coletados por meio de análise documental, observação direta e reuniões com as equipes envolvidas, e analisados com o apoio do diagrama de Pareto, do diagrama de causa e efeito (6M's) e da técnica dos 5 Porquês, ferramentas típicas de projetos Lean Six Sigma de nível White Belt. A análise revelou como causas raiz a falta de envolvimento entre a fábrica e os *brokers* (clientes), o armazenamento inadequado de paletes no armazém externo e a oportunidade de melhoria na correlação entre defeitos de linha e reclamações. A partir desse diagnóstico, foi elaborado e implementado um plano de ação estruturado segundo a ferramenta 5W2H, complementado pela revisão e criação de padrões operacionais na fase de Controle. Como resultado, obteve-se uma economia de R\$ 72.429,70 no ano de 2025, correspondente a uma redução de 87% sobre as perdas registradas em 2024, superando a meta inicial de 25% estabelecida para o projeto. Conclui-se que a aplicação estruturada de ferramentas básicas da qualidade, associada ao envolvimento das equipes operacionais, é capaz de gerar resultados expressivos na redução de defeitos de qualidade ao longo da cadeia de distribuição de produtos alimentícios.

Palavras-chave: Lean Six Sigma; DMAIC; cadeia de distribuição; embalagens metálicas; qualidade.

ABSTRACT

This work aims to reduce dent defects in metal packaging along the distribution chain of a powdered milk industry through the application of the Lean Six Sigma methodology. Can denting was identified, in the 2024 Loss and Anomaly Indicator of the studied plant, as the main cause of customer complaints, representing an average monthly cost of R\$ 6,936.00, with the highest concentration at the Feira de Santana Distribution Center and in a zero-lactose powdered milk product. The research is characterized as applied, quali-quantitative, descriptive, developed through a single case study structured around the five phases of the DMAIC cycle (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*). Data were collected through document analysis, direct observation and meetings with the teams involved, and were analyzed with the support of the Pareto chart, the cause-and-effect diagram (6M's) and the 5 Whys technique, tools typical of White Belt-level Lean Six Sigma projects. The analysis revealed, as root causes, the lack of engagement between the plant and the *brokers*, inadequate pallet storage at the external warehouse, and an opportunity to improve the correlation between line defects and complaints. Based on this diagnosis, an action plan structured according to the 5W2H tool was developed and implemented, complemented by the review and creation of operational standards during the Control phase. As a result, savings of R\$ 72,429.70 were achieved in 2025, corresponding to an 87% reduction in the losses recorded in 2024, exceeding the project's initial target of a 25% reduction. It is concluded that the structured application of basic quality tools, combined with the engagement of operational teams, is capable of generating significant results in reducing quality defects along the food product distribution chain.

Keywords: Lean Six Sigma; DMAIC; distribution chain; metal packaging; quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Reclamações por Centro de Distribuição (2024)	28
Figura 2 -	Reclamações por produto no CD Feira de Santana (2024)	29
Figura 3 -	Reclamações por linha de produção (2024)	29
Figura 4 -	Volume expedido e reclamações por Centro de Distribuição (2024)	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Análise de causas por meio dos 6M's	31
Quadro 2 -	Aplicação da técnica dos 5 Porquês às causas raiz identificadas	32
Quadro 3 -	Plano de ação 5W2H por causa raiz	33
Quadro 4 -	Síntese do problema e das fases do ciclo DMAIC aplicadas no projeto	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Rendimento do processo, DPMO e nível sigma	20
------------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H	O quê, Por quê, Onde, Quando, Quem, Como, Quanto
ABEAÇO	Associação Brasileira de Embalagem de Aço
ABIA	Associação Brasileira da Indústria de Alimentos
ABRALEITE	Associação Brasileira dos Produtores de Leite
ANOVA	Análise de Variância
CD	Centro de Distribuição
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DOE	Design of Experiments (Planejamento de Experimentos)
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
GTA	Grupo de Trabalho Autônomo
GTM	Grupo de Trabalho Manutenção
IPA	Identificar Priorizar Atribuir
JIT	Just in Time
LPP	Lição Ponto a Ponto
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PIB	Produto Interno Bruto
STP	Sistema Toyota de Produção
UFG	Universidade Federal de Goiás

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização e justificativa	12
1.2 Objetivos de pesquisa	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 Procedimento metodológico	14
1.4 Relevância da pesquisa	14
1.5 Delimitação do trabalho	14
1.6 Estrutura do trabalho	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Lean Manufacturing	16
2.1.1 Antecedentes históricos	16
2.1.2 Os 5 princípios do Lean Manufacturing	17
2.1.3 Os 8 desperdícios (muda)	17
2.2 Lean Six Sigma e o ciclo DMAIC	19
2.2.1 Integração entre Lean e Six Sigma	19
2.2.2 O ciclo DMAIC	19
2.2.3 Níveis de certificação e ferramentas da qualidade	21
2.3 A indústria de leite em pó no Brasil	22
2.3.1 Antecedentes históricos	22
2.3.2 Contexto atual do mercado	22
2.3.3 Principais atores do mercado	23
2.3.4 Processo genérico de produção de leite em pó	23
2.3.5 Embalagens metálicas na indústria de alimentos	24
2.3.6 Cadeia de distribuição e defeitos de qualidade	24
3 MÉTODOS DE PESQUISA	25
3.1 Caracterização da pesquisa	25
3.2 Técnicas de coleta de dados	25
3.3 Técnicas de análise de dados	26
3.4 Procedimentos metodológicos – etapas	26

4 RESULTADOS	27
4.1 Estudo de caso	27
4.2 Mapeamento da realidade empresarial	27
4.2.1 Definição do problema e da meta (fase Define)	27
4.2.2 Coleta e estratificação dos dados (fase Measure)	28
4.2.3 Análise das causas (fase Analyze)	30
4.2.4 Ações de melhoria (fase Improve)	33
4.2.5 Padronização e resultados (fase Control)	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
5.1 Conclusões do trabalho	37
5.2 Limitações do estudo	38
5.3 Trabalhos futuros	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e justificativa

A indústria de alimentos e bebidas ocupa papel central na economia brasileira: em 2025, o setor registrou faturamento de R\$ 1,388 trilhão, equivalente a 10,9% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, gerou 2,12 milhões de empregos diretos e exportou US\$ 66,73 bilhões para mais de 190 países (ABIA, 2026). Nesse setor, a qualidade do produto entregue ao consumidor final depende não apenas do processo produtivo em si, mas também da integridade da cadeia de distribuição, que envolve etapas de armazenagem, transporte e manuseio até os pontos de venda (Ballou, 2006). Segundo a classificação clássica dos custos da qualidade proposta por Juran e Gryna (1991), falhas identificadas somente após a entrega do produto ao cliente caracterizam os chamados custos de falhas externas, que se manifestam por meio de reclamações, devoluções, substituições e prejuízos à imagem da empresa perante o mercado.

A empresa estudada é uma indústria de leite em pó de grande porte, que mantém uma unidade fabril no município de Ituiutaba, Minas Gerais, responsável pela produção de leite em pó integral, desnatado e de linhas especiais, comercializados em embalagens metálicas. Por questões de sigilo empresarial, o nome da empresa e as marcas comerciais dos produtos não são divulgados neste trabalho, sendo a organização referenciada, ao longo do texto, como "a indústria de leite em pó estudada". Após a produção, esses produtos são expedidos para diversos Centros de Distribuição (CDs) espalhados pelo território nacional, de onde seguem, por meio de operadores logísticos e *brokers*, até o varejo. Ao longo desse trajeto, as latas ficam sujeitas a esforços mecânicos decorrentes do empilhamento, da movimentação e do transporte, o que as expõe ao risco de amassamento.

No IPA (Identificar Priorizar Atribuir) de 2024 da unidade de Ituiutaba, identificou-se um impacto relevante sobre o indicador de Custos da Não Qualidade. Ao estratificar as reclamações registradas por *brokers* e Centros de Distribuição ao longo do ano, constatou-se que o amassamento de latas era o principal motivo das reclamações, com destaque para o CD de Feira de Santana, responsável por cerca de 85% das ocorrências, e para um produto de leite em pó zero lactose, na apresentação de 380g, responsável por aproximadamente 40% das reclamações registradas nesse centro. Esse cenário representava, em média, um custo mensal de R\$ 6.936,00, revelando a necessidade de uma intervenção estruturada para identificar as causas do problema e reduzir seus impactos financeiros e operacionais.

Diante desse tipo de problemática, o Lean Manufacturing se apresenta como uma filosofia de gestão orientada à eliminação de desperdícios e à busca contínua pela melhoria dos processos produtivos e logísticos (Ohno, 1997; Womack; Jones, 2004). Dentro desse referencial, o Kaizen se destaca como uma abordagem estruturada para promover mudanças incrementais e contínuas, envolvendo as equipes operacionais na identificação e na solução de problemas do dia a dia (Imai, 1994).

Associada a essas práticas, a metodologia Lean Six Sigma integra os princípios de eliminação de desperdícios do Lean Manufacturing ao rigor analítico do Six Sigma, estruturando-se por meio do ciclo DMAIC — Define, Measure, Analyze, Improve e Control (George, 2002; Werkema, 2012). Em projetos de menor complexidade, classificados no nível White Belt, essa estrutura costuma ser conduzida com o apoio de ferramentas básicas da qualidade, como o diagrama de Pareto, o diagrama de causa e efeito (6M's), a técnica dos 5 Porquês e o plano de ação 5W2H, dispensando o uso de técnicas estatísticas mais avançadas, próprias de projetos Green Belt e Black Belt. É nesse contexto que se insere o presente trabalho, desenvolvido a partir de um projeto de melhoria conduzido na unidade fabril da indústria de leite em pó estudada, em Ituiutaba, MG, com o objetivo de reduzir os defeitos de amassamento em embalagens metálicas ao longo da cadeia de distribuição.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

Reduzir os defeitos de amassamento em embalagens metálicas na cadeia de distribuição de uma indústria de alimentos, por meio da aplicação da metodologia Lean Six Sigma.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, definem-se os seguintes objetivos específicos: diagnosticar as principais causas do amassamento de latas ao longo do processo de expedição, armazenagem e distribuição; mapear o fluxo logístico do produto entre a fábrica, os Centros de Distribuição e os *brokers*; analisar os dados de reclamações por Centro de Distribuição, linha de produção e produto, de modo a identificar os pontos mais críticos; propor e implementar ações de melhoria e padronização voltadas à redução do defeito; e avaliar os resultados operacionais e financeiros obtidos com a aplicação da metodologia.

1.3 Procedimento metodológico

Quanto à natureza, esta pesquisa classifica-se como aplicada, pois busca gerar conhecimento voltado à solução de um problema real identificado na unidade fabril estudada. Quanto à abordagem, caracteriza-se como quali-quantitativa, uma vez que combina a análise de dados numéricos de reclamações e custos com a interpretação qualitativa das causas do problema. Quanto aos objetivos, classifica-se como descritiva e, quanto aos procedimentos técnicos, caracteriza-se como um estudo de caso, desenvolvido na unidade fabril da indústria de leite em pó estudada, em Ituiutaba, MG, por meio da aplicação da metodologia Lean Six Sigma estruturada nas fases do ciclo DMAIC. O detalhamento das etapas, das técnicas de coleta e das técnicas de análise de dados utilizadas é apresentado na Sessão 3 (Métodos de pesquisa).

1.4 Relevância da pesquisa

A relevância deste estudo se manifesta em duas frentes complementares. Do ponto de vista empresarial, a pesquisa contribui para a redução dos custos da não qualidade associados ao amassamento de latas, para a melhoria da satisfação de clientes e consumidores e para a padronização dos processos de armazenagem e distribuição do produto. Do ponto de vista acadêmico, o trabalho contribui para a literatura sobre gestão da qualidade ao apresentar, de forma detalhada, a aplicação prática da metodologia Lean Six Sigma em um caso real da indústria de alimentos, evidenciando como ferramentas de nível White Belt podem ser empregadas para solucionar problemas de qualidade na cadeia de distribuição.

1.5 Delimitação do trabalho

Este trabalho delimita-se à análise do defeito de amassamento em embalagens metálicas, não contemplando outros modos de defeito eventualmente presentes no processo produtivo ou logístico. A investigação concentra-se no Centro de Distribuição de Feira de Santana e no produto de maior criticidade identificado, um produto de leite em pó zero lactose na apresentação de 380g, podendo os resultados obtidos servir de referência para a análise de outros centros e produtos com características logísticas semelhantes. Quanto ao referencial metodológico, a aplicação da metodologia Lean Six Sigma limita-se ao uso de ferramentas de nível White Belt — como Pareto, diagrama de causa e efeito, 5 Porquês e plano de ação 5W2H —, não sendo empregadas técnicas estatísticas avançadas, como testes de hipótese ou planejamento de experimentos, características de projetos Green Belt e Black Belt.

1.6 Estrutura do trabalho

Além desta introdução, o trabalho está estruturado em mais quatro sessões. A Sessão 2 apresenta a fundamentação teórica, abordando os conceitos de Lean Manufacturing, Lean Six Sigma e a caracterização da indústria de alimentos e de embalagens metálicas. A Sessão 3 descreve os métodos de pesquisa utilizados, detalhando a caracterização do estudo, as técnicas de coleta e análise de dados e as etapas do procedimento metodológico. A Sessão 4 apresenta os resultados obtidos, incluindo a caracterização da empresa, o mapeamento da realidade encontrada e a proposta de melhoria conduzida por meio da aplicação das fases do ciclo DMAIC. Por fim, a Sessão 5 traz as considerações finais do trabalho, contemplando as conclusões, as limitações do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Lean Manufacturing

2.1.1 Antecedentes históricos

O Lean Manufacturing, também conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP), consiste em uma filosofia de gestão da produção desenvolvida pela Toyota Motor Corporation, no Japão, no período posterior à Segunda Guerra Mundial. Diante da escassez de recursos financeiros, matérias-primas e mão de obra que caracterizava a economia japonesa da época, Taiichi Ohno, então engenheiro da Toyota, estruturou um sistema de produção orientado à eliminação de desperdícios e à maximização do valor entregue ao cliente, em contraposição ao modelo de produção em massa então predominante na indústria automobilística ocidental (Ohno, 1997).

O sistema desenvolvido por Ohno apoiou-se em dois pilares fundamentais: o Just in Time (JIT), que busca produzir apenas o necessário, na quantidade necessária e no momento necessário, reduzindo estoques e antecipando problemas de qualidade; e o Jidoka, ou autonomia, que consiste em conferir às máquinas e aos operadores a capacidade de interromper o processo produtivo automaticamente diante da identificação de uma anormalidade, evitando a propagação de defeitos ao longo da linha de produção (Ohno, 1997; Liker, 2005).

A difusão internacional dos princípios do Sistema Toyota de Produção ocorreu, sobretudo, a partir da publicação do estudo *A Máquina que Mudou o Mundo*, conduzido por pesquisadores do International Motor Vehicle Program do Massachusetts Institute of Technology (MIT). O estudo comparou o desempenho de montadoras ocidentais e japonesas e cunhou o termo *lean production* para descrever o sistema japonês, caracterizado pelo uso mais eficiente de recursos como mão de obra, espaço fabril, investimentos e tempo de desenvolvimento de produtos (Womack; Jones; Roos, 1992). A partir dessa publicação, os princípios do Lean Manufacturing passaram a ser sistematizados sob essa nova denominação e adotados por organizações de diferentes setores produtivos e de serviços ao redor do mundo, incluindo a indústria de alimentos e bebidas (Womack; Jones, 2004).

Estudos recentes têm demonstrado que os princípios do Lean Manufacturing continuam sendo expandidos para novos contextos produtivos, incluindo setores tradicionalmente distantes da manufatura industrial, como a agricultura, o que reforça a relevância contínua da filosofia enxuta mais de sete décadas após sua origem (Carrijo; Batalha, 2024).

Estudos recentes de história conceitual têm revisitado a obra fundadora de Ohno (1988), destacando como o autor sistematizou o conceito de desperdício em contraposição a noções de lucro e eficiência, o que contribui para uma compreensão mais aprofundada da gênese teórica do Sistema Toyota de Produção (Fernandes, 2025).

2.1.2 Os 5 princípios do Lean Manufacturing

Womack e Jones (2004) sistematizaram a filosofia Lean em cinco princípios fundamentais, que orientam sua implementação em qualquer organização: (i) valor, definido a partir da perspectiva do cliente final, e não a partir da conveniência interna da empresa; (ii) fluxo de valor, que corresponde ao mapeamento de todas as etapas necessárias para levar um produto do início ao fim do processo, distinguindo atividades que agregam valor daquelas que representam desperdício; (iii) fluxo contínuo, que busca eliminar interrupções, esperas e retrabalhos ao longo do processo, fazendo com que o produto avance de forma contínua entre as etapas; (iv) produção puxada, segundo a qual a produção deve ser conduzida a partir da demanda real do cliente, e não a partir de previsões, evitando a superprodução; e (v) perfeição, entendida como a busca contínua pela eliminação de desperdícios e pelo aprimoramento constante dos processos, em um ciclo permanente de melhoria.

Esses cinco princípios não são etapas estanques, mas um ciclo interdependente: ao se buscar a perfeição, revisitam-se continuamente a definição de valor, o mapeamento do fluxo, a criação de fluxo contínuo e a produção puxada, em um processo iterativo de aprimoramento (Womack; Jones, 2004). Essa lógica de melhoria contínua é o que permite à filosofia Lean ser aplicada não apenas em processos produtivos, mas também em processos administrativos, logísticos e de distribuição, nos quais o mapeamento do fluxo de valor pode revelar desperdícios como avarias e retrabalhos decorrentes de falhas no manuseio e no transporte de produtos.

Estudos recentes reforçam a relevância contínua da aplicação das ferramentas Lean na melhoria da eficiência produtiva em diferentes setores industriais, incluindo o setor alimentício (Da Silva, 2024).

2.1.3 Os 8 desperdícios (muda)

Central à filosofia Lean está o conceito de muda, termo japonês que designa qualquer atividade que consome recursos — sejam eles tempo, mão de obra, espaço ou capital — sem agregar valor ao produto ou ao cliente final (Ohno, 1997). Ohno (1997) classificou os desperdícios da produção em sete categorias clássicas, posteriormente complementadas por uma oitava categoria relacionada ao capital humano (Liker, 2005). O autor destaca que, entre

as categorias originais, a superprodução é considerada a mais prejudicial, por tender a mascarar os demais desperdícios: produzir além do que é efetivamente demandado gera estoques desnecessários, ocupa capacidade produtiva e posterga a percepção de problemas de qualidade ao longo do processo.

A superprodução pode se manifestar de duas formas: a quantitativa, que corresponde à produção de uma quantidade de itens superior à necessária, gerando excesso de estoque; e a antecipada, que ocorre quando a produção é realizada antes do momento em que o item é efetivamente demandado. Em ambos os casos, recursos financeiros e produtivos permanecem imobilizados em produtos que ainda não geram retorno para a empresa.

Os defeitos correspondem a produtos, atividades ou serviços que não atendem às especificações mínimas exigidas pelo cliente, exigindo retrabalho, descarte ou reposição. Sua eliminação está associada ao princípio de fazer certo da primeira vez, que busca evitar que problemas de qualidade sejam identificados apenas em etapas posteriores do processo produtivo ou, em situações mais graves, somente após a entrega do produto ao cliente.

O superprocessamento refere-se à execução de etapas, controles ou especificações além do que é necessário para atender às exigências do cliente. Esse desperdício costuma decorrer de processos mal padronizados, de falhas na definição do que efetivamente agrega valor sob a ótica do consumidor, ou da manutenção de práticas obsoletas que não são periodicamente revisadas.

O excesso de estoque de matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados normalmente decorre de um desbalanceamento entre o ritmo de produção e o ritmo de demanda dos clientes. Além do custo financeiro de manter capital imobilizado, o excesso de estoque tende a ocultar outros problemas do processo produtivo — como paradas de máquina, defeitos e ineficiências de fluxo —, que só se tornam visíveis quando os níveis de estoque são reduzidos.

A movimentação desnecessária está associada ao deslocamento excessivo de pessoas durante a execução de suas atividades, geralmente decorrente de um *layout* mal projetado ou de uma distribuição inadequada dos postos de trabalho. Esse desperdício, além de reduzir a produtividade, pode gerar impactos ergonômicos negativos para os colaboradores envolvidos.

O transporte refere-se à movimentação de materiais, produtos ou informações que não agrega valor ao processo. Ainda que, em muitos casos, o transporte seja uma atividade necessária diante das restrições físicas do processo produtivo e da distância entre instalações, ele deve ser minimizado sempre que possível, uma vez que aumenta o risco de danos aos materiais transportados e não corresponde a uma atividade pela qual o cliente esteja disposto a pagar.

O desperdício de espera ocorre quando pessoas, materiais ou equipamentos permanecem ociosos, aguardando a etapa seguinte do processo. Esse tipo de desperdício pode ser causado por desequilíbrios de capacidade entre etapas, por falhas de comunicação ou por paradas não planejadas de equipamentos, e tende a gerar consequências que vão desde a ociosidade da mão de obra até atrasos na entrega ao cliente final (Graban, 2013).

Incorporado mais recentemente à classificação original de Ohno, o desperdício de subutilização do potencial humano refere-se ao não aproveitamento do conhecimento, das habilidades e das ideias de melhoria dos colaboradores. Esse tipo de desperdício tende a gerar impactos que vão além da esfera operacional, afetando o engajamento das equipes e, indiretamente, a qualidade do relacionamento da empresa com seus clientes (Liker, 2005).

No contexto de uma cadeia de distribuição, os defeitos decorrentes de avarias no manuseio e no transporte de produtos — como o amassamento de embalagens metálicas — representam uma manifestação direta do desperdício por defeitos, na medida em que geram retrabalho, devoluções e custos adicionais sem qualquer agregação de valor ao cliente. Adicionalmente, esse tipo de defeito pode estar relacionado a desperdícios de transporte e de movimentação, quando decorrente de um número excessivo de manuseios ou de deslocamentos ao longo da cadeia logística.

2.2 Lean Six Sigma e o ciclo DMAIC

2.2.1 Integração entre Lean e Six Sigma

O Six Sigma consiste em uma metodologia de gestão da qualidade desenvolvida pela Motorola, na década de 1980, com o objetivo de reduzir a variabilidade dos processos produtivos e minimizar a ocorrência de defeitos, por meio da aplicação de métodos estatísticos e de um processo de tomada de decisão orientado por dados (Werkema, 2012). Enquanto o Lean Manufacturing concentra-se na eliminação de desperdícios e na fluidez dos processos, o Six Sigma volta-se, prioritariamente, para a redução da variabilidade e para o controle estatístico da qualidade. A partir do final da década de 1990, essas duas abordagens passaram a ser combinadas sob a denominação de Lean Six Sigma, integrando a velocidade e a simplicidade do Lean ao rigor analítico do Six Sigma (George, 2002).

2.2.2 O ciclo DMAIC

Na década de 1980, em busca de fortalecer sua posição diante da concorrência internacional, a Motorola lançou o programa Seis Sigma e obteve resultados expressivos em

suas vendas, o que contribuiu de forma decisiva para a consolidação da metodologia. Posteriormente, outras organizações de grande porte, como a General Electric e a Sony, passaram a adotar a metodologia, obtendo também ganhos efetivos de produtividade (Bergman; Klefsjö, 2010).

A letra grega sigma (σ) foi escolhida para representar, estatisticamente, a variabilidade de um processo, ou seja, sua capacidade de gerar produtos sem defeitos. Um produto é considerado defeituoso quando não atende às especificações necessárias para sua comercialização, como peso, altura ou diâmetro, por exemplo. Quando uma organização atinge o nível Seis Sigma de desempenho, isso significa que seu processo é capaz de produzir apenas 3,4 unidades defeituosas a cada 1 milhão de unidades fabricadas (Pyzdek, 2003). A Tabela 1 relaciona o rendimento do processo, o número de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) e o nível sigma correspondente.

Tabela 1 – Rendimento do processo, DPMO e nível sigma

Rendimento (%)	DPMO	Nível Sigma
30,9	690.000	1
69,2	308.000	2
93,3	66.800	3
99,4	6.210	4
99,98	320	5
99,9997	3,4	6

Fonte: Pande, Neuman e Cavanagh (2001).

Os projetos de Lean Six Sigma são conduzidos por meio do ciclo DMAIC, sigla que representa as cinco fases estruturadas do método: Define (Definir), na qual o problema, o escopo e os objetivos do projeto são estabelecidos; Measure (Medir), etapa em que se coletam dados que permitem quantificar e caracterizar o problema; Analyze (Analisar), na qual são investigadas as causas raiz por meio de ferramentas estatísticas e da qualidade; Improve (Melhorar), em que são propostas, testadas e implementadas as soluções voltadas à eliminação das causas identificadas; e Control (Controlar), fase destinada a garantir a sustentação dos resultados alcançados por meio da padronização dos processos e do monitoramento contínuo dos indicadores (Werkema, 2012; George, 2002).

Cada uma das fases do DMAIC conta com entregas específicas que orientam a passagem para a etapa seguinte. Na fase Define, é elaborado o termo de abertura do projeto, no qual se registram o problema, a meta, o escopo e a equipe envolvida. Na fase Measure, define-se o

plano de coleta de dados e estabelece-se a linha de base do indicador que se pretende melhorar. Na fase Analyze, testam-se as hipóteses de causas levantadas, confirmando ou descartando cada uma delas com base em evidências. Na fase Improve, priorizam-se e implementam-se as soluções de maior impacto e viabilidade. Por fim, na fase Control, documentam-se os novos padrões operacionais e definem-se os indicadores que serão monitorados para garantir a sustentabilidade dos ganhos obtidos (Werkema, 2012).

2.2.3 Níveis de certificação e ferramentas da qualidade

A condução de projetos de Lean Six Sigma costuma ser organizada por meio de um sistema de certificação estruturado em faixas (belts), inspirado nas graduações das artes marciais, que indica o nível de conhecimento metodológico e estatístico exigido de cada participante. Projetos classificados nos níveis White Belt e Yellow Belt, voltados a problemas de menor complexidade e escopo mais restrito, costumam empregar ferramentas básicas da qualidade, como o diagrama de Pareto, o diagrama de causa e efeito (Ishikawa), a técnica dos 5 Porquês e o plano de ação 5W2H. Já os projetos classificados como Green Belt e Black Belt, de maior complexidade e abrangência, incorporam técnicas estatísticas mais avançadas, como testes de hipótese, análise de variância (ANOVA), planejamento de experimentos (DOE) e cartas de controle estatístico de processo (Rotondaro, 2002; Werkema, 2012).

O diagrama de Pareto baseia-se no princípio de que, na maioria dos fenômenos, uma pequena parcela das causas é responsável pela maior parte dos efeitos observados, permitindo priorizar os esforços de melhoria sobre os itens de maior impacto. O diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou 6M's, organiza as possíveis causas de um problema em seis categorias — máquina, mão de obra, material, método, medida e meio ambiente —, favorecendo uma investigação sistemática e estruturada. A técnica dos 5 Porquês consiste em questionar repetidamente o motivo de um problema, aprofundando a análise até que se alcance sua causa raiz. Por fim, o plano de ação 5W2H estrutura a implementação das soluções propostas a partir de sete perguntas orientadoras — o quê, por quê, onde, quando, quem, como e quanto custa —, garantindo clareza na atribuição de responsabilidades e prazos (Rotondaro, 2002).

A aplicação da metodologia Six Sigma tem sido investigada especificamente no contexto da indústria de alimentos, com estudos recentes demonstrando sua eficácia na melhoria contínua da qualidade de processos produtivos desse setor (Silva et al., 2020).

2.3 A indústria de leite em pó no Brasil

2.3.1 Antecedentes históricos

As primeiras tentativas de desidratação do leite datam do século XIX, período em que pesquisadores europeus desenvolveram processos rudimentares de secagem, com o objetivo de prolongar a conservação do alimento em uma época anterior à disseminação da refrigeração doméstica. Ao longo do século XX, essas técnicas foram progressivamente aprimoradas: em 1901, foi patenteado um dos primeiros métodos de secagem por atomização (*spray drying*) aplicado ao leite, e as primeiras aplicações industriais dessa tecnologia surgiram na década de 1920 (Neves *et al.*, 2014). Desde então, a secagem por atomização se consolidou como o método industrial predominante para a produção de leite em pó em escala comercial, por oferecer maior eficiência produtiva e melhor solubilidade do produto final.

No Brasil, a industrialização do leite ganhou impulso ao longo do século XX, impulsionada pela expansão da pecuária leiteira nas regiões Sudeste e Sul do país e pela instalação de unidades fabris de empresas nacionais e multinacionais. Esse processo consolidou o leite em pó como um dos principais derivados lácteos processados e comercializados no mercado interno, sobretudo pela sua praticidade de armazenamento e transporte em regiões distantes dos grandes centros produtores.

2.3.2 Contexto atual do mercado

O Brasil figura entre os principais produtores mundiais de leite, ocupando a terceira posição no ranking global, com produção anual superior a 34 bilhões de litros, distribuída por praticamente a totalidade dos municípios brasileiros e responsável pela geração de emprego para cerca de 4 milhões de pessoas ao longo da cadeia produtiva (Brasil, 2026). O estado de Minas Gerais destaca-se como o maior produtor nacional, respondendo por aproximadamente 27% da produção de leite do país, seguido pelos estados do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Brasil, 2026).

Em 2025, a captação formal de leite no Brasil manteve trajetória de crescimento, impulsionada por ganhos de produtividade nas propriedades rurais, ainda que acompanhada por uma redução no número de produtores vinculados às grandes empresas do setor, o que evidencia um movimento de consolidação e de aumento de escala na atividade leiteira (Milkpoint, 2026). Diante desse volume de produção, a indústria de laticínios brasileira processa o leite captado em uma ampla variedade de derivados, entre os quais se destaca o leite em pó, produto obtido

por meio da desidratação do leite fluido, valorizado por sua maior vida de prateleira, menor custo de transporte e maior facilidade de armazenagem em comparação ao leite líquido.

2.3.3 Principais atores do mercado

O mercado brasileiro de laticínios apresenta um grau elevado de concentração entre um número reduzido de grandes empresas e cooperativas. De acordo com o Ranking ABRALEITE de 2025, as 17 maiores empresas e cooperativas do setor foram responsáveis pela captação de aproximadamente 11 bilhões de litros de leite, o equivalente a cerca de 40% do volume total formalmente inspecionado no país (Milkpoint, 2026). Entre os principais players do setor, destacam-se grandes multinacionais, a exemplo da Lactalis do Brasil, e cooperativas de grande porte, como o Grupo Piracanjuba e a UNIUM — intercooperação das cooperativas Frísia, Castrolanda e Capal —, que juntas responderam por 59% do volume total do ranking em 2025 (Milkpoint, 2026).

Esse cenário evidencia a coexistência, no mercado brasileiro de laticínios, de multinacionais de grande porte e de cooperativas regionais consolidadas, que competem tanto no fornecimento de leite fluido quanto na captação e no processamento em larga escala (Milkpoint, 2026). Essa estrutura de mercado, concentrada e competitiva, reforça a importância de práticas de gestão da qualidade e de melhoria contínua para a manutenção da competitividade das empresas do setor, sobretudo em relação a custos de não qualidade ao longo da cadeia de distribuição (Rotondaro, 2002).

2.3.4 Processo genérico de produção de leite em pó

A produção industrial do leite em pó envolve uma sequência de etapas térmicas e mecânicas que visam reduzir o teor de água do leite fluido a um nível compatível com sua conservação em temperatura ambiente. O processo tem início com a recepção do leite cru, que passa por análises sensoriais — relativas a sabor, aroma e cor — e físico-químicas, entre as quais se destaca a determinação da acidez, que não deve ultrapassar 18 graus Dornic. Em seguida, a matéria-prima é filtrada, armazenada em tanques isotérmicos e resfriada a temperaturas inferiores a 5°C, de modo a preservar sua integridade até o momento do processamento. Posteriormente, o leite é submetido à etapa de clarificação, na qual as impurezas remanescentes são removidas por meio de força centrífuga (UFG, [20--]).

Após a padronização, o leite passa por uma etapa de concentração, na qual parte da água é removida por evaporação, reduzindo o volume a ser processado na etapa seguinte. A remoção final da água ocorre na secagem por atomização (spray drying), na qual o leite concentrado é

aspergido no interior de uma câmara cilíndrica, entrando em contato com uma corrente de ar quente que, em frações de segundo, evapora a umidade restante das gotículas, transformando-as em partículas de pó. A legislação brasileira estabelece que o leite em pó deve apresentar, ao final do processo, um teor máximo de 4% de umidade (UFG, [20--]). Por fim, o pó resultante é resfriado, peneirado e encaminhado à etapa de envase, que pode ocorrer em latas metálicas, sacos multifoliados ou sachês, de acordo com o volume e o público de destino do produto.

2.3.5 Embalagens metálicas na indústria de alimentos

As embalagens metálicas destinadas à indústria de alimentos classificam-se, fundamentalmente, em dois tipos: embalagens de três peças, compostas por corpo, tampa e fundo, fabricadas a partir de folhas de aço revestidas com estanho ou cromo; e embalagens de duas peças, obtidas por repuxo, cujo corpo e fundo formam uma peça única. As latas de três peças são amplamente utilizadas em diferentes segmentos da indústria de alimentos, como milho, ervilha, leite condensado, leite em pó e achocolatados, além de aplicações não alimentícias, como tintas (ABEAÇO, 2026). Entre as vantagens desse tipo de embalagem estão a proteção contra luz, oxigênio e umidade, a resistência a condições adversas de transporte e armazenagem e a dispensa de conservantes químicos; como desvantagem, aponta-se o maior peso e custo em comparação a embalagens plásticas, além da suscetibilidade a deformações mecânicas — como o amassamento — quando submetidas a impactos, compressão excessiva ou manuseio inadequado ao longo da cadeia logística.

2.3.6 Cadeia de distribuição e defeitos de qualidade

A cadeia de distribuição de produtos alimentícios envasados em embalagens metálicas envolve, tipicamente, as etapas de expedição na unidade fabril, transporte até Centros de Distribuição regionais, armazenagem e, posteriormente, encaminhamento a operadores logísticos, distribuidores (*brokers*) e pontos de venda. Ao longo desse trajeto, as embalagens ficam expostas a diferentes esforços mecânicos — como vibração durante o transporte, impacto no manuseio e pressão decorrente do empilhamento incorreto de paletes —, que podem resultar em avarias como o amassamento das latas. Esse tipo de defeito, embora normalmente não comprometa a integridade sanitária do produto, compromete sua apresentação comercial, reduzindo a aceitação por parte de clientes e consumidores e gerando reclamações, devoluções e custos da não qualidade para a empresa fabricante — cenário que evidencia a relevância da aplicação de metodologias estruturadas de melhoria contínua, como o Lean Six Sigma, para o diagnóstico e a redução desse tipo de perda ao longo da cadeia de distribuição.

3 MÉTODOS DE PESQUISA

3.1 Caracterização da pesquisa

Quanto à natureza, esta pesquisa classifica-se como aplicada, uma vez que tem como propósito gerar conhecimento voltado à solução de um problema real, identificado na unidade fabril estudada, sem a pretensão de produzir conhecimento teórico desvinculado de aplicação prática (Gil, 2002). Quanto à abordagem do problema, caracteriza-se como quantitativa: na medida em que se apoia na coleta e no tratamento estatístico de dados numéricos referentes a reclamações, custos e volumes expedidos.

Quanto aos objetivos, está classifica-se como descritiva, pois busca aprofundar o conhecimento sobre um problema ainda pouco sistematizado na literatura — o amassamento de embalagens metálicas ao longo da cadeia de distribuição — e descrever, de forma detalhada, as características do fenômeno investigado (Gil, 2002; Yin, 2015). Por fim, quanto aos procedimentos técnicos, a mesma caracteriza-se como um estudo de caso único, desenvolvido na unidade fabril da indústria de leite em pó estudada, o que permite uma investigação aprofundada e contextualizada de um fenômeno contemporâneo inserido em seu ambiente real (Yin, 2015).

3.2 Técnicas de coleta de dados

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos por meio de três técnicas principais: análise documental, observação direta e reuniões com as equipes envolvidas no processo. A análise documental baseou-se nos registros internos da empresa relativos ao IPA (Identificar Priorizar Atribuir) do ano de 2024, nas planilhas de estratificação de reclamações de *brokers* e Centros de Distribuição, e nos relatórios de custos da não qualidade associados ao amassamento de latas. A observação direta foi realizada ao longo do processo de expedição, armazenagem e carregamento de produtos na unidade fabril e no Centro de Distribuição de maior criticidade, permitindo identificar, in loco, práticas de manuseio e armazenagem associadas à ocorrência do defeito. Por fim, foram conduzidas reuniões estruturadas com representantes da área de Qualidade, do Centro de Distribuição e do armazém externo responsável pela guarda dos produtos, com o objetivo de levantar hipóteses sobre as causas do problema e validar as informações obtidas por meio das demais técnicas.

3.3 Técnicas de análise de dados

Para o tratamento dos dados coletados, foram empregadas ferramentas da qualidade amplamente utilizadas em projetos Lean Six Sigma de nível White Belt. O diagrama de Pareto foi utilizado para estratificar as reclamações por Centro de Distribuição, por produto e por linha de produção, permitindo identificar, entre o conjunto de causas possíveis, aquelas responsáveis pela maior parcela dos efeitos observados. O diagrama de causa e efeito (6M's) foi utilizado para organizar, de forma sistemática, as possíveis causas do problema nas categorias máquina, mão de obra, material, método, medida e meio ambiente. A técnica dos 5 Porquês foi aplicada para aprofundar a investigação das causas identificadas como mais prováveis, até que se alcançasse sua causa raiz. Por fim, os dados quantitativos de reclamações, custos e volumes expedidos foram tratados por meio de estatística descritiva, com o apoio de planilhas eletrônicas, possibilitando a construção dos gráficos de Pareto e o acompanhamento da evolução dos indicadores ao longo do projeto.

3.4 Procedimentos metodológicos – etapas

O desenvolvimento da pesquisa seguiu as cinco fases do ciclo DMAIC, estrutura sobre a qual a metodologia Lean Six Sigma se apoia. Na fase Define, foi definido o escopo do projeto, delimitado a partir do impacto identificado no indicador de Custos da Não Qualidade da unidade estudada, com foco na redução do amassamento de latas na cadeia de distribuição. Na fase Measure, foram coletados e estratificados os dados de reclamações registradas ao longo do ano de 2024, permitindo identificar o Centro de Distribuição e o produto de maior criticidade. Na fase Analyze, os dados foram analisados por meio do diagrama de causa e efeito e da técnica dos 5 Porquês, com o objetivo de identificar as causas raiz do problema. Na fase Improve, foram elaboradas e implementadas ações de melhoria voltadas à eliminação das causas confirmadas, estruturadas por meio do plano de ação 5W2H. Por fim, na fase Control, foram estabelecidos padrões operacionais e mecanismos de acompanhamento voltados a garantir a sustentação dos resultados alcançados ao longo do tempo.

4 RESULTADOS

Esta sessão apresenta os resultados do projeto de melhoria conduzido na unidade estudada, organizados de acordo com as fases do ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve e Control). A seção 4.2 apresenta as fases Define e Measure, com a definição do problema e da meta do projeto e a coleta e a estratificação inicial dos dados; além disso, apresenta as fases Analyze, Improve e Control, com a análise das causas raiz, o plano de ações implementado e as medidas de padronização adotadas para a sustentação dos resultados.

4.1 Estudo de caso

A empresa estudada é uma indústria de grande porte do setor de laticínios, especializada na produção de leite em pó e derivados lácteos, com atuação em âmbito nacional. A unidade fabril objeto deste estudo está localizada no município de Ituiutaba, Minas Gerais, e é responsável pela produção de diferentes linhas de leite em pó — integral, desnatado, zero lactose e linhas especiais — comercializadas em embalagens metálicas e destinadas a Centros de Distribuição (CDs) espalhados pelo território nacional. A unidade conta com duas linhas de envase (Linha 1 e Linha 2) e mantém, na área de Qualidade, uma equipe responsável pelo acompanhamento dos indicadores de reclamações e pela condução de projetos de melhoria contínua.

O projeto de melhoria que fundamenta este estudo foi conduzido por uma equipe multidisciplinar composta por representantes da Garantia da Qualidade da unidade, da Qualidade Corporativa e do Centro de Distribuição de maior criticidade, com acompanhamento de um sponsor e de um orientador técnico, seguindo a metodologia Lean Six Sigma no nível White Belt.

4.2 Mapeamento da realidade empresarial

4.2.1 Definição do problema e da meta (fase Define)

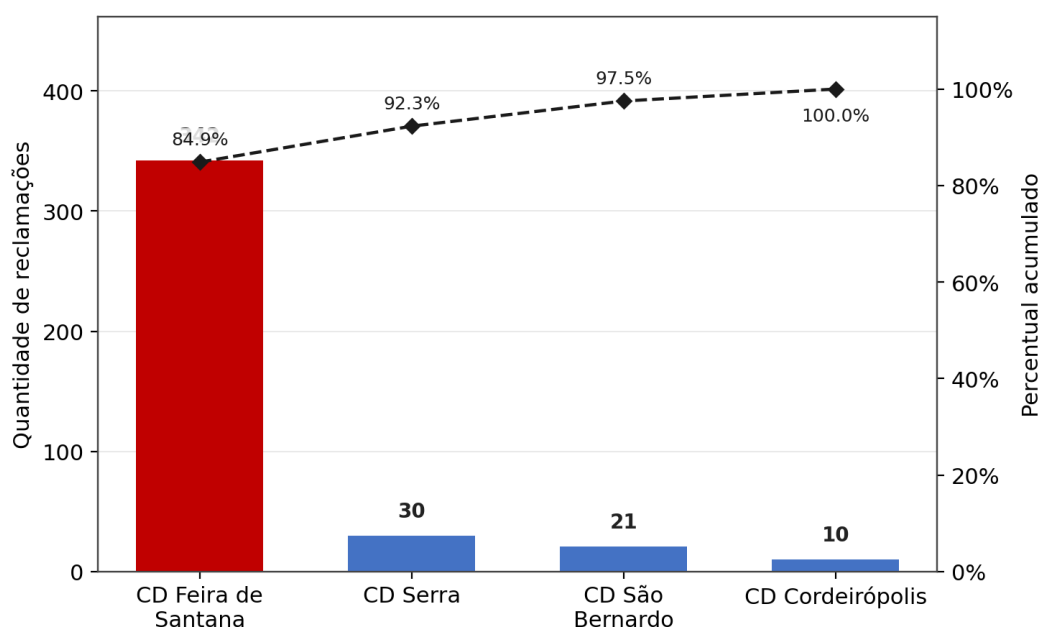
No IPA (Identificar Priorizar Atribuir) referente ao ano de 2024, identificou-se um impacto relevante sobre o indicador de Custos da Não Qualidade da unidade estudada, o que motivou a abertura do projeto de melhoria. A situação identificada representava um custo médio de R\$ 6.936,00 por mês, decorrente de reclamações relacionadas ao amassamento de latas ao longo da cadeia de distribuição. A partir dessa constatação, foi definida como meta do projeto a redução de 25% desse problema, com a diminuição do custo médio mensal de R\$ 6.936,00

para R\$ 5.216,00 — o que representa a recuperação de 35% da lacuna identificada —, a partir de abril de 2025, com potencial de economia anual estimado em R\$ 20.638,42.

4.2.2 Coleta e estratificação dos dados (fase Measure)

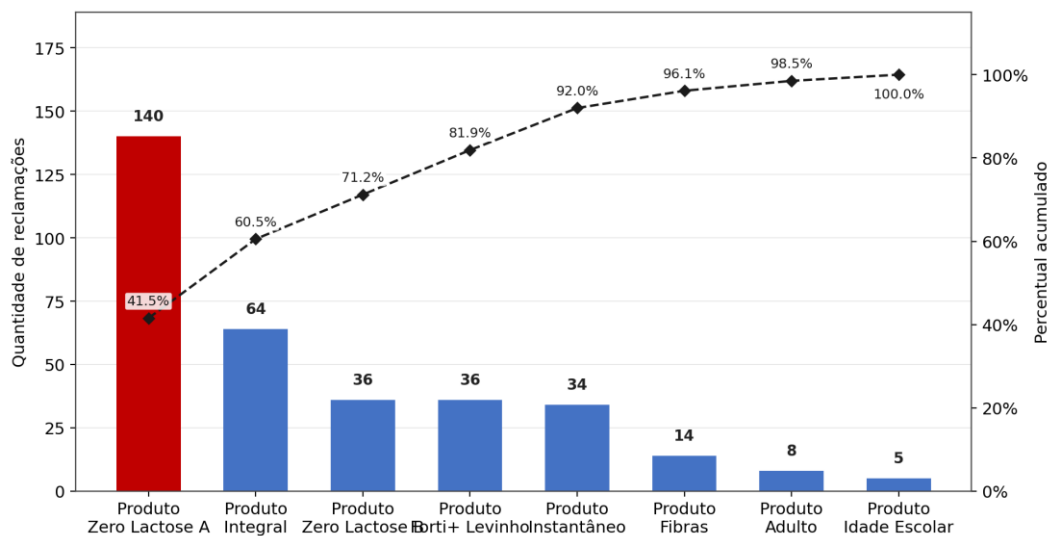
Para caracterizar o problema com maior profundidade, as reclamações registradas ao longo de 2024 foram estratificadas por Centro de Distribuição. Essa análise revelou que o Centro de Distribuição de Feira de Santana concentrava 342 das 403 reclamações relacionadas ao amassamento, o equivalente a 84,9% do total, e a 78,8% dos custos associados (R\$ 65.592,87), caracterizando-se como o ponto mais crítico da cadeia de distribuição.

Figura 1 – Reclamações por Centro de Distribuição (2024)

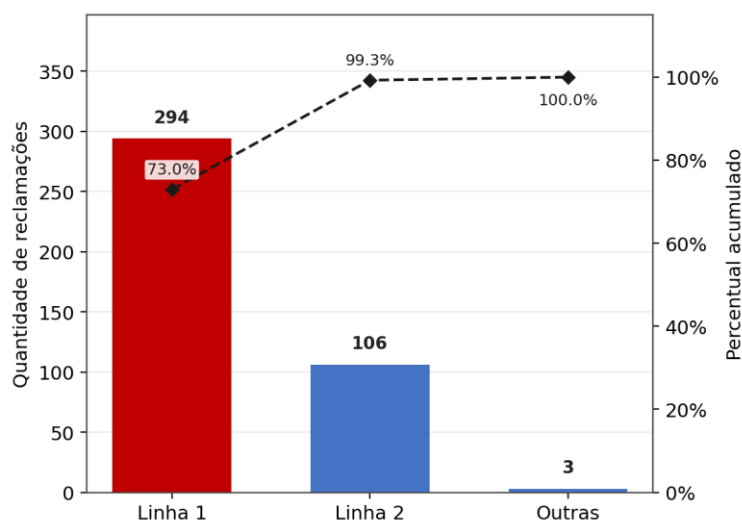


Fonte: dados da pesquisa (2024).

Em seguida, aprofundou-se a análise especificamente no CD de Feira de Santana, estratificando-se as reclamações por produto: constatou-se que um produto de leite em pó zero lactose, na apresentação de 380g, era responsável por 140 das 337 reclamações registradas nesse centro (41,5% do total), seguido por um produto de leite em pó integral e por outros itens de menor representatividade. A estratificação por linha de produção revelou, ainda, que a Linha 1 respondia por 73,0% das reclamações, contra 26,3% da Linha 2.

Figura 2 – Reclamações por produto no CD Feira de Santana (2024)

Fonte: dados da pesquisa (2024).

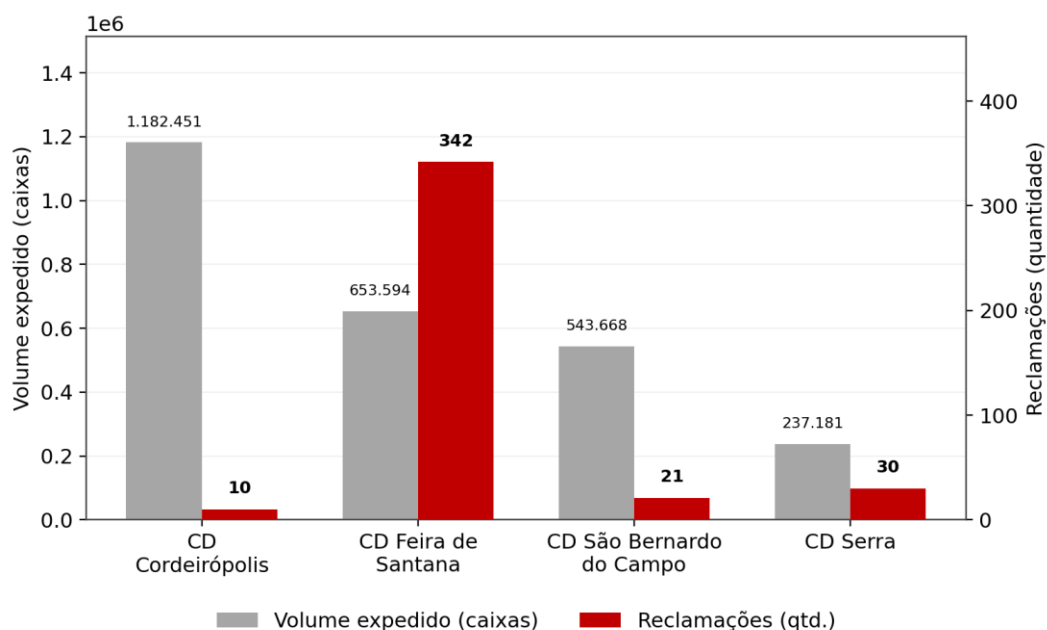
Figura 3 – Reclamações por linha de produção (2024)

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Complementarmente, foi analisado o volume de caixas expedidas por Centro de Distribuição e por produto, de modo a contextualizar os percentuais de reclamação em relação ao volume efetivamente distribuído. Verificou-se que, embora o CD de Cordeirópolis apresentasse o maior volume expedido (1.182.451 caixas, 45,2% do total) e fosse o maior cliente da unidade, foi o CD de Feira de Santana — com volume intermediário de 653.594 caixas — que concentrou o maior número absoluto de reclamações. Esse resultado foi determinante para a condução da investigação: se o defeito fosse originado por uma falha no

processo produtivo da fábrica, seria esperado que o CD de maior volume expedido apresentasse, proporcionalmente, o maior número de reclamações, o que não se confirmou. Essa constatação direcionou a equipe a concentrar a investigação das causas raiz nas etapas posteriores à expedição — como o transporte, o manuseio e o armazenamento realizados fora da unidade fabril —, e não no processo de fabricação em si, o que se refletiu diretamente na natureza das causas confirmadas na análise de causas (item 4.2.3).

Figura 4 – Volume expedido e reclamações por Centro de Distribuição (2024)



Fonte: dados da pesquisa (2024).

4.2.3 Análise das causas (fase Analyze)

Para investigar as causas raiz do problema, a equipe conduziu a fase Analyze em três etapas sucessivas. Na primeira etapa, foi realizada uma sessão de *brainstorming* estruturada com os membros da equipe do projeto, na qual as possíveis causas do amassamento de latas foram levantadas e organizadas por meio do diagrama de causa e efeito (6M's), classificando as hipóteses nas seis categorias clássicas: máquina, mão de obra, material, método, medida e meio ambiente. Na segunda etapa, cada hipótese levantada foi confrontada com evidências coletadas junto às equipes operacionais e aos registros da unidade — como relatos de manuseio, procedimentos internos vigentes e dados de inspeção —, sendo classificada como confirmada ou não confirmada, conforme detalhado no Quadro 1. Na terceira etapa, as causas de maior relevância foram aprofundadas por meio da técnica dos 5 Porquês, apresentada no Quadro 2, até que se alcançasse sua causa raiz.

Na categoria Máquina, identificou-se um problema pontual na frisadeira responsável pela fixação da tampa das latas, confirmado como causa contribuinte. Na categoria Mão de obra, confirmaram-se a falha de comunicação entre a fábrica e os *brokers* responsáveis pela distribuição, bem como uma oportunidade de melhoria na correlação entre a identificação de defeitos na linha de produção e as reclamações recebidas dos clientes. Na categoria Método, confirmaram-se três causas: a ausência de informação no *checklist* de descarregamento utilizado pelo *broker*, a ausência de um padrão detalhando o procedimento de *picking* para produtos lácteos em lata, e o armazenamento inadequado dos paletes no armazém externo utilizado pelo Centro de Distribuição. Na categoria Meio ambiente, confirmou-se a distância entre a fábrica e o Centro de Distribuição como fator contribuinte, associado ao maior tempo de transporte e ao maior número de manuseios ao longo do trajeto. As categorias Material e Medida não apresentaram causas confirmadas relevantes para o problema investigado. O Quadro 1 sintetiza a análise realizada por meio dos 6M's.

Quadro 1 – Análise de causas por meio dos 6M's

(continua)

Categoria (6M's)	Causa possível	Confirmado?
Máquina	Alta velocidade da linha favorecendo choque mecânico	Não
Máquina	Ajuste do elevador inadequado	Não
Máquina	Tipo de veículo inadequado	Não
Máquina	Problema na frisadeira responsável pela fixação da tampa das latas	Sim
Mão de Obra	Treinamento inadequado dos funcionários nas instruções de carregamento e PC de expedição	Não
Mão de Obra	Padrões de carregamento e descarregamento não seguidos	Não
Mão de Obra	Falha de comunicação entre fábrica e <i>brokers</i> .	Sim
Mão de Obra	Oportunidade de melhoria na correlação da identificação de defeitos na linha com reclamações	Sim
Material	Fornecedores das folhas com padrões inconsistentes	Não
Material	Paletes fora dos padrões	Não
Material	Falha no vinco da caixa	Não
Material	Uso de cola inadequada	Não

(conclusão)

Categoria (6M's)	Causa possível	Confirmado?
Método	Ausência de informação no <i>checklist</i> de descarregamento do <i>broker</i>	Sim
Método	Ausência de padrão detalhando como deve ser feito o <i>picking</i> para produtos lácteos em lata	Sim
Método	Armazenamento inadequado dos paletes no armazém externo	Sim
Medida	Frequência de inspeção inadequada das caixas de latas	Não
Medida	Falta de padronização na identificação de defeitos e tratativas referentes às ocorrências	Não
Meio Ambiente	Distância entre a fábrica e o Centro de Distribuição	Sim

Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa (2024).

Entre as causas confirmadas na análise dos 6M's, três foram selecionadas para aprofundamento por meio da técnica dos 5 Porquês, apresentada no Quadro 2, por representarem os fatores de maior relevância para o problema investigado: a falha de comunicação entre a fábrica e os *brokers*, o armazenamento inadequado dos paletes no armazém externo e a oportunidade de melhoria na correlação entre a identificação de defeitos e as reclamações.

Quadro 2 – Aplicação da técnica dos 5 Porquês

Causa investigada	1º Porquê	2º Porquê	3º Porquê
Falha de comunicação entre a fábrica e o <i>broker</i>	Falta um envolvimento maior da fábrica com o <i>broker</i> .	Não existe uma frequência de reuniões estabelecida com os <i>brokers</i> .	—
Armazenamento inadequado dos paletes no armazém externo	O armazenamento dos paletes não está sendo feito da maneira correta.	O armazém externo não segue os padrões estabelecidos.	Não existe uma cobrança/auditoria para garantir o seguimento dos padrões.
Oportunidade de melhoria na correlação da identificação de defeitos	Os operadores não possuem o entendimento do impacto que o defeito pode causar no indicador de reclamações.	Falta um envolvimento entre o Pilar Q e os times de GTA e GTM.	—

Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa (2024).

A aplicação da técnica dos 5 Porquês, apresentada no Quadro 2, permitiu aprofundar cada uma dessas causas até a identificação de sua causa raiz. Conclui-se, assim, que as causas raiz do problema investigado são: (i) a ausência de uma frequência de reuniões estabelecida entre a fábrica e os *brokers*; (ii) a ausência de cobrança e auditoria para garantir o seguimento dos padrões de armazenamento no armazém externo; e (iii) a falta de envolvimento entre o Pilar Q e os times de GTA e GTM.

4.2.4 Ações de melhoria (fase Improve)

A partir das causas raiz confirmadas, foi elaborado um plano de ação estruturado seguindo a ferramenta 5W2H, detalhado no Quadro 3, contemplando sete ações distribuídas entre as três causas identificadas na fase Analyze. A totalidade das ações planejadas foi concluída, sem a necessidade de investimento financeiro adicional (R\$ 0,00), uma vez que as soluções implementadas concentraram-se em ajustes de processo, treinamento e alinhamento entre as equipes.

Quadro 3 – Plano de ação 5W2H por causa raiz

(continua)

Causa raiz	O quê	Por quê	Como	Onde	Quando	Quem
Não existe uma frequência de reuniões estabelecida com os <i>brokers</i>	Realizar reuniões mensais, ou conforme necessidade, para entendimento das maiores vozes de reclamações, juntamente com o gerenciamento de qualidade	Para garantir um maior envolvimento com o <i>broker</i> de Feira de Santana	Reunião remota	Reunião remota	21/03/2025	Liderança do projeto
Não existe uma frequência de reuniões estabelecida com os <i>brokers</i>	Realizar uma reunião com o <i>broker</i> para solicitar a alteração do <i>checklist</i> de descarregamento	Para que o <i>checklist</i> de descarregamento contemple todas as informações necessárias para verificação da integridade da carga	Reunião remota	Reunião remota	15/04/2025	Equipe do CD e liderança do projeto

(conclusão)

Causa raiz	O quê	Por quê	Como	Onde	Quando	Quem
Não existe uma cobrança/auditoria para garantir o seguimento dos padrões	Realizar vistoria integral em 1 pallet (produto em lata) recepcionado de fábrica, sem intervenção da armazenagem e distribuição para clientes, para identificar os modos de defeito e o índice de conformidade, com detalhamento das avarias por posicionamento/localização	Para identificar, durante o descarregamento, se existe algum defeito de fabricação	Amostragem física do palete	CD Feira de Santana	15/05/2025	Equipe do CD
Não existe uma cobrança/auditoria para garantir o seguimento dos padrões	Realizar visita/auditoria no armazém externo para verificar o seguimento do procedimento (PC)	Para garantir o armazenamento adequado dos paletes	Visita técnica ao armazém externo	Armazém externo	15/05/2025	Liderança do projeto
Falta um envolvimento entre o Pilar Q e os times de GTA e GTM	Realizar orientação/treinamento com a equipe de revisão do CD, para evoluir a habilidade, o entendimento e a clarificação dos modos de defeito e das responsabilidades sobre as avarias (origem da responsabilidade: fábrica, clientes ou transporte)	Para melhorar o fluxo na abertura da reclamação	Treinamento presencial	CD Feira de Santana	15/05/2025	Equipe do CD
Falta um envolvimento entre o Pilar Q e os times de GTA e GTM	Realizar reunião com o time de GTA e GTM, mostrando os indicadores de <i>quality incidents</i> e reclamações de consumidores	Para melhorar o entendimento dos operadores quanto à correlação da identificação de defeitos e reclamações	Reunião presencial	Unidade fabril	04/03/2025	Liderança do projeto
Falta um envolvimento entre o Pilar Q e os times de GTA e GTM	Criar LPP sobre reclamações de <i>brokers</i> x defeitos	Para melhorar o entendimento dos operadores quanto à correlação da identificação de defeitos e reclamações	Elaboração de material de LPP	Unidade fabril	02/03/2025	Liderança do projeto

Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa (2025).

4.2.5 Padronização e resultados (fase Control)

Para garantir a sustentação das melhorias implementadas, a fase de Controle do ciclo DMAIC contemplou a revisão e a criação de padrões operacionais. Entre os padrões revisados, destacam-se a atualização da agenda das reuniões operacionais de qualidade e a orientação formal ao armazém externo e aos *brokers* quanto à importância de respeitar a quantidade adequada de paletes empilhados durante o armazenamento, conforme procedimento interno de referência. Entre os padrões criados, destaca-se a implementação, no sistema de gestão da rotina operacional, do apontamento de hora em hora, pela equipe de operação, do modo de defeito “lata amassada e deformada”, permitindo a identificação mais precoce de desvios de qualidade ainda na linha de produção. Complementarmente, foram promovidas ações de disseminação de conhecimento, incluindo a criação da Lição Ponto a Ponto sobre reclamações de *brokers* e defeitos, a calibração da equipe da Qualidade quanto à metodologia dos 6M's e o treinamento das equipes de garantia da qualidade da fábrica e do mercado.

O Quadro 4 apresenta uma síntese do problema investigado e das principais atividades, ferramentas e resultados obtidos em cada uma das fases do ciclo DMAIC ao longo do projeto.

Quadro 4 – Síntese do problema e das fases do ciclo DMAIC aplicadas no projeto

Etapa	Principais atividades e ferramentas	Principais resultados
Problema	Identificação de impacto relevante no indicador de Custos da Não Qualidade, por meio do IPA de 2024	Custo médio de R\$ 6.936,00 por mês associado ao amassamento de latas na cadeia de distribuição
Define	Formação de equipe multidisciplinar e definição da meta do projeto	Meta de redução de 25% do problema, de R\$ 6.936,00 para R\$ 5.216,00 por mês, a partir de abril de 2025
Measure	Coleta e estratificação dos dados de reclamações por meio do diagrama de Pareto (Figuras 2 a 5)	CD Feira de Santana concentrava 84,9% das reclamações; um produto zero lactose respondia por 41,5%; a Linha 1 respondia por 73,0%
Analyze	Diagrama de causa e efeito (6M's) e técnica dos 5 Porquês (Quadros 1 e 2)	Identificação de três causas raiz: ausência de frequência de reuniões estabelecida com os <i>brokers</i> ; ausência de cobrança/auditoria para garantir o seguimento dos padrões no armazém externo; e falta de envolvimento entre o Pilar Q e os times de GTA e GTM
Improve	Elaboração e implementação de plano de ação estruturado seguindo a ferramenta 5W2H (Quadro 3)	100% das ações concluídas, sem necessidade de investimento financeiro (R\$ 0,00)
Control	Revisão e criação de padrões operacionais e disseminação de conhecimento (LPP)	Sustentação dos resultados por meio de padronização dos processos e monitoramento contínuo dos indicadores
Resultado	Comparação entre os Custos da Não Qualidade registrados em 2024 e em 2025	Economia (<i>saving</i>) de R\$ 72.429,70 em 2025, equivalente a uma redução de 87% sobre as perdas registradas em 2024

Fonte: elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa (2024, 2025).

Como resultado da aplicação da metodologia Lean Six Sigma ao longo do projeto, foi obtida uma economia (*saving*) de R\$ 72.429,70 no ano de 2025, o que representa uma redução de 87% sobre as perdas registradas em 2024 associadas ao amassamento de latas — resultado que superou a meta inicialmente estabelecida de 25% de redução, evidenciando a efetividade das ações de melhoria e de padronização implementadas ao longo do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões do trabalho

Este trabalho teve como objetivo geral reduzir os defeitos de amassamento em embalagens metálicas na cadeia de distribuição de uma indústria de leite em pó, por meio da aplicação da metodologia Lean Six Sigma. A partir dos resultados apresentados, conclui-se que o objetivo geral foi plenamente alcançado: a redução de 87% sobre as perdas associadas ao amassamento em 2024, com uma economia de R\$ 72.429,70 no ano seguinte, superou significativamente a meta inicial de 25% estabelecida no início do projeto.

Quanto aos objetivos específicos, verifica-se que todos foram atendidos ao longo do desenvolvimento do trabalho. As causas do amassamento foram diagnosticadas por meio do diagrama de causa e efeito e da técnica dos 5 Porquês, tendo sido confirmadas como causas raiz a falta de envolvimento entre fábrica e *brokers*, o armazenamento inadequado de paletes e a oportunidade de melhoria na correlação entre defeitos de linha e reclamações. O fluxo logístico do produto foi mapeado, permitindo identificar o Centro de Distribuição e o produto de maior criticidade. Os dados de reclamações foram analisados por Centro de Distribuição, linha de produção e produto, possibilitando a identificação dos pontos mais críticos por meio do diagrama de Pareto; nesse processo, destaca-se como principal *insight* analítico do trabalho a constatação de que o CD de maior volume expedido (Cordeirópolis) não era o de maior número de reclamações, evidência que direcionou toda a investigação para as etapas de transporte, manuseio e armazenamento externas à fábrica, em vez do processo produtivo. Ações de melhoria e padronização foram propostas e implementadas, com 100% de conclusão até o encerramento do período analisado e sem necessidade de investimento financeiro. Por fim, os resultados operacionais e financeiros obtidos foram avaliados, confirmando a efetividade da metodologia aplicada.

Do ponto de vista prático, o trabalho evidenciou que, mesmo em projetos de menor complexidade metodológica — classificados no nível White Belt —, é possível obter resultados financeiros e operacionais expressivos por meio da aplicação estruturada de ferramentas básicas da qualidade, associadas ao envolvimento das equipes operacionais na identificação e na solução dos problemas do dia a dia. Do ponto de vista acadêmico, o trabalho contribuiu para a literatura sobre gestão da qualidade ao apresentar, de forma detalhada, a aplicação da metodologia Lean Six Sigma em um caso real de defeito de qualidade na cadeia de distribuição de produtos alimentícios, tema ainda pouco explorado na literatura nacional em comparação a aplicações no ambiente estritamente fabril.

5.2 Limitações do estudo

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação de seus resultados. Em primeiro lugar, por se tratar de um estudo de caso único, os resultados obtidos refletem as características específicas da unidade fabril, do Centro de Distribuição e do produto analisados, não podendo ser generalizados de forma automática para outras unidades, centros de distribuição ou produtos, ainda que a estrutura metodológica empregada possa ser replicada em contextos semelhantes. Em segundo lugar, o projeto foi conduzido no nível White Belt da metodologia Lean Six Sigma, o que restringiu a análise a ferramentas básicas da qualidade, sem o emprego de técnicas estatísticas mais avançadas, como testes de hipótese ou planejamento de experimentos, que poderiam aprofundar a compreensão sobre a relação entre as variáveis do processo e a ocorrência do defeito.

5.3 Trabalhos futuros

A partir dos resultados e das limitações identificadas, sugere-se, para trabalhos futuros, a ampliação do escopo do projeto para os demais Centros de Distribuição e produtos da unidade estudada, de modo a verificar se as causas identificadas em Feira de Santana se repetem em outros contextos ou se são específicas daquele centro. Por fim, recomenda-se o acompanhamento longitudinal dos indicadores de reclamação nos períodos subsequentes à conclusão das ações ainda em andamento, de modo a confirmar a sustentabilidade dos resultados obtidos e a efetividade dos padrões implementados na fase de Controle do ciclo DMAIC.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM DE AÇO (ABEAÇO). *Central de aprendizado*. [S. l.]: ABEAÇO, 2026. Disponível em: <https://www.abeaco.org.br/central-de-aprendizado>. Acesso em: 6 jul. 2026.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS (ABIA). *Indústria de alimentos contribui para conter inflação, lidera a geração de empregos e sustenta crescimento em 2025*. São Paulo: ABIA, 2026. Disponível em: <https://abia.org.br/release/industria-de-alimentos-contribui-para-conter-inflacao-lidera-a-geracao-de-empregos-e-sustenta-crescimento-em-2025/>. Acesso em: 10 jul. 2026.
- BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BERGMAN, B.; KLEFSJÖ, B. *Quality from customer needs to customer satisfaction*. 3. ed. Lund: Studentlitteratur, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. *Mapa do Leite*. Brasília, DF: MAPA, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 2 jul. 2026.
- CARRIJO, P. R. S.; BATALHA, M. O. *Lean manufacturing in agriculture: benefits, obstacles, and opportunities*. *Gestão & Produção*, v. 31, e1924, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2024v31e1924>. Acesso em: 12 jul. 2026.
- DA SILVA, M. E. Aplicação das ferramentas do Lean Manufacturing na melhoria da eficiência produtiva. *LUMEN ET VIRTUS*, [S. l.], v. 14, n. 32, 2024. DOI: 10.56238/levv14n32-011. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/6088>. Acesso em: 9 jul. 2026.
- FERNANDES, G. L. Uma investigação conceitual do “Sistema de Produção Toyota”, de Ohno Taiichi (1988). *Epígrafe*, v. 14, n. 2, p. 747-765, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2318-8855.v14i2p747-765>. Acesso em: 12 jul. 2026.
- GEORGE, M. L. *Lean Six Sigma: combining Six Sigma quality with Lean speed*. New York: McGraw-Hill, 2002.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRABAN, M. *Hospitais Lean: melhorando a qualidade, a segurança dos pacientes e o envolvimento dos funcionários*. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- IMAI, M. *Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo*. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.
- JURAN, J. M.; GRYNA, F. M. *Controle da qualidade: handbook*. São Paulo: Makron Books/McGraw-Hill, 1991.
- LIKER, J. K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MILKPOINT. *Ranking dos maiores laticínios do Brasil 2025: mais eficiência, menos produtores e captação em alta*. [S. l.]: MilkPoint, 2026. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/ranking-dos-maiores-laticinios-do-brasil-2025-mais-eficiencia-menos-produtores-e-captacao-em-alta-240452/>. Acesso em: 6 jul. 2026.

NEVES, I. C. O. et al. Spray drying na indústria de laticínios. *MilkPoint*, [S. l.], 19 fev. 2014. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/industria-de-laticinios/spray-drying-na-industria-de-laticinios-205439/>. Acesso em: 10 jul. 2026.

OHNO, T. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. *Estratégia seis sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PYZDEK, T. *The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. New York: McGraw-Hill, 2003.

ROTONDARO, R. G. (org.). *Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços*. São Paulo: Atlas, 2002.

SILVA, M. M. et al. Aplicação da metodologia seis sigma para melhoria contínua da qualidade em uma indústria alimentícia. *Revista Produção Online*, v. 20, n. 2, p. 546-574, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i2.3622>. Acesso em: 10 jul. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Programa de Educação Tutorial em Engenharia de Alimentos (PET EngAli). *Como ocorre o processamento do leite em pó?* Goiânia: UFG, [20--]. Disponível em: <https://pet.agro.ufg.br/n/131584-como-ocorre-o-processamento-do-leite-em-po>. Acesso em: 6 jul. 2026.

WERKEMA, C. *Criando a cultura Seis Sigma*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.