

UTILIZAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING E SIX SIGMA EM INDÚSTRIAS DO RAMO METALÚRGICO

The use of Lean Manufacturing and Six Sigma in Metallurgical Industries

Samira Gavenda Baroni¹; Déborah Marsarotto Radeski²; Suelen Vanzetto³; Cleber Serafim Lopes⁴; Jessie Carvalho Bruhn⁵

¹Graduanda do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim. *E-mail*: samira.gavenda@gmail.com

²Graduanda do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim. *E-mail*: 046993@aluno.uricer.edu.br

³Docente do Curso de Engenharia de Produção - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim. *E-mail*: suelen@uricer.edu.br

⁴Docente do Curso de Engenharia de Produção - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim. *E-mail*: cleberlopes@uricer.edu.br

⁵Docente do Curso de Engenharia de Produção - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim. *E-mail*: bruhn@uricer.edu.br

Data do recebimento: 30/05/2025 - Data do aceite: 29/10/2025

RESUMO: Este estudo bibliográfico explora a aplicação da filosofia *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* no ramo industrial, provenientes do Sistema Toyota de Produção, que visam a maximização de valor ao cliente com a eliminação de desperdícios e otimização de processos produtivos. De igual modo, o método do *Six Sigma* é crucial para identificar e eliminar perdas, gerar ganhos financeiros e operacionais significativos, no intuito de diminuir o número de falhas de um produto que está dentro do seu período de garantia e reduzir custos de qualidade. A metodologia envolveu a revisão de literatura e a análise nas bases de dados Scopus e Web Of Science, com descritores como “*Lean Management*”, “*Industry*” e “*Waste Reduction*”. Os resultados das cinco empresas do ramo metalúrgico com diferentes características, evidenciam a importância dessas práticas e a necessidade de comprometimento organizacional e mudança cultural para alcançar excelência contínua. Em um ambiente onde existe a necessidade de se manter competitivo, a aplicação estruturada

de *Lean* e *Six Sigma* contribui significativamente para a competitividade, satisfazer clientes, recomendando-se a continuidade da pesquisa e aplicação dessas metodologias em diversos contextos industriais.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*; Redução de Desperdícios; *Six Sigma*.

ABSTRACT: This bibliographic study explores the application of Lean Manufacturing and Six Sigma philosophies in the industrial sector, originating from the Toyota Production System, which aim to maximize customer value by eliminating waste and optimizing production processes. Likewise, the Six Sigma method is crucial to identify and eliminate losses, generate significant financial and operational gains, in order to reduce the number of failures of a product that is within its warranty period and reduce quality costs. The methodology involved a literature review and analysis in the Scopus and Web of Science databases, with descriptors such as “Lean Management”, “Industry” and “Waste Reduction”. The results of the five metalworking companies with different characteristics highlight the importance of these practices and the need for organizational commitment and cultural change to achieve continuous excellence. In an environment where maintaining competitiveness is essential, the structured application of Lean and Six Sigma contributes significantly to competitiveness and customer satisfaction, recommending continued research and application of these methodologies in various industrial contexts.

Keywords: Lean Manufacturing; Waste Reduction; Six Sigma.

Introdução

As empresas estão sempre tentando aumentar sua vantagem competitiva em relação à seus concorrentes, reduzindo a linha de tempo e eliminando atividades que não agregam valor ao seu produto e/ou serviço final. O sistema *Lean* é definido como uma filosofia de gestão, onde os principais objetivos são agregar valor ao cliente e eliminar desperdícios (Womack; Jones, 2004).

O *Lean Manufacturing* também oferece métodos práticos para eliminar potenciais desperdícios no processo produtivo, diferenciando-se, significativamente, do sistema de manufatura convencional ainda utilizado por muitas empresas. Mesmo tendo sido aplicada, inicialmente, em uma indústria automobilística

ca do Japão, a filosofia *Lean* é extremamente versátil e pode ser aplicada em diferentes tipos de organizações, desde serviços à manufatura, com o mesmo resultado satisfatório que teve desde a sua primeira implementação (Hino, 2009).

Além do sistema *Lean*, a metodologia *Six Sigma* também se torna uma aliada para gerenciar processos e trazer maior performance e lucratividade às empresas, a partir da geração de dados, tanto quantitativos quanto qualitativos, utilizando ferramentas de gestão (Domingues; Mendonça, 2016). Ela atua na redução de variância nos processos, baseando-se nas necessidades dos consumidores, até que tudo esteja alinhado e funcionando da melhor forma.

Considerando a busca por melhorias, partindo da necessidade das empresas, a

integração do *Lean Six Sigma* (LSS), que se deu início na década de 2000, busca unir as filosofias e conceitos, com o propósito único de melhorar os processos produtivos e trazer resultados satisfatórios para as organizações (Almeida, 2017).

O objetivo deste estudo é apresentar a importância da aplicação da filosofia do *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*, em indústrias metalúrgicas, como uma forma de alcançar excelência contínua. A relevância desse sistema reside em fazer cada vez mais com cada vez menos, ou seja, utilizando menos esforço humano, equipamentos, tempo e espaço.

Referencial teórico

A produtividade é uma medida da eficiência da transformação de recursos de entrada, ou insumos, de um sistema de agregação de valor em saídas ou produtos. Quando há múltiplas entradas e saídas, é necessário converter tudo para uma mesma unidade, como o custo das entradas e o valor das saídas, facilitando o cálculo de relação econômica para expressar a produtividade (Correa; Correa, 2007).

Unidades com grande capacidade produtiva também apresentam algumas desvantagens quando a capacidade da operação está sendo alterada para atender a uma demanda que está mudando. Com frequência, entretanto, as organizações encontram-se com algumas partes de suas operações funcionando abaixo de sua capacidade, enquanto que outras estão funcionando em sua capacidade máxima (Slack *et al.*, 2002). Para a melhoria da produtividade é necessário que sejam analisados os desperdícios do processo associados à utilização em massa dos recursos disponíveis (Cantidio, 2009).

Sobre a definição do *Lean Manufacturing* ou “Sistema Toyota de Produção” pode-se afirmar que seu início se deu na década de 1960, no Japão, visto que a indústria auto-

mobilitária americana era uma forte concorrente no mercado e buscavam-se meios de conseguir ser competitivo neste ramo. Sendo assim, Taiichi Ohno implementou a filosofia *Lean*, que tem como um de seus objetivos a eliminação total de desperdícios (Ohno, 1997).

Assim como menciona Ohno (1997), os desperdícios e/ou perdas que ocorrem dentro do chão de fábrica são classificadas em sete categorias, sendo estas: desperdício por defeitos, excesso de produção ou superprodução, tempo por esperas desnecessárias, excesso de transportes, movimentações, processamento inapropriado e estoque desnecessário.

Segundo Shah e Ward (2002), o ponto fundamental da filosofia *Lean* é a criação de um sistema de alta qualidade, no qual a fabricação dos produtos ocorre em um ritmo desejável pelo cliente, evitando desperdícios. Esta metodologia transformou, segundo Liker e David (2007), os conceitos da manufatura e de toda a cadeia de suprimentos, reconhecida como padrão mundial em qualidade, produtividade, flexibilidade e velocidade de produção.

Conforme Hines, Holweg e Rich (2004), o *Lean Manufacturing* é um dos novos paradigmas que mais influenciam nas produções, e tem se expandido além da sua aplicação original no chão de fábrica da produção de veículos e componentes de abastecimento da indústria automotiva, estendendo-se desde indústrias pesadas como metal primário até negócios aeroespaciais.

Werkema (2006) destaca que a adoção do *Lean Manufacturing* representa um processo de mudança de cultura da organização e, portanto, não é algo fácil de ser alcançado. O fato de a empresa utilizar suas ferramentas não significa, necessariamente, que foi obtido pleno sucesso na implementação do *Lean Manufacturing*.

De acordo com Zhou (2016) as empresas que aplicam os conceitos do *Lean* esperam

reduzir o custo, estoque, lead-time, necessidades de trabalho, aumentar a quota de mercado e melhorar a margem de lucro, flexibilidade, visibilidade, utilização das instalações, qualidade, capacidade de resposta do serviço, relacionamento com o fornecedor, confiabilidade no fornecimento e manutenção de uma posição competitiva.

A filosofia *Six Sigma* foi desenvolvida pelo engenheiro Bill Smith, em 1986, junto à Motorola, no intuito de diminuir o número de falhas de um produto, ainda dentro do seu período de garantia, e de reduzir custos de qualidade (Rengel *et al.*, 2006). Segundo Bossert (2003), o *Six Sigma* é, primeiramente, um programa para melhorar a capabilidade produtiva, usando ferramentas estatísticas para identificar, reduzir ou eliminar a variação dos processos.

Visto que existe o intuito de buscar metas para reduzir os defeitos, o *Six Sigma* é colaborativo com o esforço de melhoria no atingimento máximo de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, em determinadas atividades. Além disso, esta filosofia norteia-se pela compreensão das exigências dos consumidores, uso de dados e análises estatísticas, melhorias e criação de processos (Junior *et al.*, 2012).

Para Werkema (2002), apesar de as ferramentas do *Six Sigma* não serem novidades, sua abordagem e a forma de implementação são únicas e muito poderosas, o que explica o sucesso do programa. Garrido (2005) acrescenta que o enfoque do *Six Sigma* agrega valor pela sua harmoniosa integração ao gerenciamento por processo e por diretrizes, mantendo o foco nos clientes, nas atividades críticas e nos resultados da empresa.

O *Six Sigma* utiliza técnicas estatísticas seguindo os passos do DMAIC (sigla em inglês para Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) para estudo e análise dos dados coletados. A finalidade da utilização destas técnicas é a de encontrar as causas raízes

dos problemas, eliminá-los ou melhorá-los e mantê-los sob controle depois de efetuada a mudança (Lucas, 2002).

Sendo assim, de acordo com Han e Lee (2002), o DMAIC define e acompanha um método de avaliação que norteia os engenheiros de processos na busca por oportunidades de ganhos e aumento dos lucros, com foco em projetos criteriosamente escolhidos.

As metodologias *Lean* e *Six Sigma*, em conjunto, se tornam uma maneira adequada de resolver problemas de qualquer tipo, desde que seja relacionado a processos (Werkema, 2002). Enquanto o *Lean Manufacturing* procura processos mais ágeis, eficientes e sem perdas produtivas, o *Six Sigma* consiste na redução de variabilidade através de análises por meio de ferramentas estatísticas.

A proposta de se reduzir processos que não agregam valor e tempo de ciclo são tão importantes quanto reduzir a variância dos processos. Por este motivo, o ideal é alinhar os dois métodos e ter ciência sobre qual abordagem é melhor indicada para cada projeto, atuando em diversas frentes, onde um acaba por reforçar o resultado do outro (Snee; Hoerl, 2007).

Segundo Werkema (2002), as métricas utilizadas pelo LSS são as mais adequadas para avaliar a classificação das empresas com relação a variações e defeitos. Estas métricas são mencionadas como defeitos por unidade, oportunidade, milhão de oportunidade e a escala *Sigma*, sendo esta última definida por medir a qualidade de um processo específico, convertendo as quantidades de defeitos por milhão em valores consistentes com a escala *Sigma*.

Metodologia

O presente estudo trata-se de um levantamento bibliográfico realizado por meio de

abordagem exploratória. Para isso, foi necessária a coleta de informações em diversas fontes, tais como livros, revistas acadêmicas, artigos científicos e dissertações. Para Lima e Mito (2007), a pesquisa bibliográfica consiste na relação de procedimentos de busca por soluções que atendam os objetivos mencionados na pesquisa.

Foram utilizados os seguintes descritores: “*Lean Management*”; “*Industry*”; “*Waste Reduction*” nas bases de dados Scopus e Web of Science. Os critérios de inclusão definidos foram artigos publicados em inglês e por-

tuguês, na área de engenharia de produção, inseridos entre 1994 e 2020, presentes no Google Acadêmico.

Estudos baseados na revisão de literatura são fundamentais para a construção e consolidação do conhecimento, uma vez que podem evitar a duplicação de pesquisas sobre o mesmo tema e contribuir para definir, com maior precisão, o problema a ser estudado. Essa permite, ainda, identificar lacunas no conhecimento existente e direcionar a pesquisa de forma mais eficaz.

Quadro 1 - Estudos de casos que utilizam a metodologia do *Six Sigma*.

Empresa	Localização	Sector de Atuação	Ferramentas Utilizadas	Resultados Obtidos	Contextualização / Observações
A (Fernandes & Marins, 2012)	Aratu-BA, Pinda-SP, Camaçari-BA, Cubatão – SP	Meta-lúrgica (alumínio e coque)	<i>Six Sigma, Lean</i>	Redução de 15% no custo de transporte; redução do <i>lead time</i> de 14 para 2 dias	Foco em logística e tempo de entrega, integração <i>Lean + Six Sigma</i>
B (Bueno, 2021)	São Leopoldo – RS	Armas e equipamentos industriais	<i>Six Sigma</i>	Redução de R\$ 2 milhões em sucata (meta inicial R\$ 1,2 mi)	Ênfase em capacidade de processo e perdas materiais
C (Cunha, 2017)	São Bernardo do Campo – SP	Utensílios domésticos (painéis)	<i>Six Sigma</i>	Redução de 62,3% no tempo de paradas; R\$ 357 mil em ganhos anuais	Melhoria no OEE, redução de refugo e aumento da eficiência produtiva
D (Santos, 2016)	São Leopoldo – RS	Estruturas metálicas (óleo e gás)	<i>Six Sigma</i>	Redução de retrabalho em 76%; economia de R\$ 698 mil/ano	Baixo custo de implementação; impacto financeiro e cultural positivo
E (Pereira <i>et al.</i> , 2020)	Vale do Paraíba – SP	Componentes automotivos	<i>Six Sigma</i>	Eliminação de refugo (redução de 100%); redução de 17% nos custos	Ênfase na análise de causa raiz e estabilização de qualidade
F (Barbosa <i>et al.</i> , 2016)	Uberlândia – MG	Aço para construção civil	<i>Six Sigma</i>	Redução de 72,68% na perda metálica; economia de R\$ 22.988,87	Superou média nacional; foco em redução de perdas físicas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Desta forma, deu-se a análise de casos publicados que tratam da implementação da filosofia *Lean* e *Six Sigma* em empresas do setor metalúrgico. A análise destacou como as ferramentas utilizadas nesse processo de implementação obtiveram resultados alcançados distintos, com o objetivo de compreender o funcionamento desse sistema de produção e avaliar sua aplicabilidade.

Resultados e Discussões

O estudo procurou apresentar dados coletados de casos relatados em publicações pertinentes à indústria metalúrgica. A escolha dos casos baseou-se na importância do tema, na relevância do segmento industrial estudado, na variedade de aplicações do conceito *Lean Six Sigma* e nos benefícios observados, como o aumento da eficiência fabril, a diminuição do tempo de execução e desenvolvimento de projetos, e a melhoria da produtividade operacional.

A publicações utilizadas como referência para este estudo foram selecionadas com base no nível de detalhamento a respeito dos resultados da implementação do *Lean Six Sigma* nesse setor industrial específico. O Quadro 1 apresenta o comparativo entre os estudos de casos que utilizam a metodologia do *Six Sigma*.

Ao avaliar os dados e casos apresentados, nota-se a eficácia da aplicação das metodologias *Lean Six Sigma* em diferentes cenários do ramo industrial, salientando sua adaptabilidade em contextos diversos. Independentemente do porte, localização ou ramo de atuação das empresas, a utilização dessas ferramentas contribuiu, significativamente, para a redução de desperdícios, aumento da eficiência operacional e melhoria nos indicadores de qualidade e produtividade. Somado aos notáveis ganhos financeiros, evidencia-se a adoção de uma

cultura organizacional voltada à melhoria contínua, capacitação de equipes e tomada de decisões baseada em dados.

Esses resultados, em diversos estudos de caso, mostram o que é amplamente exposto na literatura sobre gestão da qualidade e manufatura enxuta, validando a importância da integração entre métodos DMAIC, *Six Sigma* e *Lean Manufacturing*, para alcançar excelência operacional e vantagem competitiva sustentável entre as empresas.

Conclusão

Este estudo bibliográfico destaca a aplicação da filosofia *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* em diversas empresas do setor metalúrgico. Através da revisão de casos publicados, verificou-se a eficácia dessas abordagens na melhoria da eficiência operacional, redução de custos e aumento da qualidade dos processos produtivos. As ferramentas *Lean* e o método DMAIC do *Six Sigma* mostraram-se fundamentais para identificar e eliminar desperdícios e otimizar a utilização de recursos.

Os resultados das empresas analisadas mostram que a metodologia *Lean Six Sigma* gera ganhos financeiros e operacionais significativos, reduzindo perdas, retrabalhos e sucatas, e melhorando a eficiência dos processos. Esses benefícios destacam a importância da adoção dessas práticas e a necessidade de comprometimento organizacional e mudança cultural. Em um cenário competitivo, as aplicações estruturadas dessas metodologias se mostram eficazes para manter a competitividade, otimizar processos e satisfazer clientes. Recomenda-se a continuidade da pesquisa e aplicação dos métodos em diversos contextos industriais para ampliar oportunidades de melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R. A. **Metodologia Lean Seis Sigma para o aumento de produtividade**: estudo de caso em uma empresa do setor hidráulico. Monografia -Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, 2017.
- BARBOSA, F. C.; TOMASZEWSKI, L. A.; SILVA, M. M. D. S. Implantação da metodologia dmaic em uma industria de corte e dobra de aço para a construção civil: um estudo de caso. **XXVI ENEGEP Encontro Nacional de Engenharia de Produção**: Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil, Joao Pessoa Paraíba, p.1-20, 03 out. 2016.
- BOSSERT, J. Lean and Six Sigma – Synergy Made in Heaven. **Quality Progress**; v.36, n. 7, p.31-32, Jul. 2003.
- BUENO, F. D. S. **Aplicação da metodologia Seis Sigma para redução dos custos de produção em processo de sinterização contínua em uma metalúrgica multinacional**. São Leopoldo. 2021.
- CANTIDIO, S. **Reduzir os desperdícios para melhorar a produtividade**. 13 maio. 2009. Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/boletimsindical/sindemon/manufatura-enxuta-aumenta-produtividade-e-reduz-custos-para-as-industrias--2-16905-324601.shtml>. Acesso em: 22 abr.2024.
- CORREA, H. L.; CORREA, C. A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 690p.
- CUNHA, N. R. D. **Aplicação da metodologia Seis Sigma para melhoria da eficiência em um processo de pintura**. 2017. Monografia de Especialização (Especialização em Administração de Empresas) - Faculdade de Economia, Administração, Contábeis e Atuariais da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2017
- DOMINGUES, J. L.; MENDONCA, C. M. T. **Aplicação da metodologia Seis Sigma em uma indústria de lácteos**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.
- FERNANDES, S. T., & MARINS, F. A. S. Aplicação do lean six sigma na logística de transporte. **Revista Produção Online**, v. 12, n. 2, p. 297-327, 2012. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v12i2.763>
- GARRIDO, A. P. Seis Sigma: Uma metodologia em constante evolução. **Banas Qualidade**, v.156, n.5, p.52-58, May 2005.
- HAN, C.; LEE, Y. Intelligent integrated plant operation system for six sigma. **Annual Reviews in Control**, v. 26, n. p. 27-43, 2002.
- HINES, P.; HOLWEG M. ; RICH N. Learning to evolve – A review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations & Production Management**, v.24, n.10, p.994-1011, Oct. 2004.
- HINO, S. **O Pensamento Toyota** - Princípios de Gestão para um Crescimento Duradouro. 1. ed., Porto Alegre: Bookman, 2009.
- JUNIOR, M. I.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; QUINTELLA, O. M. **Gestão da qualidade e processos** - Rio de Janeiro: Editora FGV, 2012.
- LIKER, J.; DAVID, M. **O Modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo, 2007.
- LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento

científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katál**, v. 10, p. 37-45, 2007.

LUCAS, J. M. The Essential Six Sigma. **Quality Progress**, v.35, n.1, p.27-31, 2002.

OHNO, T. (1997). **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala; trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, p. 150.

PEREIRA, J. V.; GUIMARÃES, R. O.; MORAIS, L. M.; FIORAVANTE, I. A. Aplicação Da Ferramenta Dmaic Para Redução De Refugo Em Uma Empresa Metalúrgica. **Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 40-64, 2020,

RENGEL, E. PEREIRA, M.G.; HOFFMANN, M.R.; OLIVEIRA, P.E.C. **Seis-Sigma**. Uma ferramenta contra falhas, 2006. Disponível em: <http://www.companyweb.com.br/lista_artigos.cfm?id_artigo=188>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SANTOS, V. F. R. D. **Aplicação da metodologia Seis Sigma para a redução de retrabalho em juntas soldadas em um processo de soldagem FCAW**: estudo de caso. São Leopoldo. 2016.

SHAH, R.; WARD, P. T. Lean Manufacturing: Context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**. v. 335, p. 1-21, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2a. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SNEE, R. D.; HOERL, R. W. Integrating Lean and Six Sigma - a Holistic Approach. **Six Sigma Forum Magazine**, v. 6, n. 3, p.15-21, maio 2007. Trimestral.

WERKEMA, M. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. p.253. v.2.

WERKEMA, M. C. **Evolução do Seis Sigma**, 2006. Disponível em: <http://www.banasqualidade.com.br/sixsigma/artigos.asp>. Acesso em: 27 abr. 2024.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Gulf Professional Publishing, 2004.

ZHOU, B. **Lean principles, practices, and impacts**: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs), Annals of Operation Research, 2016.