



Implantação do Lean Six Sigma em Linha de Montagem: estudo empírico no setor de máquinas agrícolas

Estefani Silva Rocha

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (estefani.rocha@gmail.com)

Raquel Mello

Universidade Presbiteriana Mackenzie (raquelmello13@gmail.com)

Aline Sacchi Homrich

Fundação Educ. Inac. Padre Saboia de Medeiros (alinesacchihomrich@gmail.com)

Lillian Do Nascimento Gambi

Universidade Federal de Viçosa – UFV (lillian.gambi@ufv.br)

Fabiane Letícia Lizarelli

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar (fabiane@dep.ufscar.br)

Resumo

Em um cenário de crescente competitividade global, as organizações têm adotado metodologias de melhoria contínua orientadas por dados para aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e elevar a satisfação do cliente. O *Lean Six Sigma* (LSS) destaca-se como uma estratégia híbrida e um modelo robusto de excelência operacional. Composto pelo ciclo DMAIC, o LSS integra as ferramentas Lean, voltadas à eliminação de desperdícios e promoção do fluxo, às técnicas Six Sigma, que reduzem a variabilidade e aumentam a precisão dos processos. Este estudo teve como objetivo identificar e resolver problemas nos processos produtivos de uma linha de montagem, com foco na redução de desperdícios e no aumento da produtividade e da eficiência operacional. Para alcançar esse objetivo, por meio da pesquisa-ação, foi implantado o LSS utilizando o método DMAIC e ferramentas como diagrama de Ishikawa e 5S em uma linha de produção de uma fábrica de máquinas agrícolas. Essa abordagem possibilitou uma atuação prática e colaborativa com os operadores, garantindo que as melhorias fossem fundamentadas em dados empíricos e no conhecimento tácito dos colaboradores. Os resultados indicaram ganhos expressivos de produtividade, padronização das atividades,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

melhoria do layout e organização do ambiente de trabalho, reforçando a relevância do estudo.

Palavras-chave: Lean Six Sigma, DMAIC, Melhoria Contínua, Linha de Montagem.

Abstract

In an increasingly competitive global environment, organizations have adopted data-driven continuous improvement methodologies to enhance operational efficiency, reduce costs, and increase customer satisfaction. Lean Six Sigma (LSS) stands out as a hybrid strategy and a robust model of operational excellence. Composed of the DMAIC cycle, LSS integrates Lean tools, aimed at waste elimination and flow promotion, with Six Sigma techniques, which reduce variability and increase process accuracy. This study aimed to identify and solve problems in the production processes of an assembly line, focusing on waste reduction and the increase of productivity and operational efficiency. To achieve this objective, through action research, the LSS methodology was implemented using the DMAIC method and tools such as the Ishikawa diagram and 5S in a production line of an agricultural machinery factory. This approach enabled a practical and collaborative engagement with the operators, ensuring that improvements were based on empirical data and the tacit knowledge of employees. The results indicated significant productivity gains, standardization of activities, layout improvement, and organization of the work environment, reinforcing the relevance of the study.

Keywords: Lean Six Sigma, DMAIC, Continuous Improvement, Assembly Line.

Resumen

En un contexto de creciente competitividad global, las organizaciones han adoptado metodologías de mejora continua basadas en datos para aumentar la eficiencia operativa, reducir costos y elevar la satisfacción del cliente. Lean Six Sigma (LSS) se destaca como una estrategia híbrida y un modelo sólido de excelencia operativa. Compuesto por el ciclo



DMAIC, LSS integra las herramientas Lean, orientadas a la eliminación de desperdicios y a la promoción del flujo, con las técnicas Six Sigma, que reducen la variabilidad y aumentan la precisión de los procesos. Este estudio tuvo como objetivo identificar y resolver problemas en los procesos productivos de una línea de montaje, con enfoque en la reducción de desperdicios y en el aumento de la productividad y la eficiencia operativa. Para alcanzar este objetivo, mediante la investigación-acción, se implementó el LSS utilizando el método DMAIC y herramientas como el diagrama de Ishikawa y 5S en una línea de producción de una fábrica de maquinaria agrícola. Este enfoque permitió una actuación práctica y colaborativa con los operadores de la línea de montaje, garantizando que las mejoras se basaran en datos empíricos y en el conocimiento tácito de los colaboradores. Los resultados indicaron ganancias significativas en productividad, estandarización de actividades, mejora del layout y organización del entorno de trabajo, reforzando la relevancia del estudio.

Palabras clave: Lean Six Sigma, DMAIC, Mejora Continua, Línea de Montaje.

1. INTRODUÇÃO

Devido à pressão dos mercados, várias empresas adotam medidas de melhoria contínua, com vista a combater os desperdícios do processo produtivo da organização, para que isso seja possível, é vital que as organizações evoluam e desenvolvam competências para se adaptarem às novas exigências do mercado (REWERS et al., 2016). Para responder às exigências de um mercado global cada vez mais competitivo, as organizações têm adotado metodologias de melhoria contínua orientadas por dados para aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e elevar a satisfação do cliente (Antony et al., 2017; Albliwi et al., 2015). Nesse contexto, destaca-se o *Lean Six Sigma* (LSS), uma estratégia híbrida que integra os princípios Lean de eliminação de desperdícios com as técnicas estatísticas do Six Sigma para redução de variabilidade e defeitos, formando um modelo robusto e escalável de excelência operacional (Silva et al., 2022; Uluskan, 2019; Singh & Rathi, 2021). O LSS utiliza um portfólio abrangente de ferramentas, como SIPOC, mapeamento de fluxo de valor, 5S, Poka-Yoke, SMED, cartas de controle, análise de



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

capacidade, FMEA e DOE, que se distribuem ao longo das etapas do ciclo DMAIC e possibilitam o diagnóstico, a otimização e a padronização de processos em diferentes contextos industriais e de serviços (Arumugam et al, 2012; Drohomeretski et al., 2014; Silva et al., 2022). Estas ferramentas foram provenientes tanto do Lean como do Six Sigma (Snee, 2010; Albliwi et al., 2015)

Além dos benefícios operacionais, a literatura evidencia que o LSS promove ganhos intangíveis relacionados à cultura organizacional, engajamento dos colaboradores e fortalecimento da mentalidade de melhoria contínua (Albliwi et al., 2015; Singh; Rath, 2021; Patel; Patel, 2024). Singh e Rath (2019) e Sakib et al. (2025) indicam que a adoção do LSS tem crescido em diversos setores, sendo reconhecido como filosofia estratégica por corporações globais, devido à sua capacidade de aumentar a produtividade, reduzir inventários, eliminar defeitos e melhorar o desempenho financeiro. Esses impactos são reforçados por Pepper e Spedding (2010), que explicam que a sinergia entre Lean e Six Sigma potencializa os resultados, uma vez que a melhoria da qualidade viabiliza a redução de estoques e a estabilização do fluxo produtivo.

Dessa forma, *Lean Six Sigma*, composto pelo ciclo DMAIC é um sistema de gestão da melhoria contínua, no qual as ferramentas Lean eliminam desperdícios e promovem fluxo, enquanto as técnicas Six Sigma reduzem a variabilidade e aumentam a precisão dos processos (Antony et al., 2017; Uluskan, 2019). Essa integração permite alcançar melhorias operacionais sustentáveis, gerar valor ao cliente e fortalecer a capacidade competitiva das organizações em ambientes dinâmicos e orientados por desempenho (Silva et al., 2022; Singh & Rath, 2019).

O desenvolvimento de tecnologias é capaz de impulsionar mudanças benéficas para diversos setores da economia. Na agricultura, esse desenvolvimento traz benefícios para os processos de produção, elevando a qualidade dos serviços e produtos (Sahoo e Lo, 2022). A agricultura mecanizada se destaca neste cenário, tendo como principal objetivo o aumento de produtividade no campo, a otimização da qualidade das operações e o bem-estar do operador. Considerando a relevância desse tópico e a importância do LSS, este artigo tem como objetivo identificar e resolver problemas de processos de produção e

redução de desperdícios, buscando aumento na produtividade e eficiência operacional nas linhas de montagem. Para que este objetivo seja atingido, por meio da pesquisa-ação, foi implantado o LSS utilizando o método DMAIC e ferramentas do LSS em uma linha de produção de arruadores de café de uma fábrica de máquinas agrícolas no estado de São Paulo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceituação de Lean Six Sigma

Lean Six Sigma (LSS), uma metodologia integrada que combina a eliminação de desperdícios do Lean com a redução de variação e de defeitos do Six Sigma (Snee, 2010; Antony et al., 2017; Sakib et al., 2025). A origem do *Lean Six Sigma* remete às origens separadas, tanto do Lean no Sistema Toyota de Produção (TPS) quanto do Seis Sigma na Motorola (Antony et al., 2017).

A raiz do Lean está no Sistema Toyota de Produção (TPS), estabelecido logo após a Segunda Guerra Mundial, na década de 1940, no Japão, por Taiichi Ohno (Womack et al., 1990; Holweg, 2007). O TPS ganha difusão com a publicação do livro "A Máquina que Mudou o Mundo" sendo adotado e adaptado pelos americanos e conhecido nos países ocidentais como Lean Manufacturing (Holweg, 2007). Segundo Womack e Jones (2004), o pensamento enxuto é sustentado por cinco princípios fundamentais: (1) definir o valor a partir da perspectiva do cliente, (2) mapear a cadeia de valor para identificar atividades que não agregam valor, (3) estabelecer fluxo contínuo, (4) permitir que o cliente puxe a produção conforme a demanda real e (5) buscar a perfeição por meio da melhoria contínua. Os princípios do Lean concentram-se na eliminação de atividades sem valor agregado e do desperdício, ou *muda*, na indústria (Albliwi et al., 2015). De acordo com Womack e Jones (2004), os sete desperdícios fundamentais do Lean incluem: movimentação excessiva, superprodução, processamento desnecessário, tempo de espera, retrabalho, excesso de inventário e defeitos.

O Six Sigma foi desenvolvido e lançado pela Motorola no final da década de 1980 e passou a ganhar notoriedade quando a empresa ganhou o Prêmio Nacional de Qualidade



Malcolm Baldrige, em 1988 (Snee, 2010; Drohomerski et al. 2014). O Seis Sigma foca claramente na redução da variabilidade, eliminação de defeitos e na obtenção de resultados financeiros e na busca pela excelência operacional (Snee, 2010; Albliwi et al., 2015). A metodologia de resolução de problemas baseada em análises estatísticas do Six Sigma fornece dados para impulsionar soluções, gerando resultados financeiros expressivos (Antony et al., 2011). O Six Sigma consolidou-se como uma abordagem de melhoria de negócios voltada à eliminação de defeitos por meio do foco em características críticas do processo sob a perspectiva do cliente, utilizando princípios estatísticos para deslocar a média do processo, aumentar a robustez e reduzir a variabilidade, o que resulta em melhorias significativas de desempenho e geração de valor financeiro (Antony et al., 2017).

A junção das duas estratégias consagradas para a melhoria contínua: Lean e Six Sigma faz com que a metodologia LSS seja amplamente reconhecida como uma estratégia de negócios e uma metodologia de melhoria de processos (Pepper and Drohomerski et al. 2014; Pepper e Spedding, 2010). O LSS começou a ser disseminado na primeira década dos anos 2000 (Snee, 2010) e tem sido reconhecido como uma ferramenta para alcançar excelência em qualidade na manufatura e serviços nos últimos anos, devido a melhora a eficiência das organizações reduzindo sistematicamente a variabilidade, otimizando processos e eliminando desperdícios para promover a qualidade, a produtividade e a satisfação do cliente (Patel; Patel, 2024; Sakib et al., 2025)

2.2 Método DMAIC e ferramentas do LSS

O método DMAIC constitui o núcleo estruturante do *Lean Six Sigma*, oferecendo uma abordagem sistemática para a melhoria, estabilização e otimização de processos existentes por meio de soluções baseadas em evidências (Noskievicova e Moravec, 2022; Al-Rifai, 2025). Segundo Al-Rifai (2025), o DMAIC – composto pelas fases *Definir, Medir, Analisar, Melhorar* e *Controlar* – fornece um roteiro lógico para a eliminação de etapas improdutivas e resolução de problemas cujo tratamento não é conhecido previamente, sendo cada etapa sucedida por uma revisão de progresso para assegurar o cumprimento dos objetivos estabelecidos. Essa estrutura é corroborada por Noskievicova

e Moravec (2022), que destacam a clareza metodológica e o foco na identificação do problema, determinação das causas raiz e garantia da sustentabilidade dos resultados obtidos. Embora desenvolvido no contexto do Seis Sigma, autores como Snee (2007) e Sakib et al. (2025) enfatizam que o DMAIC pode ser aplicado como um procedimento autônomo de melhoria contínua, bem como integrado a outras abordagens, como o Lean. As etapas do DMAIC são operacionalizadas por um conjunto de ferramentas que evoluem em complexidade ao longo das fases. Na fase *Definir*, ferramentas como análise de Pareto e o termo de abertura do projeto apoiam a definição do escopo, metas e requisitos do cliente (Ismail et al., 2014; Drohomerski et al., 2014). Na fase *Medir*, ocorre a coleta de dados e a avaliação da capacidade do processo por meio de estatísticas descritivas, análise de sistemas de medição e estudos de capacidade (Ismail et al., 2014; Al-Rifai, 2025). A fase *Analisar* utiliza ferramentas como mapeamento detalhado de processos, diagrama de causa e efeito e testes estatísticos para identificar e validar as causas de variação (Ismail et al., 2014; Noskievicova & Moravec, 2022). Em seguida, a fase *Melhorar* é direcionada pela experimentação e pelo uso de técnicas como planejamento de experimentos (DOE), visando otimizar variáveis críticas do processo, enquanto a fase *Controlar* garante a padronização e estabilidade por meio do controle estatístico de processos (Drohomerski et al., 2014; Ismail et al., 2014).

O DMAIC não é apenas uma sequência linear de etapas, mas uma metodologia robusta e iterativa, sustentada por ferramentas analíticas e gerenciais que promovem a tomada de decisão baseada em fatos. Al-Rifai (2025) enfatiza a aplicação universal do DMAIC em diferentes contextos organizacionais, enquanto Noskievicova e Moravec (2022) destacam seu papel na garantia da sustentabilidade das melhorias alcançadas.

Para alcançar essas melhorias, as aplicações LSS envolvem a utilização de uma ampla gama e número de ferramentas (Uluskan, 2019). As ferramentas do LSS são provenientes tanto do conjunto de ferramentas Lean quanto do Six Sigma (Arumugam et al, 2012). Dessa forma, ferramentas e práticas oriundas do Lean, como Kanban, Kaizen, 5S, Poka-Yoke, SMED, TPM e fluxo contínuo, são voltadas para a melhoria da eficiência operacional, aumento da flexibilidade e criação de processos enxutos (Silva et al., 2022; Singh; Rath, 2021; Patel; Patel, 2024). Os princípios do Lean atuam sobre o fluxo de

valor com foco na visualização do processo, identificação de desperdícios e padronização das rotinas por meio de ferramentas e técnicas como Value Stream Mapping (VSM), Just-in-Time (JIT) e trabalho padronizado (SW). Singh e Rath (2021) destacam ainda que essas ferramentas só alcançam seu potencial quando acompanhadas de uma cultura de engajamento e mudança comportamental voltada para a racionalização do trabalho e a resolução contínua de problemas.

Por sua vez, o Six Sigma incorpora ferramentas estatísticas avançadas que visam reduzir defeitos, variabilidade e causas de inconsistência no processo. Instrumentos como análise de capacidade, cartas de controle, testes de hipótese, regressão, planejamento de experimentos (DOE) e Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) são fundamentais para identificar causas raízes e promover melhorias com base em evidências objetivas (Arumugam et al, 2012; Drohomerski et al., 2014; Patel. Patel, 2024). Uluskan (2019) destaca que essas ferramentas compõem clusters de maior complexidade, sendo utilizadas principalmente nas fases de medição e análise do DMAIC, o que demonstra sua relevância para o diagnóstico preciso das causas raiz e para a construção de soluções robustas orientadas a resultados financeiros e de qualidade.

Ferramentas como VOC, CTQ e SIPOC são fundamentais nas fases iniciais do *Lean Six Sigma*, pois permitem alinhar o projeto às expectativas do cliente. A Voz do Cliente (VOC) identifica as necessidades do cliente; os requisitos críticos para a qualidade (CTQs) traduzem essas necessidades em métricas mensuráveis; e o SIPOC fornece uma visão macro do processo, definindo entradas, saídas e clientes para delimitar o escopo e direcionar a melhoria (Arumugam et al, 2012; Uluskan, 2019; Silva et al., 2022).

A integração dessas abordagens forma o arcabouço do *Lean Six Sigma*, em que ferramentas da qualidade, como brainstorming, mapeamento de processos, padronização e análise de causa e efeito atuam como elementos de convergência entre o pensamento enxuto e a gestão estatística da qualidade (Drohomerski et al., 2014; Silva et al., 2022). Conforme evidenciam Arumugam et al. (2012), as fases do DMAIC orientam a aplicação dessas ferramentas de maneira sequencial e estratégica, permitindo que recursos Lean sejam empregados para estabilizar o processo e eliminar desperdícios, enquanto ferramentas Six Sigma aprofundam a análise e sustentam os ganhos por meio de controle

estatístico. Não apenas para novos praticantes, mas também para os experientes, devem ter conhecimento das ferramentas LSS mais frequentemente utilizadas pode orientá-los na seleção das ferramentas mais apropriadas em seus projetos, o que resultará em desempenho superior, economizando uma quantidade significativa de tempo e dinheiro (Uluskan, 2019).

2.3 Benefícios do LSS

Diversos estudos demonstram que o *Lean Six Sigma* (LSS) gera benefícios expressivos em múltiplas dimensões do desempenho organizacional, abrangendo ganhos financeiros, operacionais e estratégicos. Albliwi et al. (2015), ao analisarem 19 estudos de caso, identificaram mais de cinquenta benefícios, entre os quais se destacam o aumento dos lucros, economias financeiras, redução de custos, diminuição do tempo de ciclo, melhoria da qualidade, redução de defeitos e aumento da capacidade produtiva. Esses achados são corroborados por Antony et al. (2017), que identificaram como principais resultados do LSS a elevação dos ganhos financeiros, a redução dos custos da má qualidade, a diminuição de estoques e lead time, bem como o fortalecimento da satisfação do cliente. Singh e Rathi (2019) acrescentam que esses benefícios se manifestam de forma consistente em diferentes setores, promovendo aumento da produtividade, processos livres de defeitos e redução de desperdícios.

Além dos benefícios tangíveis, o LSS também proporciona ganhos intangíveis que fortalecem a sustentabilidade das melhorias implementadas. Albliwi et al. (2015) destacam a melhoria do moral dos colaboradores, o estímulo ao pensamento criativo e a redução de acidentes no ambiente de trabalho como resultados frequentes da integração entre práticas Lean e Six Sigma. Pepper e Spedding (2010) enfatizam o efeito sinérgico da integração entre as abordagens, evidenciando que a redução da variabilidade promovida pelo Seis Sigma potencializa os resultados do Lean, especialmente na diminuição de inventários e na criação de fluxos mais eficientes. Dessa forma, os benefícios do LSS estão relacionados com a melhoria operacional, mas também se configuram como uma estratégia abrangente de excelência organizacional capaz de promover competitividade, melhoria contínua e geração sustentável de valor ao cliente.

2.4 Estratégias de Melhoria e o Setor de Máquinas Agrícolas

Nos últimos anos, o setor de máquinas e equipamentos agrícolas passou por intensas transformações impulsionadas pela digitalização, pelo aumento do uso de tecnologias embarcadas, em um movimento associado à Agricultura 4.0, e pela crescente demanda por soluções personalizadas (ABIMAQ, 2023; Lisbinski et al. 2020).

Segundo a ABIMAQ (2023) um dos aspectos mais relevantes deste setor, nos últimos anos, foi uma mudança na postura estratégica e operacional das empresas que passaram a se preocupar mais com sua gestão, qualificação de recursos humanos e incorporação de novas tecnologias. Essas mudanças evidenciam um esforço contínuo de adaptação às exigências do mercado e as transformações tecnológicas.

Em paralelo, a abordagem *Lean Six Sigma* vem se consolidando como uma das principais estratégias para aumento da produtividade, qualidade e eficiência operacional em diferentes setores industriais (Antony et al. 2017). No setor de máquinas e equipamentos agrícolas, sua adoção tem sido alavancada pela necessidade de ganhos de produtividade e competitividade num mercado caracterizado por variabilidade da demanda, pressões por redução de custos e exigências crescentes de qualidade (ABIMAQ, 2023).

Além disso, as linhas de montagem de máquinas agrícolas são frequentemente caracterizadas por processos manuais e pela grande diversidade de modelos, o que impõe desafios ao controle e a padronização das operações (Bortolotti; Romano, 2012; Tortorella et al. 2015). Assim, a necessidade de equilibrar eficiência operacional e customização tornam fundamentais a aplicação de ferramentas e práticas do *Lean Six Sigma* em empresas do setor agroindustrial.

Lopes et al. (2025) fizeram uma revisão sistemática da literatura sobre o uso de *Lean Manufacturing* no agronegócio e concluíram que faltam estudos mais aprofundados sobre o tema. Os autores identificaram 53 estudos disponíveis na base Scopus concentrando-se em agroindústrias localizadas na América do Sul. Os principais resultados deste estudo



mostram que a aplicação das ferramentas Lean geram ganhos de eficiência, qualidade e redução de desperdícios nas empresas, embora seu uso seja bastante limitado no setor.

Loro e Chigne (2023) estudaram o impacto da aplicação de ferramentas do Lean na melhoria do processo produtivo numa empresa de máquinas agrícolas no Peru. Dentre os principais desperdícios, os autores identificaram falta de capacitação dos operadores, ausência de controle de processo, desorganização do ambiente de trabalho, paradas não programadas de equipamentos. Por meio do uso de ferramentas como padronização do processo, TPM e Kanban, foi possível aumentar a produtividade do processo em quase 10%.

Na mesma direção, López (2023) teve como objetivo utilizar os princípios do *Lean Manufacturing* numa empresa de implemento agrícola na Espanha. A partir do redesenho do produto e da reorganização do processo produtivo e aplicação de ferramentas do Lean como VSM, Kanban e 5S foi possível aumentar a eficiência operacional reduzindo significativamente os custos por unidade produzida.

Já no contexto brasileiro, Forrester et al. (2010) analisaram o impacto do Lean no desempenho de empresas do setor de máquinas agrícolas. Os autores demonstraram que o Lean, quando implementado de forma estratégica e com o comprometimento da alta direção, atua como uma capacidade organizacional intangível capaz de gerar vantagens competitivas duradouras. Os autores afirmam, ainda, que empresas com maior grau de maturidade Lean apresentam melhores indicadores de produtividade e de criação de valor para o mercado.

Esses resultados demonstram que a utilização de práticas e ferramentas do Lean proporciona ganhos significativos em eficiência operacional, redução de custos e aumento da produtividade no setor de máquinas agrícolas. Para que esses benefícios se concretizem, é necessário o comprometimento da alta direção, aliado a investimentos contínuos em capacitação de mão de obra e infraestrutura produtiva, fatores que dão suporte a efetiva implementação da abordagem Lean nas empresas.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Este estudo utilizou o método de pesquisa qualitativo conhecido como pesquisa-ação, que atribui aos dados coletados e analisados um caráter descritivo com inúmeros significados. Este método de pesquisa considera o ambiente em que se desenvolve a investigação (Turrioni e Mello, 2018). Adicionalmente, neste método, é necessária a participação das pessoas envolvidas no processo pesquisado. Dessa forma, os autores dessa pesquisa participaram de modo cooperativo e participativo nas etapas do estudo para desenvolver as soluções propostas para o problema levantado, desempenhando um papel fundamental na resolução dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas (Turrioni e Mello, 2018).

Na pesquisa-ação, o pesquisador utiliza uma observação participante que permite que haja interferência no objeto de estudo. Essa interferência ocorre de forma cooperativa com os participantes da pesquisa a fim de resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento. É necessário que haja uma estrutura de relação entre os pesquisadores e as pessoas envolvidas no processo investigado durante a pesquisa-ação (Thiollent, 2025). Para conduzir a pesquisa-ação, foram conduzidos sete passos apresentados por Turrioni e Mello (2018), conforme apresentado na Figura 1.

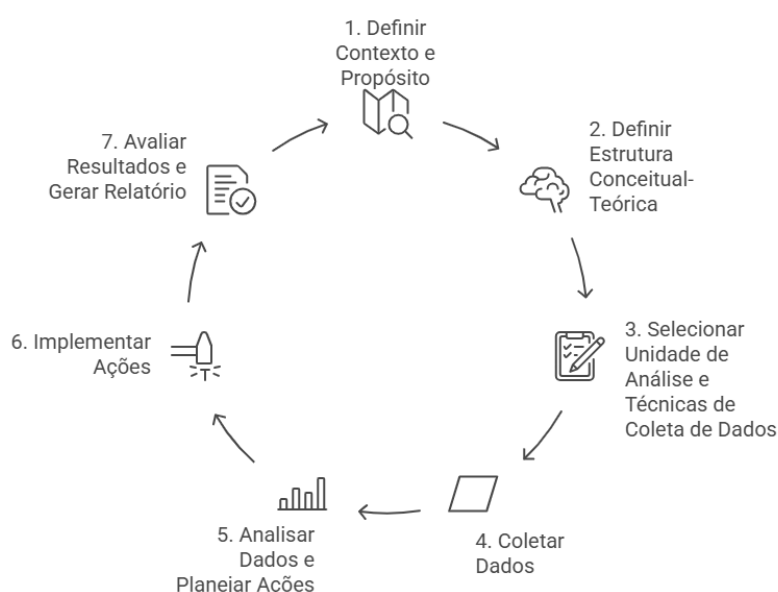


Figura 1: Passos da Pesquisa-Ação

Fonte: Adaptado de Turrioni e Mello (2018)

Esta pesquisa foi realizada no setor de montagem de uma fábrica que produz máquinas agrícolas e está localizada no estado de São Paulo. Os produtos focam em atender a necessidade da mecanização da colheita e varrição de feijão, amendoim, milho e café. Esta pesquisa focou na linha de arruadores de café, considerando que cada produto tem suas especificidades na produção e, por isso, deve ter diferentes abordagens de melhoria. O que motivou a seleção desta linha de montagem foi o aumento das vendas deste produto nos últimos anos, o que indica a necessidade de aumentar a capacidade de produção e reduzir desperdícios. Em 2024, esta empresa possuía aproximadamente mil colaboradores. Nos últimos anos, a empresa apresentou crescimento em seu lucro e na quantidade de funcionários. O crescimento sólido ao longo de 50 anos de história é o resultado dos investimentos constantes realizados na busca por qualidade, excelência e melhoria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implantação da metodologia *Lean Six Sigma* (LSS) foi estruturada através das fases do DMAIC, que podem proporcionar à organização um aumento da produtividade e eliminação de possíveis perdas ou desperdícios de seus processos, objetivando a redução do tempo de ciclo e aumento da eficiência para atender a demanda do mercado. As fases do DMAIC – definir, medir, analisar, melhorar e controlar, apresentadas nos capítulos anteriores – são utilizadas para estruturar a apresentação dos resultados a seguir.

4.1. Fase Definir

Na fase inicial do projeto, foram levantadas questões relevantes para identificar as necessidades dos funcionários da linha de montagem investigada, traçando os resultados esperados e definindo os recursos necessários. Para isso, duas ferramentas foram aplicadas: VOC e SIPOC. O VOC foi realizado com base nas diretrizes fornecidas pelo setor de planejamento de produção da empresa que tem como meta aumentar a produtividade em 35% para conseguir produzir 12 arruadores de café, além dos que já são produzidos atualmente, totalizando 48 arruadores. Este setor possui informações de

demanda, expectativas dos clientes externos e a visão da capacidade do cliente interno.

A Árvore de critérios apresentada na Figura 2 apresenta a meta da empresa e o cenário atual, apontando que tempo de ciclo e capacidade são os critérios que atualmente não atendem a meta. A empresa deseja que, com a mesma quantidade de funcionários atual (16 colaboradores), ela possa reduzir o tempo de ciclo e, consequentemente, aumentar a produtividade, atingindo uma capacidade de 48 arruadores de café.

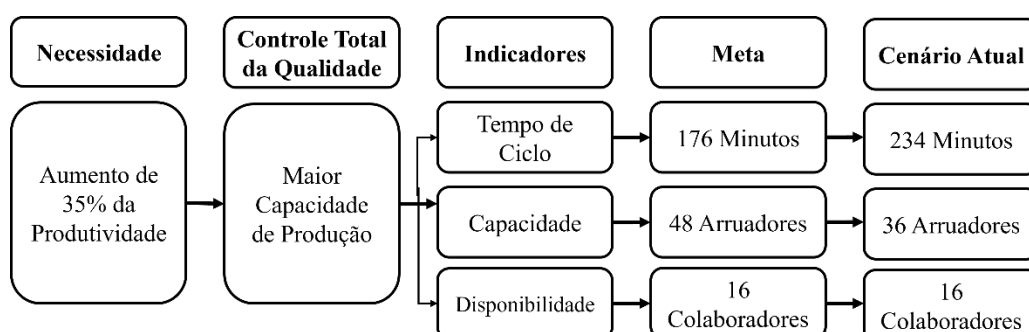


Figura 2: Árvore de Critérios

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

O SIPOC foi construído com o objetivo de definir e identificar os elementos mais importantes do processo, conforme apresentado na Figura 3. Esta ferramenta de mapeamento de processos permite que os pesquisadores sejam informados sobre as principais atividades do processo referente à linha de montagem do arruador de café, por exemplo, as entradas e saídas dos processos, bem como os clientes e fornecedores, para que seja possível identificar oportunidades de melhoria.

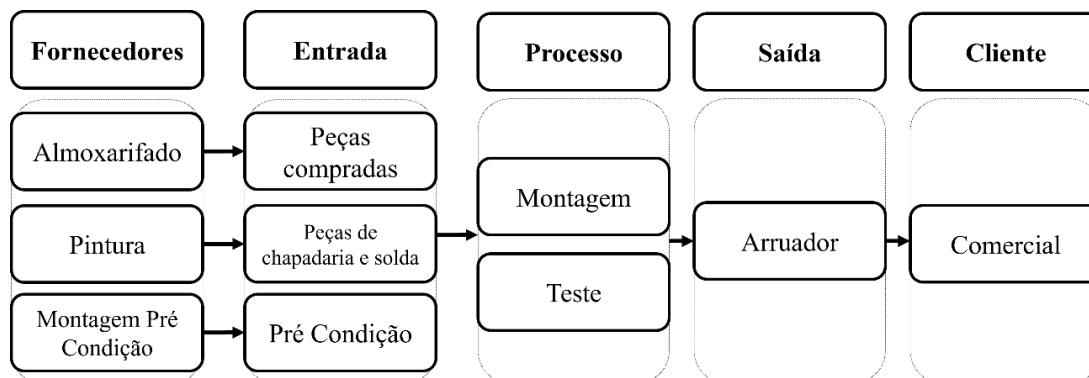


Figura 3: SIPOC

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

4.2. Fase Medir

Nesta fase, é realizado o diagnóstico do cenário para a focalização do problema a fim de avaliar e entender o estado atual do processo. Foram realizadas coletas de dados, como modo de montagem e o tempo de ciclo para montar o mapa de fluxo atual e determinar a diferença entre o estado atual e o objetivo traçado.

Na primeira coleta de informação, percebe-se que não existe um roteiro a ser seguido. Os 16 colaboradores são divididos em quatro grupos de quatro pessoas e cada grupo é responsável pela montagem de nove arruadores, totalizando 36 arruadores por dia. Os integrantes de cada grupo não têm uma ordem definida de montagem, cada um escolhe fazer uma atividade que pode ser alternada dependendo do acordo interno entre eles. Foram observados dois colaboradores se preparando para a mesma atividade, sem comunicação entre eles, portanto, desperdiçando tempo deles. Notou-se muita movimentação por falta de peças e de pré-condição, devido ao fato de que não existe uma pré-conferência das peças e não existe um local determinado e identificado para alocar cada uma delas.

Para realizar a cronoanálise, geralmente utilizada para medir com precisão o tempo necessário para a execução de uma tarefa, um colaborador específico foi responsável pela montagem de um arruador do começo ao fim e foi garantido que todas as peças e pré-

condições estariam disponíveis. Os pesquisadores realizaram uma filmagem da montagem e com o auxílio do líder, dividiram a tarefa total em diferentes etapas identificando o tempo necessário para cada uma. Na

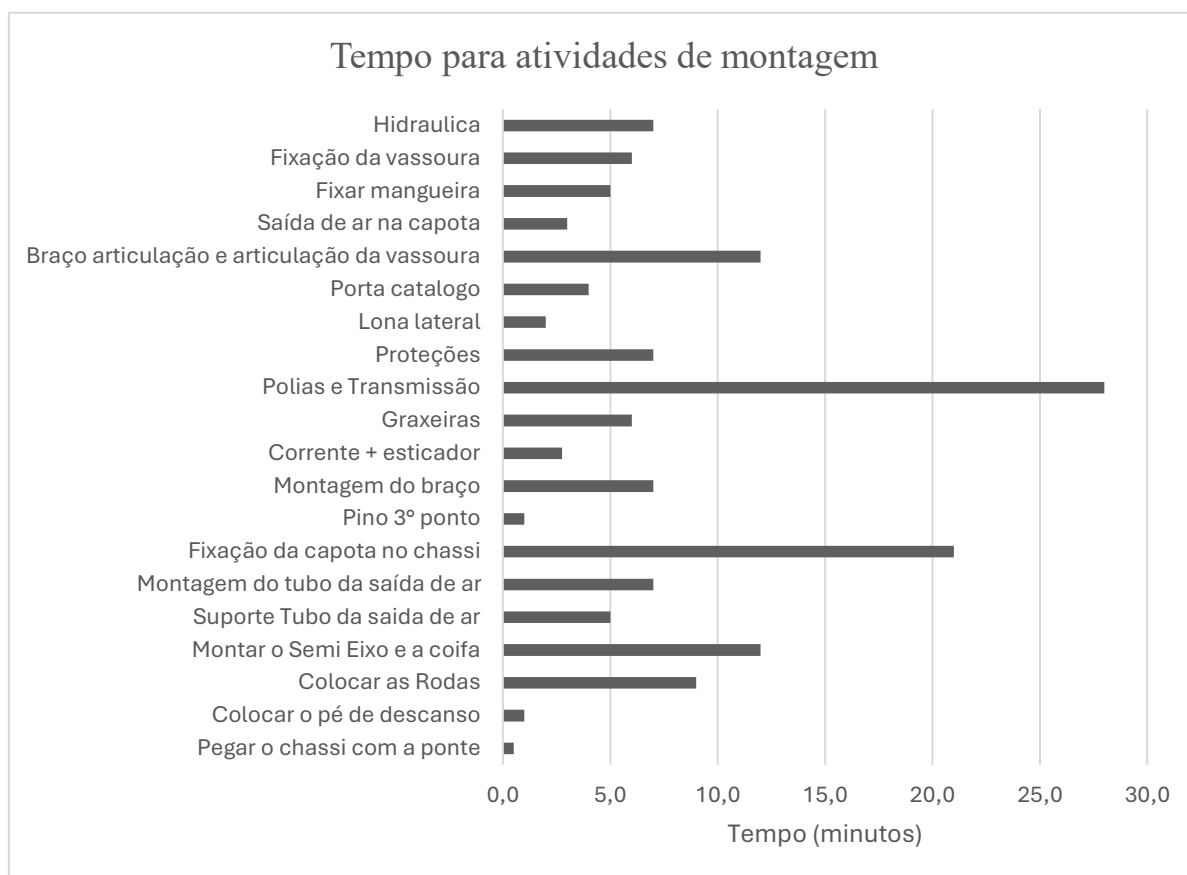


Figura 4, estão identificadas as atividades de montagem juntamente com o tempo necessário para cada uma delas.

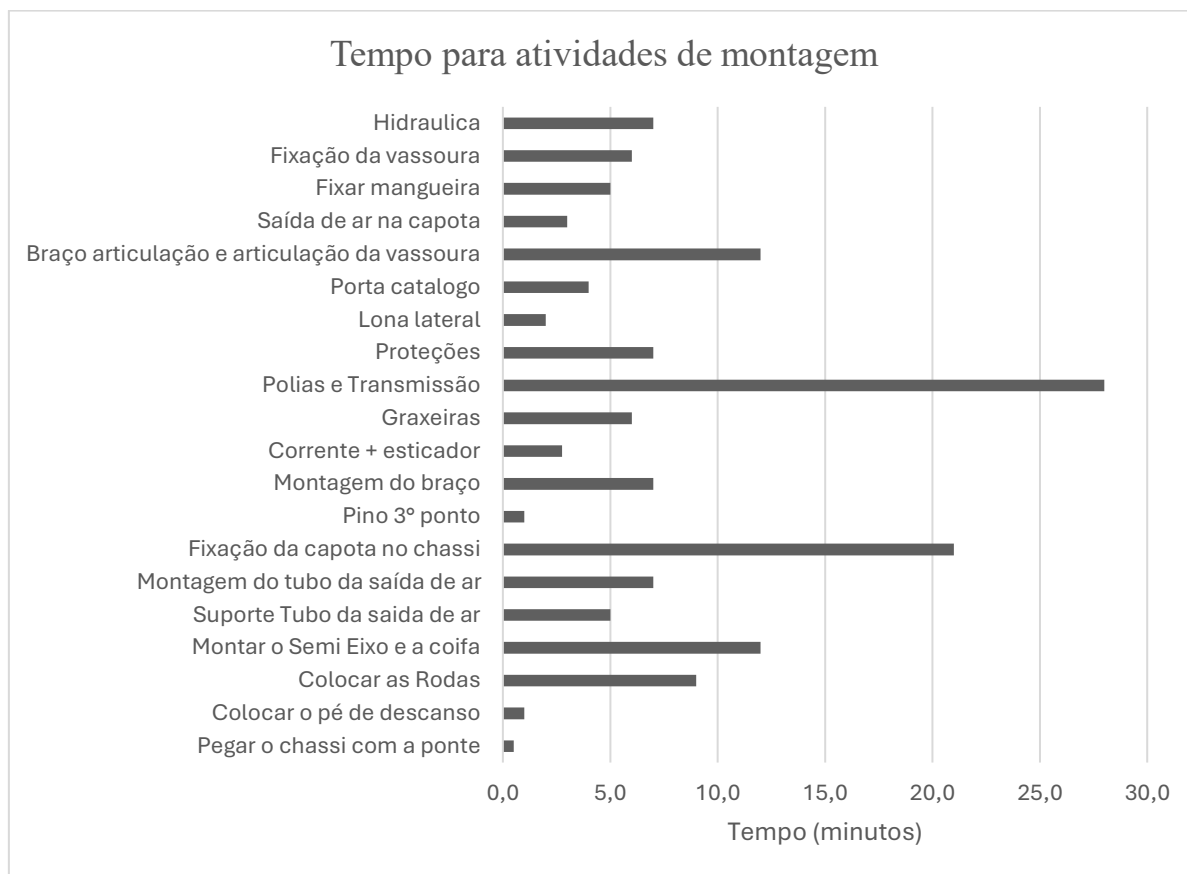


Figura 4: Tempo necessário para cada atividade de montagem dos arruadores de café

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

Após a separação das atividades, percebe-se uma variação nos tempos de cada uma. No total, um colaborador preciso de 146 minutos para montar um arruador por completo. Dois operadores realizaram o teste no arruador em 10 minutos.

Notou-se, com o auxílio do líder de produção, que o tempo de montagem realizado por unicamente um operador é muito menor do que o tempo de montagem na linha com todos os envolvidos. Vale destacar que o colaborador escolhido para a medição de tempo não tinha muita experiência de montagem; um operador mais experiente poderia ter realizado a tarefa em um tempo ainda menor, aumentando a diferença entre o tempo de montagem de somente um operador e da montagem em equipe.

A cronoanálise foi realizada na montagem de um arruador com o objetivo de identificar os desperdícios ocorridos no processo de produção. Os seguintes desperdícios foram considerados: (i) **desperdícios de movimentação**, representado pelo deslocamento desnecessário de pessoas e equipamento dentro do ambiente de produção na busca de ferramentas, peças ou componentes de montagem; (ii) **desperdícios de espera**, representado pela espera de materiais, informações ou decisões, sendo que há diversas ocasiões em que o colaborador aguarda um próximo avanço em sua atividade por falta de balanceamento da linha; e (iii) **desperdícios por processamento excessivo**, representado pela realização de etapas e processos que não fazem parte da atividade, por exemplo, montagens das pré-condições. A Figura 5 apresenta os tempos de cada desperdício mencionado acima, o desperdício de movimentação foi o que causou maior impacto para a meta ser atingida.

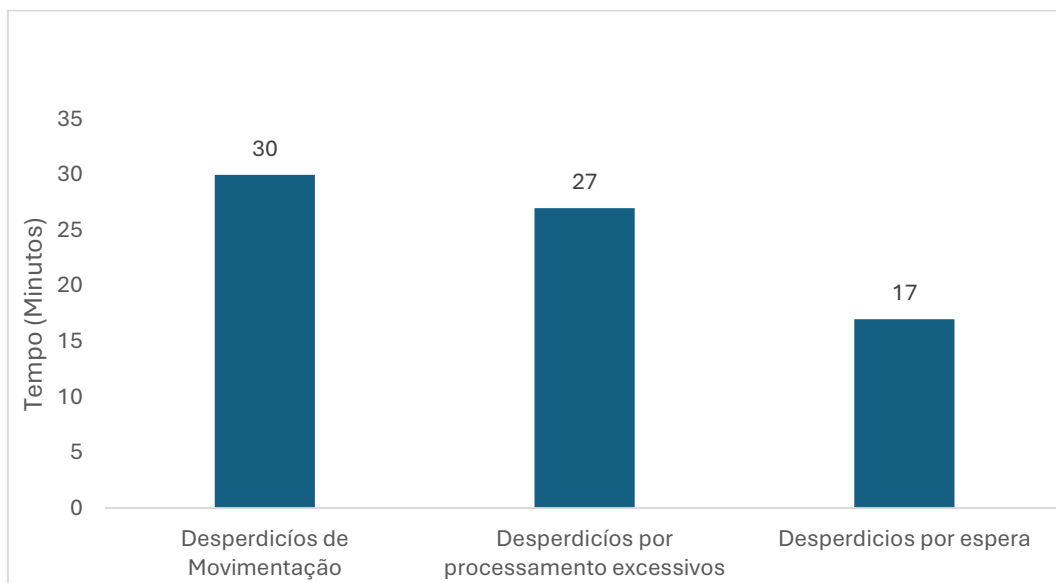


Figura 5: Tempo de desperdícios

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

4.3. Fase Analisar

Após a identificação dos problemas e dos desperdícios na linha de montagem, existe a necessidade de entender o motivo e a forma de suas ocorrências. Ferramentas como o diagrama de Ishikawa permitem que as causas raiz dos problemas sejam identificadas,

dessa forma, contribuindo para que a solução seja sustentável ao longo do tempo. Cada grupo de desperdício identificado anteriormente foi analisado separadamente.

Para verificar o desperdício de movimentação, que totaliza 30 minutos para sua conclusão, foi construído o Diagrama de Ishikawa apresentado na Figura 6.

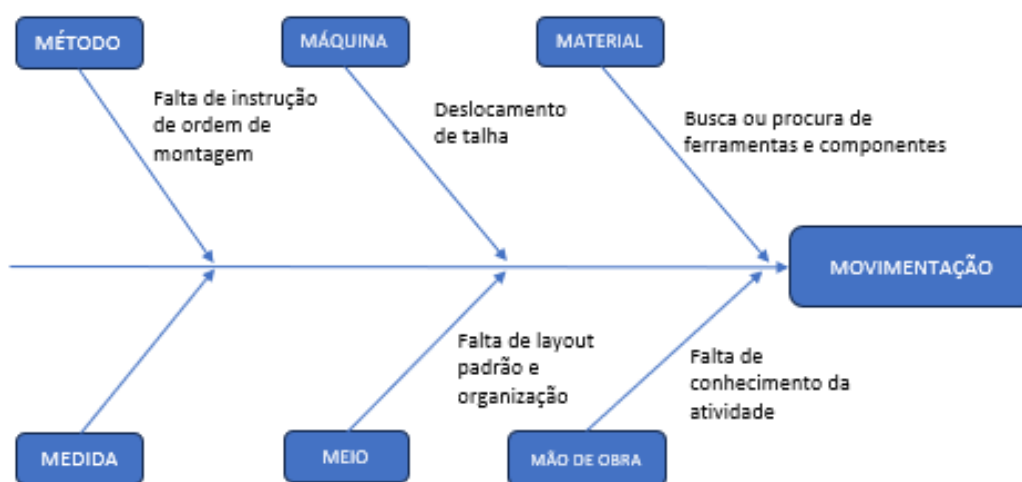


Figura 6: Diagrama de Ishikawa – Problema: Excesso de Movimentação

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

Em relação a este desperdício, em conjunto com o líder da área e com o conhecimento dos pesquisadores, foram identificadas algumas possíveis causas, conforme descritas a seguir. Na próxima fase do DMAIC serão apresentados os planos de ação para cada causa identificada.

- i. **Busca ou procura de ferramentas e componentes:** através da cronoanálise realizada, percebe-se que o montador se desloca diversas vezes em busca de parafusos em uma estante no meio do barracão e procura entre os demais montadores ferramentas emprestadas.
- ii. **Deslocamento da talha:** por existirem somente três talhas de transporte disponíveis, os montadores as compartilham entre si em momentos de movimentação do chassi.

- iii. **Falta de instrução de ordem de montagem:** não existe um fluxo padrão de atividades para a montagem do arruador de café. Por isso, percebe-se um elevado deslocamento aleatório entre os montadores.
- iv. **Falta de conhecimento das atividades:** por não existir um padrão de montagem, foram presenciadas dificuldades dos montadores em seguir com a montagem de um arruador quando esta montagem não foi iniciada por ele, nestes casos, os montadores não sabiam qual deveria ser a próxima etapa.
- v. **Falta de layout e organização:** a montagem do instrumento em estudo é dividida em 4 áreas do setor de montagem; cada área é montada com 9 arruadores e 4 operadores. Os materiais ficam distribuídos em todos os 4 pontos de montagem. Dessa forma, os montadores se descolam em busca de peças.

Foi construído o diagrama de Ishikawa para analisar o efeito de desperdícios de processamento excessivo, levando em conta que seria uma atividade já realizada pelo segundo turno, pode-se analisar a causa relacionada à falta de peças do turno anterior.

Deve-se destacar que a montagem das máquinas é realizada em dois turnos. A montagem das máquinas ocorre no primeiro turno. No segundo turno, são realizadas as pré-condições; dessa forma, este turno é considerado fornecedor do primeiro. Assim, as pré-condições são fornecidas anteriormente pelo turno responsável pela montagem. Foi observada, na cronoanálise, a montagem dessas peças, por falta total ou parcial, o que onerou o tempo de montagem do arruador.

No efeito desperdícios relacionados à espera, a causa identificada é a falta de parafusos e de componentes fornecidos pelo almoxarifado. Ao observar essa questão, verificou-se que há uma prateleira em que o almoxarifado abastece; no entanto, devido à diversidade de máquinas, há variação de parafusos usados, e percebeu-se que parte do abastecimento não fazia parte do uso da máquina em questão; por isso, a espera da entrega do pedido no momento do uso. A Tabela 1 apresenta um resumo do tipo de efeito (problema) e das respectivas causas.

Tabela 1 Tipo de Efeito e Causas

Tipo de efeito (Problema)	Descrição das causas
I. Desperdício de movimentação	i. Busca ou procura de ferramentas e componentes
	ii. Deslocamento da talha
	iii. Falta de instrução de ordem de montagem
	iv. Falta de conhecimento das atividades
	v. Falta de layout e organização
II. Desperdícios de processamentos excessivos	i. Falta de peças do turno anterior
III. Desperdício por espera	i. Falta de parafuso e componentes entregue pelo almoxarifado

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

Ao final da Fase Analisar, os ganhos previstos das ações levantadas foram comparados na Tabela 2. Percebe-se que é possível atingir a meta definida na primeira fase do DMAIC.

Tabela 2: Comparação de tempos

	Tempo de ciclo (minutos)	Colaboradores	Quantidade de Arruadores
Estado Atual	234	16	36
Objetivo	176	16	48
Previsto	160	16	52

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

4.4. Fase Melhorar

Nesta fase, foram definidos e implementados planos de ação para solucionar as causas dos problemas identificados na fase anterior. A seguir, são apresentadas as ações realizadas para eliminar cada desperdício previamente identificado.

Problema: I. Ação para o efeito de desperdício de movimentação

Descrição da Causa: Busca ou procura de ferramentas e componentes

Ação para eliminar desperdícios: Criar postos de parafusos e componentes próximos a linha de montagem e a criação de ferramentas necessárias para cada montador. A

implantação dessa ação foi realizada. Pode-se constatar que a disponibilidade de uma forma fácil para o operador fez com que diminuísse as movimentações. A Figura 7 apresenta a ação implantada. Percebe-se que foi comprada a quantidade de ferramentas necessárias para cada operador. Foram projetados carrinhos de parafuso para ficarem estacionados próximos dos colaboradores, assim, não é mais necessária a locomoção até a prateleira central.



Figura 7: 7 Implantação de melhorias

Fonte: Empresa investigada na Pesquisa-ação

Problema: I. Ação para o efeito de desperdício de movimentação

Descrição da Causa: Deslocamento da talha

Ação para eliminar desperdícios: Projetar carrinhos para o chassi e disponibilizar para o setor de pintura após pintura e a secagem da peça, assim serão colocados em carrinhos e entregue a montagem, ao invés do setor da pintura colocar em paletes, já abasteceria a peça em carrinhos. A Figura 8:8 8 mostra a situação antes da implantação da ação.

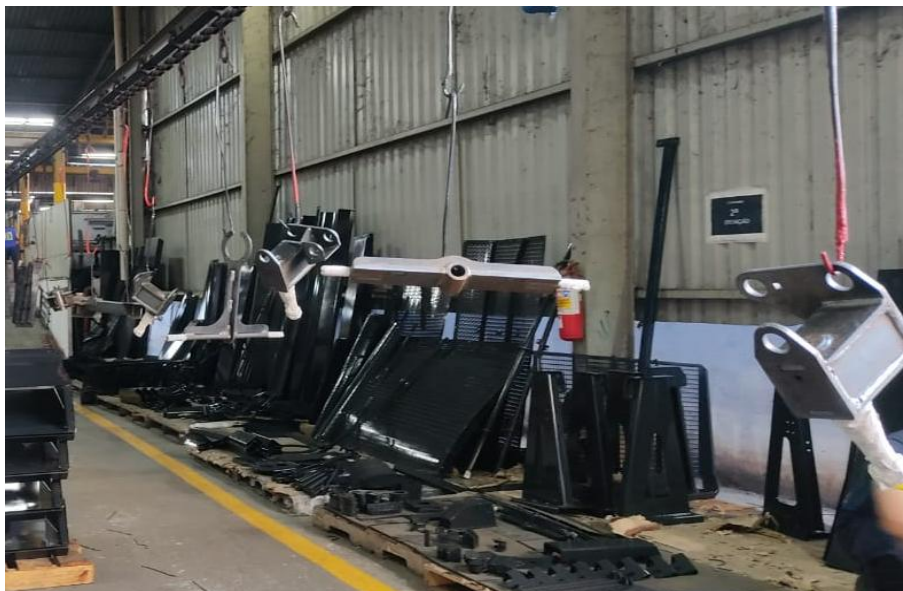


Figura 8:8 Situação antes da implantação da ação

Fonte: Empresa investigada na Pesquisa-ação

A Figura 9 apresenta a situação após a implantação da ação. Já é possível notar que existem alguns carrinhos dispostos com peças na sequência de uso. Também há modelos de carrinhos exclusivos para peças específicas.



Figura 9: Situação após a implantação da ação

Fonte: Empresa investigada na Pesquisa-ação

Problema: I. Ação para o efeito de desperdício de movimentação

Descrição da Causa: Falta de instrução de ordem de montagem

Ação para eliminar desperdícios: Dividir a montagem em operações, cada operação será responsável por determinadas atividades e instruir os operadores em suas atividades. Para melhor aproveitamento do espaço e organização, foi acordado, para melhor modo de montagem, a separação entre três operações mais o teste de qualidade. A Tabela 3: 33 apresenta a separação das atividades e o tempo que leva cada uma.

Tabela 3: 3 Separação das atividades com os tempos

Operação	Atividade	Tempo (min)	Tempo por operação (min)
1° Operação	Pegar o chassi com a ponte	0,5	55,5
	Colocar o pé de descanso	1	
	Colocar as rodas	9	
	Montar o semi eixo e a coifa	12	
	Colocar suporte do tubo da saída de ar	5	
	Montagem do tubo de saída de ar	7	
	Fixação da capota no chassi	21	
2° Operação	Pino 3 ponto	1	44,75
	Montagem do Braço	7	
	Colocar corrente e esticador	2,75	
	Colocar graxas	6	
	Realização da transmissão	28	
3° Operação	Proteção	7	46
	Lona lateral	2	
	Porta catalogo	4	
	Braço de articulação e vassoura	12	
	Saída de ar na capota	3	
	Fixar mangueira	5	
	Fixação da vassoura	6	
	Hidraulica	7	

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

Percebe-se que foi necessário um balanceamento da linha pois existe uma diferença nos tempos. Para isso foi levantado o *Takt Time*, ritmo de produção necessário para atingir a demanda, considerando a meta a ser alcançada de acordo. O tempo disponível informado foi de 538 minutos, para uma demanda de 38 unidades de arruadores. A meta do *Takt Time* é de 11 minutos.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

A primeira operação atingiria a meta com 5 operadores e as demais com 4 operadores cada, no entanto cada arruador deve ser feito individualmente devido ao seu tamanho pequeno, chegou-se em um consenso que cada operação deve conter 5 montadores, para assim atingir a meta, mas conforme a prática dessa mudança de montagem, será observado uma possível melhoria. Neste momento, foi acordado com o líder que o 16º montador será responsável pelo abastecimento das operações e pela conferência das peças.

Problema: I. Ação para o efeito de desperdício de movimentação

Descrição da Causa: Falta de conhecimento das atividades

Ação para eliminar desperdícios: Após a padronização das atividades, houve uma instrução dos operadores e criaram-se procedimentos. Foi implementada uma ferramenta através de um software, cuja função é reestruturar as peças das máquinas, adequando-as à realidade da produção, conforme ilustrado na Figura 10, que mostra um exemplo de plano de produção. Com ela é possível criar planos de processo, documentos que apresentam o passo a passo da montagem das máquinas, mostrando a representação visual da montagem; os códigos das peças utilizadas; a quantidades de peças necessárias; a descrição dos elementos de fixação que devem ser utilizados; e o acesso interativo 3D a máquinas e peças.

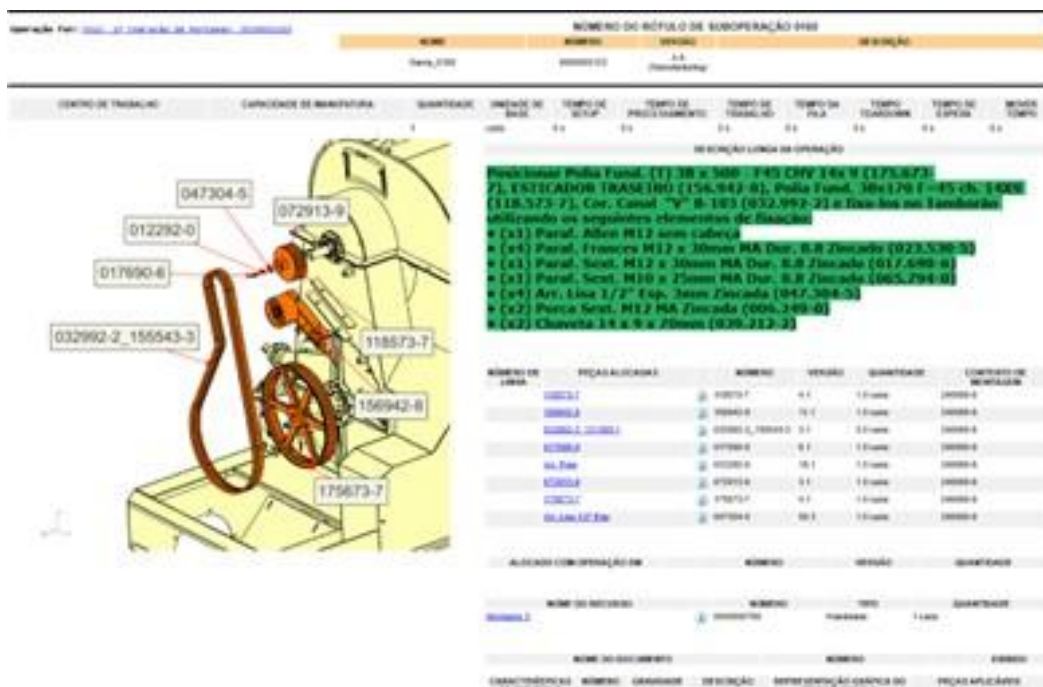


Figura 10: Plano de Produção
Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

Problema: I. Ação para o efeito de desperdício de movimentação

Descrição da Causa: Falta de layout e organização

Ação para eliminar desperdícios: A partir da divisão de operação e atividades, os funcionários devem começar a padronizar o abastecimento das peças em um local próximo a área de montagem da mesma. Cada peça será abastecida na operação de uso e aplicação do 5S. A Figura 11 mostra como foi planejado o layout de acordo com as necessidades de abastecimento das operações. É importante destacar que a implantação do 5S é contínua; assim, a implantação ocorre de acordo com as etapas de utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina.

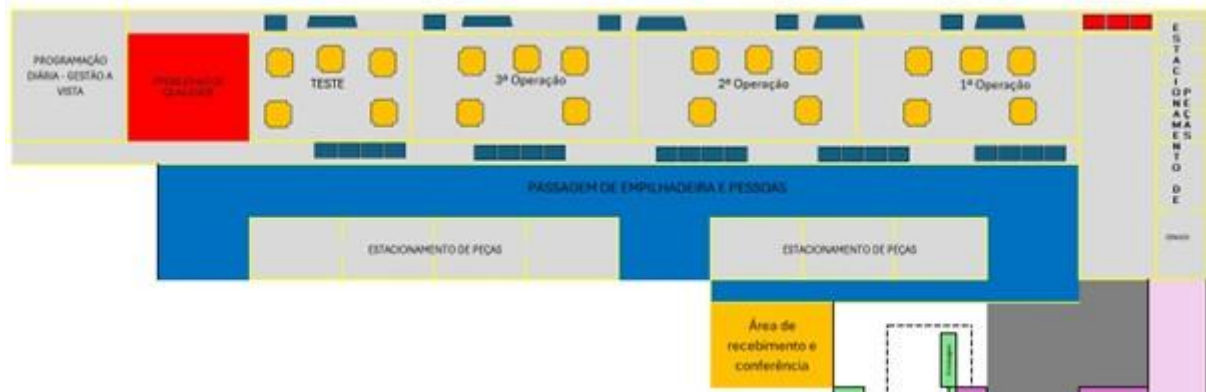


Figura 11: Layout da Linha de Montagem de Arruadores de Café

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

Problema: II. Desperdícios por processamentos excessivos

Descrição da Causa: Falta de peças do turno anterior

Ação para eliminar desperdícios: Analisar, através do tempo de ciclo, se existe alguma dificuldade de montagem das pré-condições, a qual não foi encontrada, e criar um checklist de conferência de peças, para que, antes de iniciar a montagem, cada operação faça a conferência de todo o material disponível. Caso esteja faltando um item, o líder do setor deve ser comunicado para tomar uma ação.

Problema: III. Desperdícios por espera

Descrição da Causa: Falta de parafusos e componentes entregues pelo almoxarifado

Ação para eliminar desperdícios: A ação tomada foi o levantamento do tipo de parafusos e dos componentes por máquina e, assim, exigir do almoxarifado o pagamento correto dos itens e por operação, eliminando a prateleira. A Figura 12:1212 descreve o levantamento realizado.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Parafuso e componentes - OPERAÇÃO 158.100-1- Máquina Double IVCR			Parafuso e componentes - CONDUTOR 158.100-1- Máquina Double IVCR			Parafuso e componentes - CABEÇALHO 158.100-1- Máquina Double IVCR			Parafuso e componentes - OPERAÇÃO 158.100-1- Máquina Double IVCR			Parafuso e componentes - COXO- 158.100-1- Máquina Double IVCR		
Item	quantidade total	Item	quantidade total	Item	quantidade total	Item	quantidade total	Item	quantidade total	Item	quantidade total	Item	quantidade total	Item
005.323-9	Paraf. Francês M8 x 20mm MA Ri Dur. 8.8 Z	56	011.541-3	Paraf. Francês M10 x 35mm MA Dur. 8.8 Z	8	127.180-0	Paraf. Sect. M16 x 60mm MA Ri Dur. 8.8 Z	4	005.323-9	Paraf. Francês M8 x 20mm MA Ri Dur. 8.8 Z	56	063.254-1	Paraf. Sect. M10 x 35mm Dur. 8.8 Z	70
009.713-3	Paraf. Francês M10 x 25mm MA Dur. 8.8 Z	4	058.022-4	Paraf. Francês M10 x 20mm MA Dur. 8.8 Z	6	019.066-4	Paraf. Sect. M8 x 20mm MA Ri Dur. 8.8 Z	8	009.713-3	Paraf. Francês M10 x 25mm MA Dur. 8.8 Z	4	116.491-0	Paraf. Sect. M12 x 35mm MA Ri Dur. 8.8 Z	8
025.439-3	Porca Auto Travante M8 MA c/ Inserto de Ny	56	019.066-4	Paraf. Sect. M8 x 20mm MA Ri Dur. 8.8 Z	1	Sem cod	Rebite M8	18	025.439-3	Porca Auto Travante M8 MA c/ Inserto de Ny	56	010.262-2	Paraf. Sect. M12 x 30mm MA Ri Dur. 8.8 Z	4
050.553-8	Porca Auto Travante M10 MA c/ Inserto de Ny	6	002.821-0	Paraf. Sect. M8 x 30mm MA Dur. 8.8 Z	2	026.618-0	Porca Auto Travante M16 MA c/ Inserto de N	4	050.553-8	Porca Auto Travante M10 MA c/ Inserto de Ny	6	067.181-4	Paraf. Sect. M12 x 45mm MA Ri Dur. 8.8 Z	4
065.794-4	Paraf. Sect. M10 x 25mm MA Dur. 8.8 Z	2	017.690-6	Paraf. Sect. M12 x 30mm MA Ri Dur. 8.8 Z	2	028.057-4	Arruela Lisa 5/16	18	065.794-4	Paraf. Sect. M10 x 25mm MA Dur. 8.8 Z	2	012.292-0	Arruela de Pressão 1/2	8
053.537-2	Paraf. Allen 3/8" x 1" UNC c/ Cabeça PR	2	005.323-9	Paraf. Francês M8 x 20mm MA Ri Dur. 8.8 Z	4	064.859-9	Chaveta 3/8" x 60mm	2	053.537-2	Paraf. Allen 3/8" x 1" UNC c/ Cabeça PR	2	060.791-7	Arruela Lisa 7/16	10
046.822-8	Chaveta 10 x 8 x 80mm	2	012.838-7	Paraf. Francês M8 x 25mm MA Dur. 8.8 Z	82				046.822-8	Chaveta 10 x 8 x 80mm	2	061.607-9	Porca Auto Travante M12 MA c/ Inserto de N	8
028.057-4	Arruela Lisa 5/16	56	036.465-4	Porca Sect. M16 MA Zincada	20				028.057-4	Arruela Lisa 5/16	56	053.194-7	Paraf. Allen M10 x 20mm c/ Cabeça	1
060.791-7	Arruela Lisa 7/16	6	067.181-4	Paraf. Sect. M12 x 45mm MA Ri Dur. 8.8 Z	4				060.791-7	Arruela Lisa 7/16	6	056.562-7	Porca Sect. 3/8" UNC Zincada	2
			Paraf. Sect. M10x60	2								067.751-3	Chaveta 14 x 9 x 50mm	1
			011.269-5	Porca Sect. M8 MA Zincada	7							013.911-4	Chaveta 10 x 8 x 60mm	1
			025.439-3	Porca Auto Travante M8 MA c/ Inserto de Ny	84							021.776-3	Paraf. Allen M12 x 25mm c/ Cabeça	1
			050.553-8	Porca Auto Travante M10 MA c/ Inserto de N	2							025.439-3	Porca Auto Travante M8 MA c/ Inserto de Ny	10
			062.444-2	Porca Sect. M10 MA Zincada	14							028.057-4	Arruela Lisa 5/16	10
			061.607-9	Porca Auto Travante M12 MA c/ Inserto de N	6							005.323-9	Paraf. Francês M8 x 20mm MA Ri Dur. 8.8 Z	10
			028.057-4	Arruela Lisa 5/16	94							011.269-5	Porca Sect. M8 MA Zincada	6
			060.791-7	Arruela Lisa 7/16	8							068.494-2	Paraf. Sect. M12 x 35mm MA Ri Dur. 8.8 Z	2
			047.304-5	Arruela Lisa 1/2	4							019.066-4	Paraf. Sect. M8 x 20mm MA Ri Dur. 8.8 Z	2
			046.553-0	Chaveta 10 x 8 x 50mm	1							M12x40 Allen c/ Cabeça	2	
			013.911-4	Chaveta 10 x 8 x 60mm	1							028.815-2	Paraf. Sect. 5/16" x 3/4" UNC Ri Dur. 6.5 Z	4
												028.842-7	Paraf. Sect. M6 x 30mm MA Ri Dur. 8.8 Z	3
												069.257-0	Porca Auto Travante M6 MA c/ Inserto de Ny	3
												M10x45 Frances	1	

Figura 12:12 Planilha de parafusos e componentes

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

4.5. Fase Controlar

O objetivo da última fase do DMAIC é fazer com que todos os resultados positivos sejam constantes. Nesta fase é discutido como foi realizado o acompanhamento de todos os resultados obtidos e se houve alguma mudança que exija a implementação de uma nova ação.

Para isso, foi criada a Tabela 4 4 (5W1H) que apresenta os detalhes das ações, isto é, *como, por que, onde, quem, quando e como*, além dos resultados obtidos. Todas as etapas da tabela foram realizadas, por se tratar de uma pesquisa concluída. Para trabalhos de melhoria em andamento, é recomendado acrescentar uma nova coluna nesta tabela que indica o status da tarefa. Pode ser utilizado vermelho para mostrar que a tarefa não foi realizada até o momento; a cor verde significa que a ação foi realizada; e, por fim, amarelo destaca que a ação está em andamento. É indicado também mostrar se as tarefas realizadas obtiveram resultados positivos ou negativos de acordo com as metas estabelecidas.

Tabela 44: Ações Concluídas

O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Resultados
Busca ou procura de ferramentas e componentes	Devido aos desperdícios de movimentação	Linha de Montagem Arruador	Colaboradores	Durante a montagem	Criação de postos de parafusos e componentes próximos à linha de montagem e entrega de ferramentas	Redução dos desperdícios de movimentação por este motivo

Falta de instrução da ordem de montagem	Devido aos desperdícios de movimentação	Linha de Montagem Arruador	Colaboradores	Durante a montagem	Divisão e padronização da montagem em operações	A padronização do sequenciamento de montagem possibilitou um treinamento mais eficaz aos operadores
Falta de conhecimento das atividades	Devido aos desperdícios de movimentação	Linha de Montagem Arruador	Colaboradores	Durante a montagem	Após a padronização das atividades, foram criados procedimentos e realizadas instruções aos operadores	Procedimento operacional criado e disponibilizado no posto de trabalho, auxiliando o operador em suas dúvidas
Deslocamento de talha	Devido aos desperdícios de movimentação	Linha de Montagem Arruador	Colaboradores	Durante a montagem	Projeto e fabricação de carrinhos específicos para movimentação de peças	Os carrinhos facilitaram a movimentação, eliminando a necessidade de pegar peças individualmente
Falta de layout e organização	Devido aos desperdícios por processamento excessivo	Linha de Montagem Arruador	Colaboradores	Durante a montagem	Padronização do abastecimento das peças, posicionando-as próximas à área de montagem, aplicando os princípios do 5S	A implantação do 5S resultou em um layout mais otimizado, com as peças posicionadas próximas aos locais de uso
Falta de parafusos e componentes entregues pelo almoxarifado	Devido aos desperdícios por espera	Linha de Montagem Arruador	Colaboradores	Durante a montagem	Levantamento dos tipos de parafusos e componentes por máquina, com cobrança ao almoxarifado pela entrega correta dos itens	O levantamento detalhado por posto de trabalho possibilitou uma entrega mais assertiva, eliminando esperas causadas por erros de materiais

Fonte: Elaborada pelos Autores (2025)

Para um controle mais eficaz, foi implementado um checklist diário de conferência de ferramentas, responsabilizando o colaborador pela organização e conservação. Além disso, para monitorar a produtividade, será implantado um sistema de apontamento que, por meio de uma TV, permitirá que todos acompanhem a produção hora a hora. Neste projeto, foi possível aplicar todas as ações com resultados satisfatórios. As auditorias internas, especialmente, desempenham um papel essencial no controle e na sustentação desses resultados ao longo do tempo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo principal identificar e resolver problemas nos processos produtivos de uma linha de montagem de máquinas agrícolas, com foco na redução de desperdícios e no aumento da produtividade e da eficiência operacional. Por meio da aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* (LSS), estruturada pelo método DMAIC, em um ambiente fabril real, foi possível alcançar esse objetivo. O uso da pesquisa-ação mostrou-se apropriado, pois permitiu uma atuação prática e colaborativa com os operadores da linha de montagem, garantindo que as melhorias fossem embasadas tanto em dados empíricos quanto no conhecimento tácito dos operadores.

Ao longo do estudo, foi necessário percorrer um caminho que abrangeu desde a caracterização detalhada do setor de máquinas agrícolas até a aplicação de ferramentas específicas, como VOC, SIPOC, diagrama de Ishikawa, cronoanálise, 5S e *Takt Time*. Essas ferramentas possibilitaram o diagnóstico preciso das principais fontes de desperdício (movimentação, espera e processamento excessivo) e direcionaram a proposta de ações corretivas. Essa abordagem mostrou-se muito efetiva para atingir os resultados desejados, visto que a complexidade do ambiente produtivo exigia uma análise minuciosa, combinando observação direta, participação ativa e validação empírica das soluções propostas.

Apesar dos resultados positivos, o estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, o foco exclusivo em uma linha de montagem (arruadores de café) restringe a generalização dos resultados para outros produtos da empresa ou para outras empresas do setor. Além disso, a análise foi concentrada no curto prazo, sem uma avaliação longitudinal dos impactos das mudanças. Também é relevante mencionar que as ferramentas estatísticas mais avançadas do Six Sigma (análise de capacidade (Z), análise do número de peças não-conformes por milhão (PPM), análise do número de oportunidades de defeitos por milhão (DPMO), Zbench, entre outras) não foram aplicadas, o que poderia ter enriquecido a análise. Pesquisas futuras poderiam explorar



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

outras linhas produtivas, aplicar o método em múltiplos turnos ou unidades fabris e incluir indicadores de desempenho de médio e longo prazo para ampliar a robustez dos achados. Ademais, a combinação com abordagens quantitativas, como modelagem de simulação, poderia complementar os resultados da pesquisa-ação.

Apesar das limitações, o artigo apresenta uma importante contribuição ao demonstrar, com base em dados empíricos coletados diretamente no chão de fábrica, que mesmo em ambientes altamente mecanizados e automatizados, como o da indústria de máquinas agrícolas, o fator humano continua sendo decisivo para o sucesso das iniciativas de melhoria contínua. A colaboração entre operadores, engenheiros e pesquisadores, aliada ao uso sinérgico de diversas ferramentas de qualidade, mostrou-se fundamental para viabilizar mudanças significativas nos processos. A pesquisa-ação permitiu evidenciar que o sucesso de metodologias como o LSS depende, não apenas da escolha correta das ferramentas, mas também do engajamento das pessoas e da estruturação de um ambiente propício à aprendizagem organizacional. Entre os *highlights* da pesquisa, destacam-se o ganho expressivo de produtividade (35%), a padronização das atividades, a melhoria do layout e a organização do ambiente de trabalho, reforçando a relevância do estudo como referência para intervenções futuras no setor.

Além das sugestões para superação das limitações, esta pesquisa sugere outras possibilidades de investigação futura, tais como a condução de estudos para avaliar e monitorar o impacto da adoção de metodologias LSS na cultura organizacional e no comportamento dos operadores ao longo do tempo, especialmente em setores industriais com forte componente manual. Também seria relevante explorar a integração do LSS com tecnologias da Indústria 4.0, como sensores IoT para o monitoramento em tempo real de indicadores de desempenho e a retroalimentação contínua dos processos. Outro desdobramento promissor é o desenvolvimento de modelos de capacitação baseados em aprendizagem ativa, voltados à formação de operadores e líderes para atuarem como agentes de melhoria contínua, fortalecendo a sustentabilidade das ações implementadas.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

REFERÊNCIAS

- ALBLIWI, Saja Ahmed; ANTONY, Jiju; LIM, Sarina Abdul Halim. A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, v. 21, n. 3, p. 665-691, 2015.
- AL-RIFAI, Mohammad. Application of the DMAIC methodology and Lean Six Sigma (LSS) tools to improve recruitment cycle time. *Measuring Business Excellence*, v. 29, n. 3, p. 586-608, 2025.
- ANTONY, J.; SNEE, R.; HOERL, R. Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 34, n. 7, p. 1073–1093, 2017.
- ARUMUGAM, Vector; ANTONY, Jiju; DOUGLAS, Alex. Observation: a Lean tool for improving the effectiveness of Lean Six Sigma. *The TQM Journal*, v. 24, n. 3, p. 275-287, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS – ABIMAQ. *Perfil da indústria brasileira de máquinas e equipamentos em 2023*. São Paulo: ABIMAQ, 2023. Disponível em: <https://abimaq.org.br/blogmaq/2109/perfil-da-industria-brasileira-de-maquinas-e-equipamentos-em-2023>. Acesso em: 22 out. 2025.
- BORTOLOTTI, T.; ROMANO, P. Lean first, then automate: a framework for process improvement in pure service companies. A case study. *Production Planning & Control*, v. 23, p. 513-522, 2012.
- DROHOMERETSKI, Everton et al. Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, v. 52, n. 3, p. 804-824, 2014.
- FORRESTER, P. L. et al. Lean production, market share and value creation in the agricultural machinery sector in Brazil. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 21, n. 7, p. 853–871, 2010.
- HOLWEG, Matthias. The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.
- ISMAIL, Abdullah et al. Application of Lean Six Sigma tools for cycle time reduction in manufacturing: case study in biopharmaceutical industry. *Arabian Journal for Science and Engineering*, v. 39, n. 2, p. 1449-1463, 2014.
- LISBINSKI, F. C. et al. Perspectivas e desafios da Agricultura 4.0 para o setor agrícola. In: VIII SIMPÓSIO Da Ciência do AGRONEGÓCIO, 2020.
- LOPES, C. R.; CRUZ, J. E.; SANTOS, P. H. D. Estudo sobre Lean Manufacturing no Agronegócio: uma revisão sistemática da literatura. *Desafio Online*, Campo Grande, v. 13, n. 2, p. 49-57, mai./ago. 2025.
- LÓPEZ, J. A. N. *Aplicación de Lean Manufacturing en una fábrica de maquinaria agrícola*. Universidad Politécnica de Cartagena, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia em Tecnologias Industriais). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10317/12601>. Acesso em: 27 out. 2025.
- NOSKIEVICOVA, Darja; MORAVEC, Lukáš. Using principles and selected tools of Lean Six Sigma to improve sustainability: a case study. *Quality Engineering*, v. 34, n. 2, p. 264-276, 2022.
- PEPPER, Matthew P. J.; SPEDDING, Trevor A. The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 27, n. 2, p. 138-155, 2010.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

REWERS, P.; TROJANOWSKA, J.; CHABOWSKI, P. Tools and methods of Lean Manufacturing – a literature review. In Proceedings of 7th international technical conference technological forum, p. 135–139, 2016.

SAHOO, S.; LO, C.-Y. Smart manufacturing powered by recent technological advancements: a review. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 64, p. 236–250, 2022.

SAKIB, Md Nazmus; KAWSAR, Md; BITHEE, Mst Mafruha. Continuous improvement through Lean Six Sigma: a systematic literature review and bibliometric analysis. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2025.

SNEE, Ronald D. Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 1, n. 1, p. 9-29, 2010.

SILVA, Iris Bento et al. Lean Six Sigma for the automotive industry through the tools and aspects within metrics: a literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 119, n. 3, p. 1357-1383, 2022.

SINGH, Mahipal; RATHI, Rajeev. A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 10, n. 2, p. 622-664, 2019.

TORTORELLA, G. L.; VERGARA, L. G. L.; FERREIRA, E. P. Lean manufacturing implementation: an assessment method with regards to socio-technical and ergonomics practices adoption. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 89, p. 3407–3418, 2017.

THIOLLENT, Michel. *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Cortez, 2025.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Pesquisa-ação na Engenharia de Produção. In: CAUCHICK, P. (org.). *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. 3. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2018. E-book. ISBN 9788595153561.

ULUSKAN, Meryem. Analysis of Lean Six Sigma tools from a multidimensional perspective. *Total Quality Management & Business Excellence*, v. 30, n. 9-10, p. 1167-1188, 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas*. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *The machine that changed the world: the story of lean production*. New York: Rawson Associates, 1990.