

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PADRE CARLOS LEÔNCIO DA SILVA
TÉCNICO EM QUALIDADE

**O USO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA LINHA DE LAMINAÇÃO
DE UMA EMPRESA DE VIDROS AUTOMOTIVOS**

Pedro Gabriel da Silva Souza¹
Wallace Gomes dos Santos²
Erivelto Oliveira Batista Junior³
Joao Vitor Moreira de Jesus⁴
Profª Drª Sara Aparecida Machado⁵

Resumo: presente trabalho consiste em um estudo de caso aplicado em uma empresa de processamento de vidros automotivos (AGC). O objetivo central foi investigar e solucionar um problema de qualidade específico: a ocorrência de bolhas no processo de selagem do Polivinil Butiral (PVB) na linha de laminado, o que gerava uma alta taxa de defeitos. A utilização detalhada do Diagrama de Ishikawa permitiu a identificação precisa das causas-raiz do problema, o que possibilitou a implementação de soluções eficazes. Os resultados alcançados demonstraram uma redução significativa dos defeitos, comprovando a importância e a eficácia dessa metodologia na gestão da qualidade e na otimização de processos industriais.

Palavras chaves: Qualidade, Ferramentas da qualidade, diagrama de ISHIKAWA.

¹ Técnico em Qualidade – Etec Padre Carlos Leônicio da Silva. pedro.souza554@etec.sp.gov.br

² Técnico em Qualidade – Etec Padre Carlos Leônicio da Silva. wg.santos2104@gmail.com

³ Técnico em [Qualidade – Etec Padre Carlos Leônicio da Silva. erivelto.batista@etec.sp.gov.br>

⁴ Técnico em [Qualidade – Etec Padre Carlos Leônicio da Silva. joao.moreira132@etec.sp.gov.br

⁵ Eng Industrial Química- Profª da Etec Padre Carlos Leônicio da Silva. sara.machado11@etec.sp.gov.br

1. INTRODUÇÃO

A busca contínua por qualidade é fundamental para empresas que têm por objetivo a excelência e eficiência no processo produtivo, sempre visando à satisfação do cliente. Portanto, o uso de metodologias e ferramentas da qualidade torna-se indispensável para transformar desafios operacionais em oportunidades de aprimoramento contínuo.

Uma das ferramentas mais eficazes para a análise de problemas é o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe. Criado por Kaoru Ishikawa, essa ferramenta permite que as equipes mapeiem sistematicamente os potenciais causas de um problema, organizando-as em categorias principais. Conforme o próprio Ishikawa (1993) aponta, o diagrama é fundamental para que as equipes de trabalho “identifiquem as causas-raiz de um problema e não se limitem a tratar os sintomas”. Assim, o diagrama guia a investigação para as causas-raiz, promovendo uma compreensão mais profunda e sistêmica do problema.

Essa ferramenta é de grande valia, pois permite identificar, organizar e analisar as causas de falhas em processos produtivos, promovendo uma abordagem estruturada e colaborativa para a resolução de problemas. Sua simplicidade e eficácia fazem dela uma escolha indispensável para organizações que buscam excelência operacional e melhoria contínua.

O problema da formação de bolhas em vidros é um desafio recorrente para empresas do setor automotivo, como a AGC, pois se trata de uma contaminação do Polivinil Butiral (PVB). Este artigo detalha o processo, analisando as etapas da investigação e as ações corretivas aplicadas, com o objetivo de evidenciar a eficácia do Diagrama de Ishikawa como ferramenta da qualidade e sua contribuição para a melhoria contínua dos processos produtivos. Para embasar esta investigação e as ações subsequentes, a próxima seção detalha o referencial teórico que fundamenta os conceitos de Qualidade, as Ferramentas da Qualidade e o papel estratégico do Diagrama de Ishikawa

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Qualidade

A qualidade é um conceito em constante evolução, acompanhando as transformações do mundo e as novas demandas do mercado e da sociedade. Ela não

se limita apenas à conformidade com especificações ou à satisfação do cliente, mas abrange também aspectos como inovação, sustentabilidade e adaptação às mudanças, tornando-se um elemento estratégico fundamental para a competitividade e a sobrevivência das organizações.

Segundo Garvin (2016), “qualidade é a capacidade de um produto ou serviço de criar valor para o cliente, indo além das expectativas iniciais”, destacando a importância de surpreender o consumidor e proporcionar uma experiência diferenciada. De acordo com Seddon (2017), “qualidade é o resultado de processos bem projetados e gerenciados, que eliminam desperdícios e maximizam o valor entregue”, ressaltando que a eficiência dos processos organizacionais é indispensável para alcançar altos níveis de qualidade, em consonância com os princípios da melhoria contínua.

Goetsch e Davis (2020) reforçam a visão coletiva ao afirmarem que “qualidade é um compromisso organizacional que envolve todos os colaboradores, desde a alta gestão até o chão de fábrica, para garantir que os objetivos estratégicos sejam alcançados”, evidenciando que a qualidade é responsabilidade de toda a organização, exigindo alinhamento e participação conjunta.

Além dessas perspectivas contemporâneas, contribuições clássicas também permanecem relevantes para o entendimento da qualidade. Juran (1993) define qualidade como “a adequação ao uso”, ou seja, um produto ou serviço de qualidade é aquele que cumpre de forma eficaz a função para a qual foi desenvolvido. Já Deming (1986) enfatiza que “qualidade não é uma técnica, é uma atitude”, reforçando a necessidade de uma postura contínua de aprendizado e aprimoramento dentro das empresas. Dessa forma, observa-se que a qualidade é tanto um aspecto técnico quanto cultural, influenciando diretamente a competitividade organizacional. Produtos e serviços de alta qualidade não apenas atendem às necessidades e expectativas dos clientes, mas também contribuem para a redução de custos e para o aumento da eficiência dos processos internos, consolidando-se como um fator decisivo para o sucesso no mercado.

Dessa forma, a qualidade é um conceito dinâmico e estratégico, que transcende a conformidade com as especificações e a satisfação do cliente, abrangendo inovação, sustentabilidade e adaptação às mudanças. Como afirma Garvin (2016), Seddon (2017), Goetsch e Davis (2020), Juran (1993) e Deming (1986),

a qualidade é tanto técnica quanto cultural, sendo essencial para a competitividade organizacional e para a criação de valor, eficiência e aprendizado dinâmico.

2.2 Ferramentas de qualidade

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, desenvolvido por Kaoru Ishikawa, organiza de forma hierárquica as possíveis causas de um problema em categorias como materiais, métodos, máquinas, mão de obra e ambiente (ISHIKAWA, 1986).

Para Lima (2005), essa ferramenta “ajuda a visualizar de forma clara as possíveis causas de um problema, facilitando a análise e a solução”. Outra ferramenta amplamente utilizada é o Diagrama de Pareto, baseado no princípio de que 80% dos problemas são originados por apenas 20% das causas. Ele permite priorizar as ações corretivas, direcionando esforços para os fatores mais críticos. Villegas (2002) afirma que a análise de Pareto permite que a organização foque nas causas mais críticas, aumentando a eficiência das ações corretivas.

Já o Fluxograma é uma representação gráfica do fluxo de processos em sequência, auxiliando na visualização das etapas, na identificação de gargalos e na compreensão dos pontos que precisam de melhorias. De acordo com Oliveira (2010), “o fluxograma é uma ferramenta essencial para o mapeamento de processos, pois facilita a análise e a identificação de problemas no fluxo de trabalho”.

As ferramentas da qualidade desempenham um papel estratégico na gestão de processos industriais, permitindo que as organizações identifiquem, analisem e solucionem problemas de forma estruturada e eficiente. Cada ferramenta possui características específicas que se complementam, promovendo uma abordagem integrada para a melhoria contínua.

2.3 Ishikawa

Kaoru Ishikawa foi um engenheiro químico japonês que desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento das práticas de gestão da qualidade no século XX. Seu trabalho teve grande impacto na forma como as organizações identificam, analisam e solucionam problemas relacionados aos processos produtivos. Ishikawa pode ser considerado um dos principais precursores da abordagem sistemática para a investigação de falhas e melhorias contínuas, destacando-se como um verdadeiro investigador de problemas de processo.

Uma das principais contribuições de Ishikawa foi a criação do Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Ishikawa. Essa ferramenta tem como objetivo principal identificar as causas-raiz de um problema, organizando visualmente as possíveis origens de uma falha em categorias principais. Tradicionalmente, utiliza-se os chamados 6Ms: Máquina, Mão de obra, Material, Método, Meio ambiente e Medição.

O diagrama facilita a condução de sessões de brainstorming, sendo amplamente utilizado para análise de problemas em processos industriais e de serviços. Com ele, busca-se evitar a correção superficial de efeitos, promovendo a investigação das causas fundamentais que geram desvios de qualidade.

Para Ishikawa, a qualidade não deveria ser uma responsabilidade exclusiva do setor de controle de qualidade, mas sim de toda a organização. Segundo sua perspectiva, a investigação de problemas nos processos deve ser realizada de forma colaborativa, com o envolvimento de operários, supervisores, engenheiros e gestores. Essa visão ampliou o conceito de qualidade para além do controle final, integrando-a ao cotidiano operacional.

Essas ferramentas são consideradas essenciais para o diagnóstico e análise de problemas em processos. Elas permitem uma investigação sistemática, baseada em dados concretos, facilitando a tomada de decisões mais precisas e embasadas.

3. METODOLOGIA

Este estudo de caso foi desenvolvido na linha de produção de vidro laminado da AGC, com o objetivo de investigar e solucionar o problema da formação de bolhas no processo de selagem do PVB. A pesquisa tem caráter descritivo e adota uma abordagem qualitativa.

3.1 Coleta de Dados

A coleta de dados para este estudo de caso foi sistematicamente estruturada em duas fases principais: a Pesquisa Documental e a Pesquisa de Campo.

3.1.1 Pesquisa Documental

Inicialmente, foi realizada uma análise rigorosa de documentos internos da empresa. Esta fase incluiu a análise de relatórios de qualidade, registros de produção, estudos técnicos relacionados ao processo de laminação e os Procedimentos

Operacionais Padrão (POP). O objetivo desta pesquisa foi estabelecer o contexto do problema, permitindo a quantificação da frequência da falha e a identificação precisa das condições operacionais e parâmetros de processo mais afetados pela não-conformidade. Os documentos internos que serviram de base para esta análise estão detalhados no Quadro 1.

Quadro 1- Documentos fornecidos pela empresa e analisados para o estudo de caso

Título do documento	Descrição de informações
AGC Glass Europe. Relatório de Qualidade e Melhoria Contínua	Aplicação do Diagrama de Ishikawa na Linha de Produção de Vidro Laminado. Bruxelas, 2025. Relatório interno detalhando o uso do Diagrama de Ishikawa para redução de defeitos na linha de laminação.
AGC Inc. Estudo de Caso:	Redução de Defeitos na Produção de Vidro Laminado. Tóquio, 2025. Documento técnico interno sobre a aplicação de ferramentas de qualidade, incluindo o Diagrama de Ishikawa.
AGC Brasil. Análise de Causa e Efeito na Produção de Vidro Float. São Paulo, 2024	Relatório interno sobre a aplicação do Diagrama de Ishikawa para melhoria de processos na planta brasileira
AGC:4. AGC Inc. Corporate Profile 16-BFCQ 038	
This document was generated by AGC-3PO	

Fonte: Próprio autor

3.1.2 Pesquisa de Campo

Para complementar as informações documentais e obter uma perspectiva prática da realidade operacional, foram aplicadas as seguintes técnicas de campo:

- ✓ Entrevistas Semi-estruturadas: Foram conduzidas entrevistas com o gerente de qualidade, supervisores de produção e operadores de linha. O foco foi coletar relatos detalhados sobre as práticas de manuseio e as dificuldades operacionais cotidianas, enriquecendo a análise com o know-how tácito dos colaboradores.
- ✓ Observação Direta: A equipe de pesquisa realizou observações in loco na linha de produção, acompanhando as atividades de manuseio e selagem do PVB.

Esta técnica possibilitou a avaliação direta das condições ambientais da sala de montagem e a verificação in situ da aderência aos procedimentos.

4. ESTUDO DE CASO: O USO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA LINHA DE LAMINAÇÃO

4.1 Contextualização do Estudo

O estudo de caso apresentado neste trabalho foi realizado com base em uma melhoria implementada pela AGC, que buscou resolver o problema de formação de bolhas no processo de selagem do PVB (Polivinil Butiral) na linha de produção de vidro laminado. O objetivo principal foi aprofundar a análise sobre o problema, utilizando o Diagrama de Ishikawa como ferramenta para identificar as causas raiz e detalhar as soluções aplicadas.

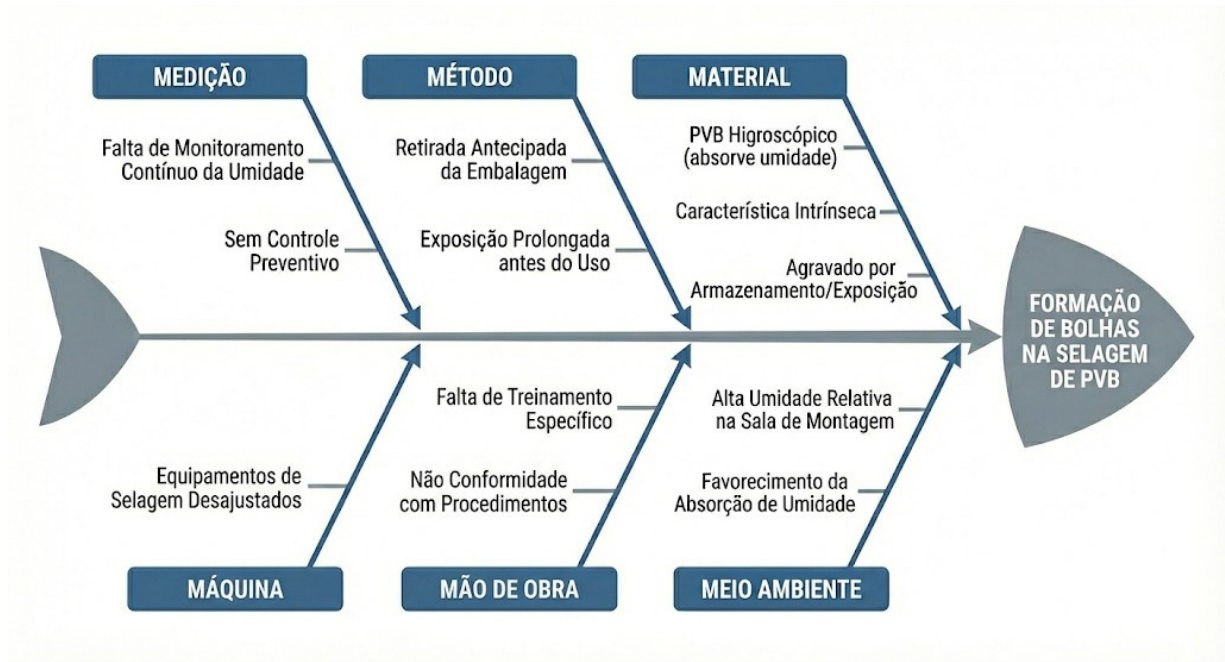
O problema identificado consistia na formação de bolhas no produto final, o que comprometia a qualidade do vidro laminado e gerava um índice elevado de retrabalho e sucata. A equipe multidisciplinar da AGC, composta por profissionais das áreas de produção, qualidade, manutenção e engenharia de processos, iniciou a investigação com foco no material utilizado, especificamente o PVB, componente essencial no processo de laminação. A hipótese inicial levantada pela equipe foi de que o PVB estava absorvendo umidade excessiva durante o processo, o que dificultava a selagem adequada e favorecia a formação de bolhas.

Para estruturar a análise e identificar as possíveis causas do problema, foi utilizado o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe. Essa ferramenta permitiu organizar as potenciais causas do problema em seis categorias principais: Método, Material, Mão de Obra, Meio Ambiente, Medição e Máquina conforme demonstrado na Figura 1. A partir dessa estrutura, a equipe pôde mapear as possíveis origens do problema de forma sistemática e abrangente.

No eixo Material, foi levantada a hipótese de que o PVB, por ser um material higroscópico, estava absorvendo umidade do ambiente, o que comprometia sua capacidade de adesão. No eixo Método, identificou-se que o PVB era retirado de sua embalagem protetora com muita antecedência, permanecendo exposto por longos períodos antes de ser utilizado. No eixo Meio Ambiente, constatou-se que a sala de montagem apresentava altos níveis de umidade relativa, o que agravava a absorção de umidade pelo PVB. Além disso, no eixo Medição, verificou-se a ausência de um

sistema de monitoramento contínuo da umidade ambiental, o que dificultava o controle das condições do ambiente.

Figura 1 - Diagrama de Ishikawa levantado pela equipe da empresa



Fonte: Próprio autor

A aplicação do Diagrama de Ishikawa foi essencial para identificar que o problema não estava relacionado à qualidade intrínseca do PVB fornecido, mas sim a uma combinação de fatores interligados, envolvendo o método de trabalho, as características do material e as condições ambientais da planta.

Para validar a hipótese inicial, foram coletadas amostras de PVB em diferentes condições: recém-aberto, após 12 horas e após 24 horas de exposição na sala de montagem. As análises laboratoriais realizadas confirmaram que o PVB exposto por mais de 24 horas apresentava níveis de umidade cerca de 15% acima das especificações do fabricante. Esses resultados evidenciaram que o material era diretamente impactado pelas condições ambientais da planta, e que a absorção de umidade reduzia a eficiência do PVB na selagem, favorecendo a formação de bolhas no processo de laminação.

4.2 Desenvolvimento e Implementação de Ações Corretivas

Com o diagnóstico preciso das causas-raiz estabelecido pelo Diagrama de Ishikawa, a equipe da AGC elaborou e implementou um plano de ação corretiva abrangente, conforme delineado na Figura 2, focado na eliminação das fontes de variabilidade identificadas. As intervenções foram planejadas para atuar simultaneamente nos fatores técnicos e comportamentais do processo:

Padronização do Método: Foi promovida uma Revisão dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs). A alteração mais crítica determinou que o Polivinil Butiral (PVB) só fosse retirado de sua embalagem protetora no momento exato do uso. Essa medida simples garantiu que o material permanecesse protegido contra a umidade ambiental até o instante de sua aplicação na linha de produção.

Controle Rigoroso do Meio Ambiente: Foi implementado um sistema de monitoramento contínuo da umidade relativa na sala de montagem, com sensores posicionados em pontos estratégicos. Essa ação foi fundamental para manter os níveis de umidade dentro dos padrões recomendados pelo fabricante, mitigando a absorção de umidade pelo PVB.

Engajamento Comportamental (Mão de Obra): A AGC investiu em treinamentos específicos para os colaboradores da linha de laminação. Esses treinamentos focaram nas boas práticas de armazenamento e manipulação de materiais sensíveis, reforçando a importância do controle ambiental. Esta iniciativa teve como objetivo aumentar a conscientização dos operadores sobre o impacto direto de suas atividades na qualidade final, alinhando-se à visão de Deming (1986), que enfatiza a qualidade como um esforço coletivo e contínuo.

Figura 2- Fluxograma de resolução de um problema de qualidade (bolhas no vidro laminado) utilizando o Diagrama de ISHIKAWA



Fonte: Próprio autor

4.3 Análise dos Resultados

As ações foram implementadas diretamente na linha de produção, e um acompanhamento sistemático dos indicadores de qualidade foi iniciado. Os resultados foram altamente positivos: a taxa de ocorrência de bolhas no vidro laminado foi reduzida de forma significativa, o que gerou uma diminuição expressiva nos índices de rejeição interna, retrabalho e sucata. Conseqüentemente, a eficiência produtiva foi

aumentada, e os custos operacionais foram reduzidos, contribuindo para uma maior rentabilidade do processo.

Além dos benefícios técnicos e financeiros diretos, a melhoria no processo de laminação fortaleceu a imagem da AGC perante seus clientes, consolidando a confiabilidade e a qualidade do produto final. O impacto organizacional também foi notável, uma vez que a aplicação do Diagrama de Ishikawa promoveu a integração e o engajamento de diferentes áreas da empresa (produção, qualidade, manutenção e engenharia de processos).

Com o sucesso das ações e a redução significativa da taxa de defeitos comprovada, o ciclo de melhoria foi formalmente encerrado na fase de "Agir" (Act), conforme preconizado pelo Ciclo PDCA. Nesta etapa, os novos procedimentos e controles (POPs revisados e o sistema de monitoramento de umidade) foram incorporados permanentemente ao Sistema de Gestão da Qualidade da AGC. As lições aprendidas e o novo know-how operacional foram documentados e incluídos em auditorias e treinamentos futuros, garantindo que o conhecimento fosse institucionalizado. Essa formalização impediu a recorrência do problema (bolhas no laminado) e reforçou o compromisso da empresa com a melhoria contínua e a excelência operacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo de caso demonstrou a eficácia do Diagrama de Ishikawa como uma ferramenta fundamental para a gestão da qualidade e a melhoria contínua de processos industriais. A pesquisa abordou um problema específico e recorrente na produção de vidro laminado: a ocorrência de bolhas na selagem do PVB. Por meio da aplicação do Diagrama de Ishikawa, a investigação permitiu identificar as causas-raiz do problema. A análise revelou que as bolhas não eram causadas por um único fator, mas sim por uma combinação de elementos interligados, como o método de trabalho, as características higroscópicas do PVB e as condições de alta umidade na sala de montagem. As ações corretivas implementadas, como a revisão do Procedimento Operacional Padrão (POP) e a instalação de um sistema de monitoramento de umidade, resultaram em uma redução significativa na taxa de defeitos. Esse sucesso reforça a visão de que a qualidade é um compromisso de toda a organização, envolvendo o engajamento de colaboradores da produção, qualidade, manutenção e engenharia de processos. A partir dessas considerações, é possível concluir que o

trabalho cumpre com os objetivos propostos de evidenciar a eficácia do Diagrama de Ishikawa, além de demonstrar sua contribuição para a melhoria contínua dos processos. O estudo de caso oferece um exemplo prático e bem-sucedido de como uma ferramenta da qualidade pode ser empregada para otimizar a produção e consolidar a excelência operacional.

REFERÊNCIAS

AGC GLASS EUROPE. Sustainability and Innovation in Glass Manufacturing. Disponível em: <https://www.agc-glass.eu>. Acesso em: 08 set. 2025.

AGC INC. AGC Group Vision "Look Beyond". Disponível em: <[site oficial da AGC – seção "About AGC"]>. Acesso em: [inserir data de acesso].

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001:2015 – Sistemas de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001:2015: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CAMPOS, L. M.; SILVA, R. B. Análise de falhas no processo de laminação de vidros utilizando o Diagrama de Ishikawa: um estudo de caso na indústria automotiva. Revista Brasileira de Engenharia de Produção, v. 22, n. 4, p. 112-128, 2021.

COSTA, F. J.; ALMEIDA, P. H. A aplicação das sete ferramentas da qualidade para redução de perdas em uma linha de produção seriada. Gestão & Produção, v. 25, n. 1, p. 85-99, 2018.

DEMING, W. Edwards. Saia da crise. São Paulo: Saraiva, 2018.

FALCONI, Vicente. TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Belo Horizonte: INDG, 2014.

INTERNATIONAL AUTOMOTIVE TASK FORCE. IATF 16949:2016: Requisitos de sistema de gestão da qualidade para organizações de produção automotiva e de peças de reposição. 2016.

ISHIKAWA, Kaoru. Controle da Qualidade Total: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JURAN, J. M. A Qualidade desde o Projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

OLIVEIRA, Marcos; SANTOS, Carla. Melhoria contínua na indústria vidreira: aplicação do ciclo PDCA. Revista de Engenharia de Produção, v. 15, n. 2, p. 25-40, 2019.

SILVA, João; PEREIRA, Ana. Aplicação do Diagrama de Ishikawa na Indústria: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Gestão Industrial*, v. 12, n. 3, p. 45-60, 2020.

DEMING, W. Edwards. *Out of the Crisis*. Cambridge: MIT Press, 1986.

GARVIN, David A. *Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge*. New York: Free Press, 2016.

GOETSCH, David L.; DAVIS, Stanley B. *Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality*. 9. ed. New Jersey: Pearson, 2020.

ISHIKAWA, Kaoru. *Guide to Quality Control*. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1986.

JURAN, J. M. *Juran on Quality by Design: The New Steps for Planning Quality into Goods and Services*. New York: Free Press, 1993.

LIMA, Arnaldo A. *Gestão da Qualidade: Fundamentos e Aplicações*. São Paulo: Atlas, 2005.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. *Sistemas, Organização e Métodos: Uma abordagem gerencial*. 20. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SEDDON, John. *In Pursuit of Quality*. 2. ed. London: Triarchy Press, 2017.

VILLEGAS, Fernando J. *Gestão da Qualidade Total*. São Paulo: Pioneira, 2002.