



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA
GESTÃO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Adrielle Lima de Oliveira, R.A. 1670772323004

Vinícius de Souza Fachin, R.A. 1670772323031

INFLUÊNCIA DO CICLO PDCA NA OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM
UMA EMPRESA DE CORTE A LASER

GUARULHOS, SÃO PAULO

2026

Adrielle Lima de Oliveira, R.A. 1670772323004

Vinícius de Souza Fachin, R.A. 1670772323031

**INFLUÊNCIA DO CICLO PDCA NA OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM
UMA EMPRESA DE CORTE A LASER**

Trabalho de Graduação
apresentado ao Curso Superior de
Tecnologia em Gestão da Produção
Industrial como requisito parcial
para obtenção do Título de
Tecnólogo em Gestão da Produção
Industrial.

Orientador (a): Prof. Dr. Marco
Antônio Batista da Silva

GUARULHOS, SÃO PAULO

2026

GLOSSÁRIO

CL	Corte a Laser (presente no código POP-CL-001)
CNC Computadorizado	<i>Computer Numerical Control</i> – Controle Numérico
CO	Monóxido de Carbono – Gás usado em lasers gasosos
CO ₂	Dióxido de Carbono – Gás usado em lasers gasosos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Ga	Gálio – elemento utilizado em lasers semicondutores
hr. Fn.	hora final
hr. In.	hora inicial
LASER	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i> - Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação
MASER	<i>Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i> - Amplificação de Micro-ondas por Emissão Rstimulada de Radiação
Monocromaticidade	O termo deriva do grego, onde <i>mono</i> significa "único" e <i>croma</i> significa "cor", ou seja, é a característica de algo que possui uma única cor
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> – Ciclo de melhoria contínua
P-N	Junção semicondutora tipo P e tipo N
POP	Procedimento Operacional Padrão
TQC	<i>Total Quality Control</i> – Controle da Qualidade Total

RESUMO

A competitividade do setor industrial exige das organizações a adoção de práticas voltadas à melhoria contínua e à otimização de processos produtivos. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a influência da aplicação do Ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) na redução do tempo de *setup* em uma empresa de corte a laser. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem mista (qualitativa e quantitativa), desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e estudo de caso em uma metalúrgica de pequeno porte localizada em Guarulhos, SP. A coleta de dados envolveu observações *in loco*, cronoanálise e registros de tempo de *setup*. A partir do diagnóstico inicial, identificaram-se falhas relacionadas à ausência de padronização e treinamento específico. Como intervenção, elaborou-se um Procedimento Operacional Padrão (POP), realizaram-se treinamentos e implantaram-se listas de verificação. Os resultados demonstraram redução média aproximada de 54% no tempo de *setup*, evidenciando ganhos significativos de produtividade, padronização e controle operacional. Conclui-se que a aplicação estruturada do Ciclo PDCA contribuiu de forma efetiva para a otimização do processo, promovendo maior eficiência, redução de variabilidades e fortalecimento da cultura de melhoria contínua na organização estudada.

Palavras-chave: PDCA; tempo de *setup*; corte a laser; melhoria contínua; gestão da qualidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1. Questão de Pesquisa	7
1.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	7
1.2.1. Objetivo Geral	7
1.2.2. Objetivos Específicos	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1. Gestão da Qualidade	8
2.2. PDCA	8
2.3. Implementação PDCA	9
2.4. Aplicação do PDCA na Otimização do Corte a Laser	10
2.5. Tecnologia do Laser e seus Tipos	11
2.6. Corte a Laser	14
2.7. <i>Setup</i> de Máquinas e Redução de Tempo	15
2.8. Indicadores de Desempenho e Monitoramento	17
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	19
3.1. Instrumentos de Coleta de Dados Utilizados	19
3.2. Método de Tratamento de Dados	20
4 ESTUDO DE CASO	22
4.1. Contextualização	22
4.2. Metodologia Aplicada	22
4.2.1. Planejar (<i>Plan</i>)	22
4.2.2. Executar (<i>Do</i>)	23
4.2.3. Verificar (<i>Check</i>)	24
4.2.4. Agir (<i>Act</i>)	24
4.3. Resultados e Discussões	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
6 REFERÊNCIAS	30
APÊNDICE A – POP: <i>Setup</i> da Máquina de Corte a Laser	32
APÊNDICE B – Tabela de cronoanálise antes do PDCA	35
APÊNDICE C – Tabela de cronoanálise depois do PDCA	36
APÊNDICE D – Treinamento aplicado aos operadores	36

1 INTRODUÇÃO

A busca pela eficiência operacional e pela excelência na qualidade dos processos industriais é um dos desafios enfrentados pelas empresas. No setor de corte a laser, a otimização dos processos produtivos é essencial, uma vez que o tempo de *setup* é determinante para a eficiência do processo. O tempo de *setup* refere-se ao período necessário para preparar a máquina antes do início da operação, sendo diretamente responsável pela produtividade da linha de produção. Nesse sentido, a redução de desperdícios e a melhoria da eficiência operacional são princípios fundamentais da produção enxuta, conforme destacado por Ohno (1997), ao enfatizar a eliminação de atividades que não agregam valor ao processo produtivo. Diante dessa realidade, torna-se fundamental adotar metodologias que possibilitem a melhoria contínua desses processos, promovendo ganhos de competitividade e redução de custos.

Nesse contexto, a adoção de metodologias de melhoria contínua é indispensável para impulsionar o desempenho, a qualidade e a competitividade organizacional. Entre as ferramentas mais reconhecidas nesse campo destaca-se o Ciclo PDCA, uma abordagem estruturada que se baseia em quatro etapas interligadas: Planejar (P), Executar (D), Verificar (C) e Agir (A). Conforme destaca Campos (2004), o PDCA é um método sistemático que permite o controle efetivo dos processos e o alcance de resultados sustentáveis, fundamentando-se em um ciclo contínuo de planejamento, execução, verificação e ação corretiva. Essa estrutura favorece a padronização e a consolidação de uma cultura organizacional voltada à excelência operacional.

Além disso, a redução do tempo de *setup* é discutida na literatura como um fator estratégico para o aumento da eficiência produtiva.

O Ciclo PDCA é reconhecido por sua capacidade de promover ajustes gradativos, porém contínuos, nos processos organizacionais, permitindo não apenas a identificação e solução de problemas, mas também o aprimoramento constante das operações. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), a melhoria contínua é um elemento essencial para a competitividade organizacional, pois permite que os processos sejam constantemente avaliados e aprimorados. A aplicação dessa metodologia em processos industriais visa garantir que as mudanças implementadas sejam continuamente avaliadas,

ajustadas e otimizadas, criando um ciclo iterativo que impulsiona a melhoria contínua.

A relevância deste estudo reside em sua capacidade de oferecer uma análise aprofundada sobre o impacto do Ciclo PDCA no desempenho operacional de empresas de corte a laser. A implementação dessa metodologia pode gerar benefícios diretos, como a redução de custos e o aumento da produtividade, além de favorecer a consolidação de uma cultura organizacional voltada à melhoria contínua. Conforme destaca Miguel et al. (2012), estudos aplicados em ambientes industriais são fundamentais para compreender e aprimorar práticas operacionais. A importância do tema reflete-se, portanto, na necessidade de otimizar os processos industriais para elevar a competitividade das empresas no mercado, especialmente em um setor altamente tecnológico e competitivo, como o de corte a laser.

1.1. Questão de Pesquisa.

"Como a aplicação do Ciclo PDCA pode contribuir com a redução do tempo de *setup* em uma empresa de corte a laser?"

1.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.

1.2.1. Objetivo Geral.

Analisar a contribuição da aplicação do Ciclo PDCA para reduzir o tempo de *setup* em uma empresa de corte a laser.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Realizar um mapeamento do processo antes da aplicação do Ciclo PDCA.
- Aplicar a metodologia PDCA na melhoria dos processos produtivos.
- Analisar os resultados da aplicação do Ciclo PDCA no tempo de *setup*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Gestão da Qualidade.

Segundo Rezende (2010), a gestão da qualidade tem como principal função melhorar resultados e o bem-estar dos trabalhadores, refletindo a constante busca por melhorias movidas pelas novas demandas de mercado.

Concordando com essa visão, tem-se a posição de Slack:

Quando qualidade significa a produção consistente de serviços e produtos dentro das especificações, não apenas leva a satisfação de consumidores externos, como também torna mais fácil a vida das pessoas envolvidas na operação. Satisfazer aos clientes internos pode ser tão importante quanto satisfazer aos consumidores externos. (Slack, et al., 2009, p.40)

Visando-se não somente a qualidade do produto final, também pode-se afirmar que um processo produtivo com qualidade reduz custos, o que é corroborado por Slack et al. (2009, p. 41) quando afirma que “Quanto menos erros em cada processo da operação, menor o tempo gasto com correções, reduzindo custos e retrabalho”, ou seja, menos erros resultam em menos custos com hora/trabalhada pelos colaboradores para corrigir erros que poderiam ser evitados.

Diante da importância da gestão da qualidade para os resultados e a eficiência dos processos, torna-se necessário adotar ferramentas que permitam sua aplicação prática. Nesse contexto, destaca-se o Ciclo PDCA, difundido por Campos (2004), como um método que auxilia no controle dos processos e na melhoria contínua.

2.2. PDCA

O ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) é uma ferramenta amplamente reconhecida na gestão da qualidade que auxilia as organizações na melhoria contínua de seus processos e na busca por maior eficiência e eficácia. Ele fornece uma estrutura lógica para o planejamento, implementação, verificação e ação corretiva, tornando-se uma abordagem fundamental na gestão de qualidade. (Campos, 2004, p.86)

Ainda segundo Campos (2004) o ciclo PDCA é uma abordagem aplicável para a resolução de problemas e o alcance de metas. Para atingir esses objetivos, é necessário seguir um conjunto de etapas, que incluem a Identificação do problema, Observação, Análise, Plano de ação, Execução, Verificação, Padronização e Conclusão. É fundamental considerar a importância do uso de ferramentas específicas, adaptadas a cada tipo de problema.

Souza (2020) corrobora com Campos (2004), sobre como o ciclo PDCA pode ser uma ferramenta valiosa na gestão organizacional, auxiliando na identificação de problemas, na definição de planos de ação, na verificação da eficácia das medidas implementadas e na promoção de uma cultura de melhoria contínua. Essa metodologia proporciona um processo estruturado que ajuda as organizações a alcançarem maior eficiência e eficácia em seus processos operacionais.

Diante da relevância do Ciclo PDCA como ferramenta de melhoria contínua, torna-se fundamental compreender como essa metodologia pode ser aplicada na prática dentro das organizações. Assim, a análise de sua implementação permite identificar os desafios e as estratégias necessárias para garantir resultados efetivos no ambiente produtivo.

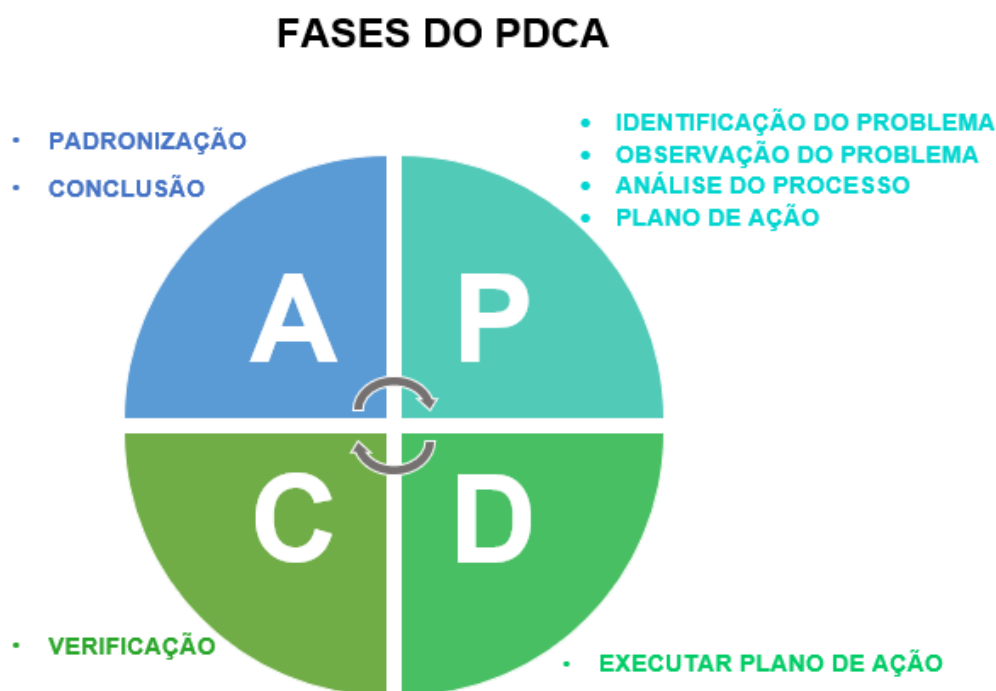
2.3. Implementação PDCA.

De acordo com Campos (2004), a fase P consiste nas etapas de identificação do problema, observação (reconhecimento das características do problema), análise do processo (descoberta das causas principais que impedem o atingimento das metas) e plano de ação (contramedidas sobre as causas principais). A fase D do PDCA de melhoria, é a de ação, ou atuação de acordo com o plano de ação para bloquear as causas fundamentais. Na fase C, é feita a verificação, ou seja, a confirmação da efetividade do plano de ação para ver se o bloqueio foi efetivo. Já na fase A existem duas etapas, a de padronização e a de conclusão. Na etapa de padronização, caso o bloqueio tenha sido efetivo, é feita a eliminação definitiva das causas para que o problema não reapareça. Na etapa de conclusão ocorre a revisão das atividades e planejamento para trabalhos futuros. Caso na fase C (*check*), o bloqueio não tenha sido efetivo, deve-se voltar na etapa observação da fase P (*plan*). Obtendo assim uma

abordagem sistemática que visa aprimorar a eficiência, qualidade e desempenho em uma organização.

A Figura 1 apresenta as etapas do Ciclo PDCA e as principais atividades correspondentes a cada fase.

Figura 1 – Fases do PDCA



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Considerando os aspectos envolvidos na implementação do Ciclo PDCA, é importante analisar sua aplicação em contextos específicos da indústria. Nesse sentido, destaca-se sua utilização no processo de corte a laser, onde a busca por eficiência e precisão torna a aplicação dessa metodologia ainda mais relevante.

2.4. Aplicação do PDCA na Otimização do Corte a Laser.

O Ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir) é uma metodologia de gestão utilizada para promover a melhoria contínua de processos industriais. No contexto do corte a laser, a aplicação do PDCA permite a identificação de falhas operacionais e a implementação de melhorias de forma sistemática e iterativa.

Ao monitorar os resultados de cada ciclo, é possível ajustar e otimizar os processos, garantindo maior eficiência e qualidade nos cortes, conforme os princípios de melhoria contínua e controle de processos propostos por Campos (2004) e Slack et al. (2009)

Conforme afirma Almeida (2018, p. 88), “Aplicar o ciclo PDCA no processo de corte a laser permite a identificação de falhas operacionais, seguido de ações corretivas que, de forma contínua, levam à otimização da precisão e redução do tempo de *setup*.”

Segundo o mesmo autor o ciclo PDCA, portanto, oferece uma abordagem estruturada para o aprimoramento do processo de corte a laser, levando à redução do tempo necessário para a preparação das máquinas e ao aumento da precisão dos cortes, aspectos essenciais para a competitividade da empresa.

A utilização do Ciclo PDCA no processo de corte a laser possibilita a melhoria contínua dos procedimentos operacionais, contribuindo para a redução de ineficiências e aumento da qualidade dos cortes.

Diante da relevância do Ciclo PDCA para a melhoria contínua e otimização dos processos de corte a laser, torna-se necessário compreender também os aspectos tecnológicos que influenciam diretamente esse tipo de operação. Nesse sentido, o entendimento sobre os diferentes tipos de laser é fundamental, uma vez que suas características impactam diretamente na qualidade, precisão e eficiência dos cortes, complementando a aplicação das práticas de melhoria contínua discutidas anteriormente, conforme abordagens técnicas apresentadas por Mussio (2019).

2.5. Tecnologia do Laser e seus Tipos.

O laser é a amplificação da luz estimulada pela radiação, e segundo Mussio (2019), a origem exata do laser não é claramente definida, mas seu uso começou na década de 1960. Isso se deve ao fato de que Theodore Maiman desenvolveu o primeiro "MASER" (*microwave amplification by stimulated emission of radiation*) em 1960, embora a teoria do laser tenha sido proposta por Einstein em 1916.

Conforme Bagnato (2008, p.12):

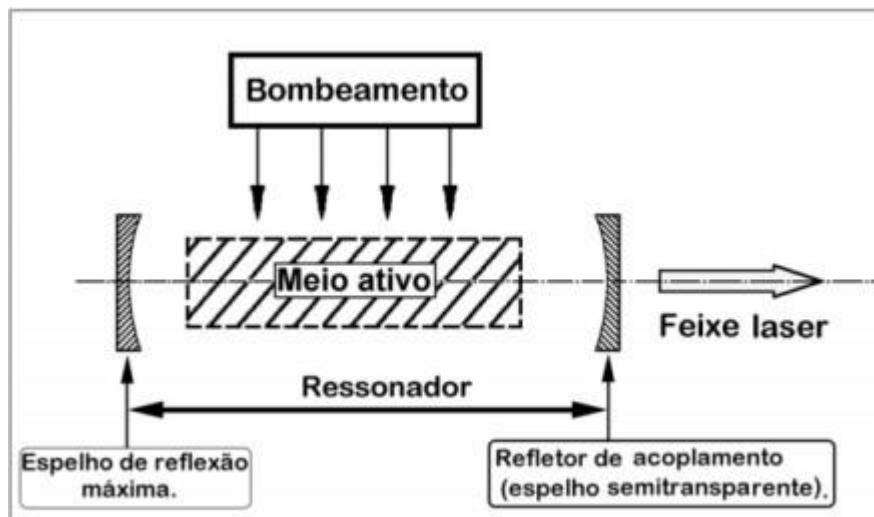
A manipulação da luz sempre foi assunto de vanguarda entre os cientistas, ao mesmo tempo que foi motivo de mito e de magia entre os homens em geral. Também não é para menos, todos neste planeta fomos educados com base na frase de que “somos filhos da luz”. Imagine o que aconteceria se ao acordar amanhã, não encontrássemos a luz do sol. Em questão de horas estaria tão frio como num inverno sem precedentes. Um curto período se passaria antes que os rios se congelassem e todos os seres vivos desapareceriam do planeta. As empresas não mais poderiam operar, pois não haveria energia para mover as máquinas. A menos que queimássemos tudo que há no planeta para gerar luz e calor, estaríamos condenados às trevas e ao frio. (Bagnato, 2008 p.12)

Com base nesse contexto, Bagnato (2008) explica que, desde cedo, os seres humanos aprenderam a criar luz para evitar viver na escuridão, utilizando o fogo como uma das primeiras fontes de iluminação. Assim, qualquer substância que queimasse se tornava uma fonte de luz, incluindo óleo, madeira e cera, entre outros. Desde os primeiros momentos de observação, as pessoas perceberam que a luz se propaga em linha reta, o que possibilitou a compreensão das sombras e a criação de dispositivos para medir o tempo, como o relógio solar, cuja posição da sombra muda conforme o movimento do sol.

Ao longo do tempo, diversos fenômenos relacionados à luz foram descobertos, e a propagação da luz através dos meios materiais se destacou como um dos mais significativos historicamente. Esse fenômeno, conhecido como refração da luz, ocorre quando a luz passa de um meio transparente para outro, sendo facilmente observado quando vemos a distorção de um objeto refletido na água. Apesar de inicialmente parecer improvável que o laser seja uma forma de luz, dado que nossa referência principal é a luz solar, ele é de fato uma fonte de luz com propriedades específicas que gera radiação eletromagnética (Bagnato, 2008).

Conforme ilustrado na Figura 2, o laser é composto por três componentes essenciais: uma fonte que fornece energia (excitação de um meio ativo), um meio ativo e um ressonador óptico (Gerck, 1997).

Figura 2 - Elementos de um laser



Fonte: Gerck (1997, p.10).

O meio ativo é uma composição de elementos capazes de gerar uma inversão de população através de uma excitação externa, resultando em um aumento da emissão de luz, proveniente da radiação do corpo negro. Esse meio pode ser constituído por um sólido, um campo eletromagnético ou uma mistura de fluidos, como líquidos ou gases. O processo de bombeamento de energia varia de acordo com a forma como a energia é fornecida, levando em consideração o tipo específico de meio ativo utilizado para obter o bombeamento de energia mais adequado para cada situação.

O ressonador óptico é formado por um par de espelhos alinhados, nos quais o meio ativo é inserido entre eles. Um dos espelhos possui um índice de reflexão praticamente absoluto, enquanto o outro é semitransparente, atuando como a janela de saída do feixe de laser (Gerck, 1997).

De acordo com o mesmo autor, embora os lasers compartilhem alguns aspectos comuns, suas características específicas podem resultar em diferentes modos de operação, o que leva à sua classificação em quatro categorias principais:

- Lasers de isolantes dopados: O bombeamento é realizado por descargas luminosas, e o meio físico consiste em íons metálicos incorporados em uma matriz sólida de material isolante. Exemplos incluem o laser rubi, laser de Alexandrita, laser Nd, entre outros.

- Lasers gasosos: O bombeamento é feito através de descargas elétricas ou reações químicas exotérmicas, resultando em liberação de calor. O meio ativo é composto por íons, moléculas ou átomos neutros de um gás ou mistura gasosa. Exemplos incluem o laser de CO₂, laser de CO, laser de oxigênio, laser de nitrogênio, entre outros.
- Lasers de corante: O bombeamento é realizado por fontes ópticas, como lâmpadas flash ou outros lasers, com potências de saída pulsadas que podem variar de miliwatts a alguns watts. O meio ativo consiste em um corante orgânico diluído em um solvente líquido. Exemplos incluem o laser de cumarina, laser de rodamina, entre outros.
- Lasers semicondutores: Nesses modelos, a radiação é emitida através do processo de uma junção P-N em um diodo semicondutor. Um exemplo é o laser Ga.

Após compreender os diferentes tipos de laser e suas particularidades, é fundamental aprofundar o entendimento sobre o processo de corte a laser em si. Esse conhecimento permite analisar de forma mais detalhada como a tecnologia é aplicada na prática industrial e quais fatores influenciam seu desempenho.

2.6. Corte a Laser.

O corte a laser é um processo de fabricação utilizado na indústria moderna, caracterizado pela utilização de um feixe de luz altamente concentrado para realizar cortes precisos em diversos tipos de materiais. Essa tecnologia se destaca pela elevada precisão, repetibilidade e qualidade de acabamento, sendo aplicada em setores como metalurgia, automotivo, eletrônico e de bens de consumo.

De acordo com Bagnato (2008), o laser é uma forma de radiação eletromagnética que possui características específicas, como monocromaticidade, coerência e alta direcionalidade, o que permite sua aplicação em processos industriais com alto nível de controle. No corte a laser, essa energia é focalizada sobre a superfície do material, promovendo sua fusão, vaporização ou combustão localizada, resultando na separação do material.

O processo pode ser realizado com diferentes tipos de laser, sendo os mais comuns o laser de CO₂ e o laser de fibra. Segundo Steen e Mazumder (2010), o

laser de CO₂ é utilizado para materiais não metálicos e metais de menor espessura, enquanto o laser de fibra apresenta maior eficiência energética e é mais indicado para cortes em metais, especialmente em aplicações industriais de alta produtividade.

Além disso, o corte a laser pode ser assistido por gases, como oxigênio, nitrogênio ou ar comprimido, que auxiliam na remoção do material fundido e influenciam diretamente na qualidade do corte. O uso de oxigênio, por exemplo, promove uma reação exotérmica que aumenta a velocidade de corte, enquanto o nitrogênio é utilizado para evitar oxidação, garantindo um acabamento mais limpo.

Outro aspecto relevante do corte a laser é sua integração com sistemas automatizados e tecnologias de controle numérico computadorizado (CNC), permitindo a produção em larga escala com elevada precisão e redução de desperdícios. Conforme apontado por Groover (2014), a automação desses processos contribui significativamente para o aumento da eficiência produtiva e competitividade das empresas.

Dessa forma, o corte a laser se consolida como uma tecnologia essencial na manufatura moderna, proporcionando vantagens como alta precisão, flexibilidade de produção, menor necessidade de retrabalho e otimização de recursos, sendo um elemento fundamental para a melhoria contínua dos processos industriais.

Compreendido o funcionamento do corte a laser, torna-se necessário analisar os fatores operacionais que impactam diretamente sua eficiência. Entre esses fatores, destaca-se o tempo de *setup* das máquinas, que exerce influência significativa na produtividade e nos custos do processo produtivo.

2.7. *Setup* de Máquinas e Redução de Tempo.

O tempo de *setup* é um dos fatores que impacta a produtividade em ambientes industriais. Um tempo excessivo pode resultar em ociosidade das máquinas e aumento dos custos operacionais. Para reduzir esse tempo, podem ser adotadas estratégias como padronização de processos, automação e treinamento contínuo dos operadores, conforme discutido por Shingo (1996) e Slack et al. (2009).

Como afirma Smith (2020, p. 45),

Reduzir o tempo de setup é uma das principais estratégias para melhorar a eficiência operacional nas linhas de produção, visto que um tempo elevado de setup pode resultar em desperdício de recursos e aumentar os custos operacionais. (Smith, 2020, p. 45)

Ou seja, ao diminuir o tempo dedicado a essa fase, as empresas conseguem aumentar a utilização das máquinas e reduzir os custos associados, impactando diretamente na competitividade do processo produtivo.

A redução do tempo de *setup* tem sido reconhecida como um fator crucial para o aumento da produtividade e da competitividade das empresas, pois um tempo excessivo dedicado a essa etapa prejudica o fluxo de produção e aumenta os custos operacionais (Smith, 2020).

A redução do tempo de *setup* é um dos pilares da gestão da produção enxuta, pois impacta diretamente na flexibilidade operacional, na produtividade e na competitividade das organizações. O *setup* pode ser compreendido como o intervalo de tempo necessário para preparar um equipamento ou processo produtivo para a fabricação de um novo lote ou produto, envolvendo atividades como ajustes, trocas de ferramentas, regulagens e inspeções iniciais.

De acordo com Shingo (1996), o *setup* corresponde ao tempo decorrido entre a produção da última peça de um lote até a obtenção da primeira peça boa do lote seguinte, sendo fundamental sua redução para viabilizar sistemas de produção mais flexíveis e com menores estoques. O autor destaca que a diminuição desse tempo possibilita a redução de desperdícios e o aumento da eficiência operacional, especialmente em ambientes de manufatura que buscam a implementação do sistema *just in time*.

Nesse contexto, Shingo (1996) explica, de forma indireta, que a redução sistemática das atividades internas, aquelas que exigem a parada do equipamento, e sua conversão em atividades externas, realizadas com a máquina em funcionamento, constitui a base do método *SMED* (*Single Minute*

Exchange of Die). Tal abordagem contribui significativamente para a diminuição dos tempos improdutivos e para a melhoria do desempenho produtivo.

Complementando essa perspectiva, Ohno (1997) ressalta que a redução dos tempos de preparação é essencial para a eliminação de desperdícios no Sistema Toyota de Produção, pois possibilita a produção em pequenos lotes e maior adaptação às demandas do mercado. Assim, a otimização do *setup* está diretamente relacionada à busca pela excelência operacional e pela melhoria contínua dos processos.

Dessa forma, observa-se que o gerenciamento eficiente do *setup* não apenas reduz custos e aumenta a produtividade, mas também amplia a capacidade competitiva da empresa, tornando-a mais ágil e responsiva frente às variações de demanda.

Diante da importância do tempo de *setup* para a eficiência operacional, torna-se essencial mensurar e acompanhar o desempenho dos processos produtivos. Nesse contexto, os indicadores de desempenho surgem como ferramentas fundamentais para avaliar resultados, identificar melhorias e apoiar a tomada de decisões.

2.8. Indicadores de Desempenho e Monitoramento.

A adoção de indicadores de desempenho é essencial para avaliar a eficácia de qualquer processo industrial. No caso do corte a laser, a utilização desses indicadores permite que a empresa monitore de forma contínua a eficiência dos seus processos, como o tempo de *setup*, a precisão dos cortes e o desperdício de material. A partir desses dados, ajustes podem ser feitos para otimizar o processo e alcançar melhores resultados.

Ferreira (2017) ressalta que “Os indicadores de desempenho são essenciais para medir a eficácia das mudanças implementadas e garantir que os objetivos de redução de custos e melhoria de qualidade sejam alcançados.”

Isso demonstra a importância dos indicadores não apenas como ferramentas de monitoramento, mas também como instrumentos de controle e ajuste contínuo. Com indicadores bem definidos, as empresas conseguem identificar pontos

críticos, implementar melhorias e, conseqüentemente, atingir seus objetivos operacionais de forma mais eficiente.

Além disso, os indicadores de desempenho são ferramentas fundamentais para o monitoramento da eficácia das ações de melhoria em processos industriais, pois fornecem dados precisos que orientam os ajustes necessários para alcançar os objetivos estabelecidos (Ferreira, 2017).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma abordagem bibliográfica descritiva e complementada por um estudo de caso, visando analisar como a aplicação da ferramenta da qualidade PDCA pode contribuir para a redução do tempo de *setup* e o aumento da precisão no corte a laser. Segundo Richardson (2017), a pesquisa descritiva possibilita compreender fenômenos de forma detalhada, enquanto Yin (2015) destaca que o estudo de caso favorece a análise prática em contextos reais.

Adotou-se uma abordagem mista, qualitativa e quantitativa: a qualitativa para compreender práticas e desafios no ambiente produtivo e a quantitativa para mensurar os resultados obtidos. Nesse sentido, Campos (2004) ressalta que a aplicação sistemática do PDCA promove padronização, redução de desperdícios, melhoria da qualidade e aumento da eficiência operacional.

Por fim, quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois visa gerar conhecimentos voltados à solução de problemas práticos na organização estudada. Conforme Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada busca, além de ampliar o conhecimento, atender às necessidades concretas de setores produtivos, contribuindo diretamente para a melhoria dos processos.

3.1. Instrumentos de Coleta de Dados Utilizados.

No ambiente produtivo, realizaram-se observações diretas com dois operadores, bem como o registro dos tempos de *setup*, totalizando 40 medições antes e 40 após a implementação do ciclo PDCA. Esse estudo ocorreu entre 08/2024 e 09/2024, permitindo captar a rotina real do processo e suas variações operacionais.

A coleta de dados ocorreu por meio de visitas *in loco* e da observação das atividades desempenhadas pelos operadores. Como recursos complementares, foram aplicadas técnicas de cronoanálise e listas de verificação, possibilitando o acompanhamento preciso do tempo de *setup* antes e após a implementação da metodologia. A adoção da cronoanálise justificou-se por sua precisão na mensuração de tempos operacionais, o que permitiu identificar gargalos,

compreender a dinâmica das atividades e mensurar, de forma confiável, os ganhos obtidos com a intervenção.

O conjunto desses procedimentos assegurou uma interpretação consistente das informações, contribuindo para a confiabilidade e a robustez dos resultados alcançados.

3.2. Método de Tratamento de Dados.

Os dados foram tratados por meio de abordagens qualitativa e quantitativa. Na análise quantitativa, foram calculadas médias e percentuais referentes aos tempos de *setup*, possibilitando a comparação dos indicadores antes e após a aplicação do Ciclo PDCA.

No que se refere à análise qualitativa, esta foi realizada por meio de observação direta no ambiente produtivo e do acompanhamento das atividades operacionais relacionadas ao processo de corte a laser e ao tempo de *setup*. Esse método permitiu a compreensão detalhada das rotinas, práticas adotadas e possíveis falhas no processo, conforme orientam Prodanov e Freitas (2013), ao destacarem a observação como uma técnica essencial para a análise de fenômenos em seu contexto real.

Além disso, foram consideradas como base da análise qualitativa algumas categorias temáticas, definidas a partir dos objetivos do estudo, sendo elas:

1. Tempo de preparação das máquinas (*setup*);
2. Identificação de falhas operacionais;
3. Padronização dos processos;
4. Nível de organização do ambiente produtivo;
5. Práticas de melhoria contínua.

Essas categorias possibilitaram uma análise mais estruturada das informações coletadas, permitindo identificar padrões, oportunidades de melhoria e pontos críticos no processo produtivo. Conforme destaca Yin (2015), a definição de categorias analíticas contribui para maior rigor na interpretação dos dados qualitativos, especialmente em estudos de caso.

Na etapa quantitativa, os dados obtidos por meio da cronoanálise foram organizados em planilhas eletrônicas, possibilitando o cálculo de médias, percentuais e a comparação entre os indicadores de desempenho (tempo) antes e após a implementação do PDCA. Entre os indicadores avaliados, destacaram-se o tempo médio de *setup* e a padronização do processo.

Após o tratamento e a sistematização dos dados, os resultados foram confrontados com a literatura revisada, permitindo avaliar a efetividade do PDCA no contexto estudado. A combinação das duas abordagens analíticas conferiu maior consistência ao estudo, favorecendo a identificação de melhorias concretas e sustentáveis no processo produtivo.

4 ESTUDO DE CASO

4.1. Contextualização.

A indústria abordada neste projeto é uma metalúrgica especializada em corte a laser de metais ferrosos e não ferrosos, dobra CNC (*Computer Numerical Control*) e caldeiraria, oferecendo diversas soluções aos seus clientes. Além disso, a empresa possui experiência no desenvolvimento de projetos, atuando desde a concepção e detalhamento técnico até a materialização final, transformando a visão de seus clientes em realidade.

Apesar de contar com apenas 5 anos de atuação no mercado, trata-se de uma empresa de pequeno porte, com média de 15 funcionários, buscando manter um padrão de qualidade. Seu portfólio de clientes abrange diversos setores, como maquinários agrícolas, totens de autoatendimento, indústria de energias renováveis, entre outros.

Um dos desafios enfrentados pela empresa está relacionado à redução do tempo de *setup* das máquinas. A falta de padronização desse processo acaba impactando negativamente a produção e ocasionando atrasos. Diante dessa não conformidade, foi identificado um problema no processo produtivo, evidenciando a necessidade da aplicação de uma ferramenta de Gestão da Qualidade. Como solução, optou-se pela utilização do ciclo PDCA, visando aprimorar os processos e garantir maior eficiência operacional.

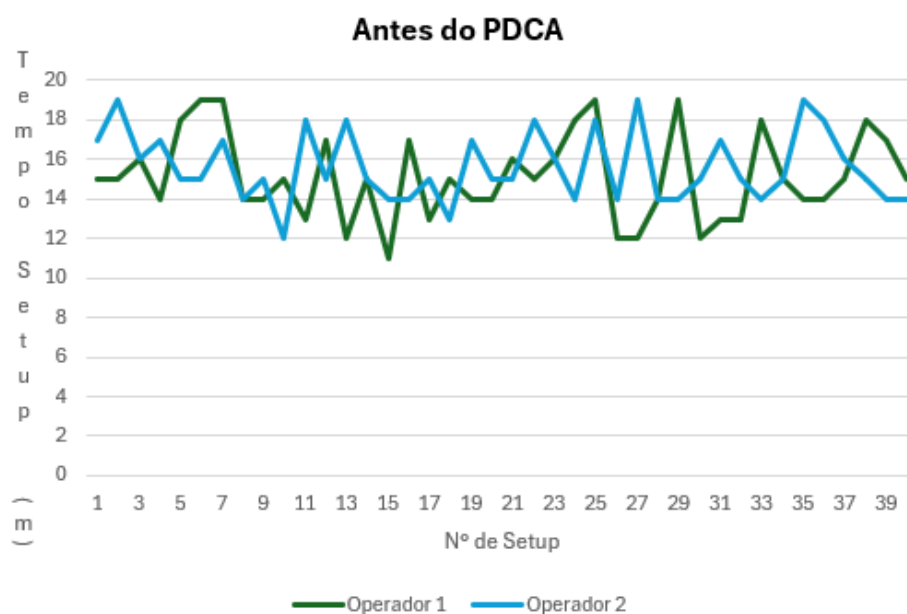
4.2. Metodologia Aplicada.

A abordagem utilizada foi o Ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir), que proporciona uma estrutura sistemática e interativa para a melhoria de processos.

4.2.1. Planejar (*Plan*)

Diagnóstico Do Processo Atual: Foram observados altos tempos de preparação das máquinas, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Gráfico de tempo antes do PDCA ser aplicado



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Média de tempo de *setup*:

Operador 1: 15 minutos

Operador 2: 16 minutos

Obs: Valores de referência para elaboração da Figura 3, encontram-se no Apêndice B.

- Levantamento de causas: Falta de padronização no *setup*, ausência de treinamento específico e falhas na calibração dos equipamentos.
- Plano de ação: Criação de um procedimento operacional padrão (POP) (Apêndice A), e capacitação dos operadores.

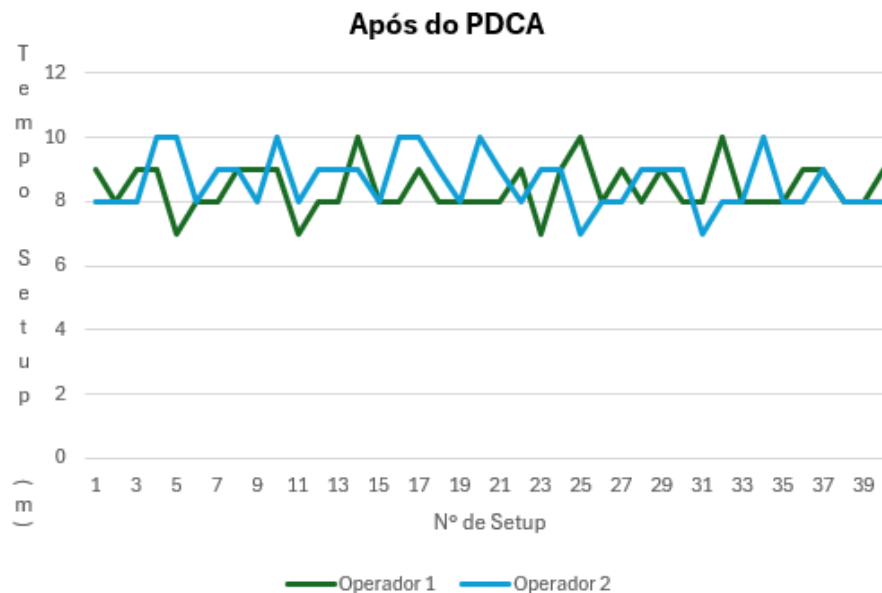
4.2.2. Executar (*Do*)

- Implementação do POP: Foi elaborado um procedimento operacional referente à padronização das etapas a serem seguidas para a realização do *setup*.
- Realização de treinamentos voltados a execução de *setup* rápido, cujo conteúdo encontra-se no Apêndice D.
- Adoção de lista de verificação para garantir a correta preparação dos equipamentos.

4.2.3. Verificar (*Check*)

- Coleta e análise de indicadores: Após a implementação do PDCA, foi realizada novamente a cronoanálise para a verificação do tempo como demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Gráfico de tempo após o PDCA ser aplicado



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Média de tempo de *setup*:

Operador 1: 8 minutos

Operador 2: 9 minutos

Os resultados demonstram uma redução aproximada de 54% no tempo de *setup*.

Obs: Valores de referência para elaboração da Figura 4, encontram-se no Apêndice C.

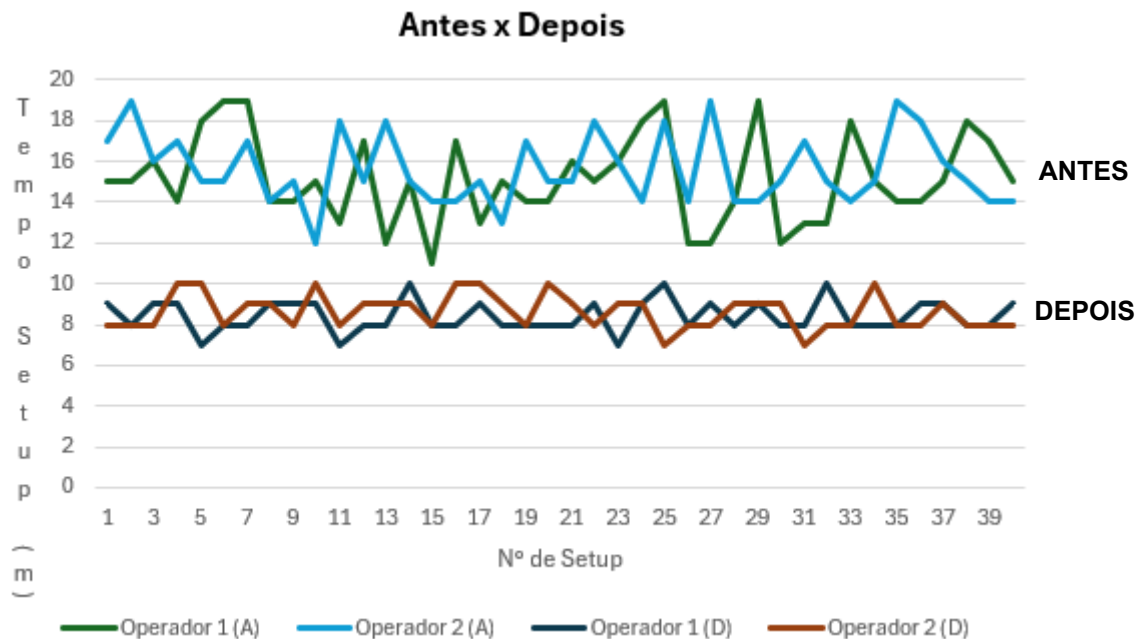
4.2.4. Agir (*Act*)

- Padronização das práticas que obtiveram bons resultados.
- Reforço da cultura de melhoria contínua.
- Definição de rotinas de acompanhamento mensal com base nos indicadores.

4.3. Resultados e Discussões.

Conforme demonstrado na Figura 5, os resultados revelaram uma redução no tempo médio de *setup* de 15 minutos para 8 minutos, o que resultou em melhorias significativas na eficiência operacional do processo produtivo.

Figura 5 - Gráfico de tempo comparativo entre antes e depois do PDCA ser aplicado



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os resultados observados corroboram os princípios apresentados por Shingo (1996), que destaca a padronização dos processos e a eliminação de desperdícios como fatores fundamentais para a redução dos tempos improdutivos. A análise dos dados evidenciou uma redução média de aproximadamente 54% no tempo de *setup*, representando um ganho em produtividade e eficiência operacional. Esse resultado demonstra a efetividade da aplicação sistemática do Ciclo PDCA, que possibilitou identificar as causas das ineficiências existentes no processo, implementar ações corretivas e estabelecer procedimentos padronizados para a preparação das máquinas. Dessa forma, verificou-se uma melhoria consistente no desempenho operacional, contribuindo para a redução das variabilidades do processo e para o fortalecimento da cultura de melhoria contínua na organização estudada.

Esses resultados corroboram a afirmação de Campos (2004), que destaca o Ciclo PDCA como um método capaz de promover a padronização e o controle sistemático dos processos, resultando em ganhos de produtividade e qualidade. De forma complementar, Miguel et al. (2012) ressaltam que o uso integrado de ferramentas de gestão da qualidade com o PDCA contribui para a redução de variabilidades e a consolidação de práticas de melhoria contínua no ambiente produtivo.

A implementação de procedimentos operacionais padrão (POP) e de treinamentos técnicos específicos foi essencial para o alcance dos resultados observados. A padronização das atividades reduziu a ocorrência de falhas e garantiu maior consistência no desempenho das operações. Conforme destaca Souza (2020), o PDCA atua como uma metodologia estruturada que incentiva o aprendizado organizacional e fortalece a cultura de prevenção e aprimoramento contínuo nas organizações.

De modo geral, os benefícios observados com a aplicação do Ciclo PDCA foram:

- melhoria da produtividade;
- maior disponibilidade das máquinas para produção;
- redução das falhas operacionais;
- aumento da padronização dos processos.

Os achados deste estudo confirmam que o PDCA é uma ferramenta eficaz para a otimização de processos industriais, alinhando-se às conclusões de Almeida (2018), que enfatiza a capacidade dessa metodologia em promover avanços sustentáveis na eficiência operacional e na qualidade dos produtos. Assim, o caso analisado evidencia que a gestão estruturada de processos, quando orientada por métodos como o PDCA, gera resultados concretos e mensuráveis, consolidando-se como prática essencial para a competitividade empresarial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo responder à questão central: “Como a aplicação do Ciclo PDCA pode contribuir com a redução do tempo de *setup* em uma empresa de corte a laser”.

Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação estruturada do PDCA exerceu influência direta e significativa na diminuição do tempo de *setup*, fortalecendo a padronização das atividades e elevando o nível de controle operacional.

Após a implementação das ações propostas, verificou-se uma redução média de aproximadamente 54% no tempo de *setup*, representando um ganho em produtividade e utilização dos recursos produtivos. Essa melhoria evidencia que o uso disciplinado do PDCA permite identificar causas raiz, eliminar variabilidades e estabelecer rotinas mais eficientes, contribuindo para um fluxo produtivo mais estável e previsível.

Além disso, observou-se que a criação do Procedimento Operacional Padrão (POP), aliada ao treinamento dos operadores, desempenhou papel fundamental para a consolidação dos resultados. A padronização das etapas, a clareza das instruções e o aumento da consciência operacional dos colaboradores foram elementos essenciais para assegurar a manutenção das melhorias ao longo do tempo. Nesse sentido, o PDCA atuou não apenas como ferramenta de solução de problemas, mas também como instrumento de aprendizagem organizacional, promovendo uma cultura voltada ao aperfeiçoamento contínuo.

Entretanto, como todo estudo científico, esta pesquisa possui limitações que precisam ser consideradas. Entre elas, destaca-se o curto período de acompanhamento após a implementação do PDCA, o que impossibilita avaliar a sustentabilidade dos ganhos em médio e longo prazo. Outro ponto relevante é que o estudo foi conduzido em apenas uma empresa, com participação de somente dois operadores, o que restringe a generalização dos resultados para outros contextos produtivos. Ademais, fatores externos como variações na demanda, condições do equipamento, mudanças no mix de produção e influência de aspectos ambientais não foram avaliados, podendo impactar o desempenho real do processo.

Diante dessas limitações, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem o período de observação e incluam uma amostra mais diversificada de empresas e operadores, a fim de aumentar a robustez e a representatividade dos resultados. Também seria pertinente investigar o impacto financeiro decorrente das melhorias implementadas, considerando indicadores como redução de custos operacionais, economia de energia, diminuição de retrabalho e aumento da capacidade produtiva. Outro caminho promissor consiste em integrar o PDCA com metodologias como *Lean Manufacturing*, *SMED* e Seis Sigma, possibilitando análises mais amplas e aprofundadas sobre eficiência operacional. Além disso, devido ao avanço da Indústria 4.0, estudos que explorem o uso de sensores inteligentes, monitoramento em tempo real e análise de dados por inteligência artificial podem contribuir para ciclos PDCA mais ágeis, precisos e automatizados.

Em síntese, conclui-se que a aplicação do Ciclo PDCA representa não apenas uma ferramenta eficaz para a otimização de processos industriais, mas também um mecanismo de transformação organizacional, contribuindo para o fortalecimento da cultura de qualidade, do aprendizado contínuo e da competitividade empresarial. Os resultados obtidos comprovam a relevância da metodologia como instrumento estratégico para melhoria de desempenho e demonstram seu potencial para gerar avanços sustentáveis nos ambientes produtivos.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. *Melhoria contínua na indústria: aplicações do PDCA no setor de corte a laser*. São Paulo: Editora Universitária, 2018.
- BAGNATO, V. S. *Laser e suas aplicações em ciência e tecnologia*. São Paulo: Edusp, 2008.
- CAMPOS, V. F. *TQC: controle da qualidade total – no estilo japonês*. Nova Lima: Falconi, 2004.
- FERREIRA, M. *Gestão da produção: indicadores de desempenho e eficiência operacional*. Rio de Janeiro: Atlas, 2017.
- GERCK, E. *O corte a laser: da teoria à máquina*. São Paulo: SENAI, 1997.
- GROOVER, M. P. *Automação industrial e sistemas de manufatura*. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2014.
- MIGUEL, P.C.A, et al. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- MUSSIO, J. R. *Fundamentos do laser e aplicações industriais*. Curitiba: UFPR, 2019.
- OHNO, T. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- REZENDE, P. *Qualidade em tudo*. São Paulo: Atlas, 2010.
- RICHARDSON, Roberto Jarry. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- SHINGO, S. *Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMITH, J. *Effective machine setup: reducing waste in production lines*. 2nd ed. New York: Industrial Press, 2020.

SOUZA, A. *Gestão da qualidade: princípios e ferramentas*. São Paulo: Revista Acadêmica Digital: SOUZA EAD, 2020.

STEEN, W. M.; MAZUMDER, J. *Laser material processing*. 4th ed. London: Springer, 2010.

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

APÊNDICE A – POP: *Setup* da Máquina de Corte a Laser

POP: <i>Setup</i> da Máquina de Corte a Laser		
Código: POP-CL-001	Revisão: 01	Data: 08/2024
Elaborado por:		
Aprovado por:		

1. OBJETIVO.

Padronizar o procedimento de *setup* da máquina de corte a laser, reduzindo o tempo de preparação, eliminando variabilidades e garantindo maior eficiência e segurança no processo produtivo.

2. CAMPO DE APLICAÇÃO.

A presente POP se aplica a todos os operadores responsáveis pela preparação e operação das máquinas de corte a laser da empresa.

3. DEFINIÇÕES.

Setup: Período necessário para preparar a máquina antes do início do corte.

POP: Procedimento Operacional Padrão.

Checklists: Listas de verificação obrigatórias antes do início da operação.

4. RESPONSABILIDADES.

Operador de Corte: Executar o *setup* conforme este POP e registrar ocorrências.

Líder de Produção: Garantir o cumprimento do procedimento e realizar auditorias.

Manutenção: Realizar ajustes e calibrações quando identificadas pelo operador.

5. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS.

- Equipamento de Proteção Individual (EPI)
- Arquivo do programa de corte
- Ferramentas de aferição

- *Checklists* impressos ou digitais

6. PROCEDIMENTO.

6.1 Preparação Inicial.

1. Conferir limpeza da máquina e ausência de resíduos.
2. Ligar compressor, exaustor e verificar níveis de gás.
3. Confirmar disponibilidade e integridade da chapa.
4. Verificar funcionamento dos sistemas auxiliares.

6.2 Início do Setup.

1. Ligar a máquina.
2. Selecionar o programa correto.
3. Carregar o arquivo e validar geometria.
4. Ajustar parâmetros iniciais de corte.

6.3 Ajuste e Calibração.

1. Realizar foco automático ou manual.
2. Verificar bico, lente e espelho.
3. Fazer teste de furo e teste de corte.
4. Ajustar altura do bico.

6.4 Checklist Final.

Checklist	SIM	NÃO	hora In	hora Fn
Material carregado	☐	☐		
Arquivo conferido	☐	☐		
Parâmetros ajustados	☐	☐		
Foco calibrado	☐	☐		
Bico e lente limpos	☐	☐		
Gases com pressão adequada	☐	☐		
Teste de corte aprovado	☐	☐		
Obs:				

6.5 Liberação para Produção.

1. Registrar horários.
2. Comunicar anomalias.
3. Iniciar produção após aprovação do *checklist*.

7. REGISTROS.

- *Checklist* de *Setup*
- Planilha de Tempo
- Relatórios de não conformidades

8. INDICADORES.

- Tempo médio de *setup*
- Retrabalho por falha de *setup*
- Conformidade do *checklist*

9. CAPACITAÇÃO APLICADA.

OPERADORES	ASSINATURA	DATA DA CAPACITAÇÃO
Operador 1		
Operador 2		

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

APÊNDICE B – Tabela de cronoanálise antes do PDCA

TEMPO DE <i>SETUP</i> - ANTES PDCA					
Nº <i>Setup</i>	Operador 1 (min.)	Operador 2 (min.)	Nº <i>Setup</i>	Operador 1 (min.)	Operador 2 (min.)
1	15	17	21	16	15
2	15	19	22	15	18
3	16	16	23	16	16
4	14	17	24	18	14
5	18	15	25	19	18
6	19	15	26	12	14
7	19	17	27	12	19
8	14	14	28	14	14
9	14	15	29	19	14
10	15	12	30	12	15
11	13	18	31	13	17
12	17	15	32	13	15
13	12	18	33	18	14
14	15	15	34	15	15
15	11	14	35	14	19
16	17	14	36	14	18
17	13	15	37	15	16
18	15	13	38	18	15
19	14	17	39	17	14
20	14	15	40	15	14

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

APÊNDICE C – Tabela de cronoanálise depois do PDCA

TEMPO DE <i>SETUP</i> - Depois PDCA					
Nº <i>Setup</i>	Operador 1 (min.)	Operador 2 (min.)	Nº <i>Setup</i>	Operador 1 (min.)	Operador 2 (min.)
1	9	8	21	8	9
2	8	8	22	9	8
3	9	8	23	7	9
4	9	10	24	9	9
5	7	10	25	10	7
6	8	8	26	8	8
7	8	9	27	9	8
8	9	9	28	8	9
9	9	8	29	9	9
10	9	10	30	8	9
11	7	8	31	8	7
12	8	9	32	10	8
13	8	9	33	8	8
14	10	9	34	8	10
15	8	8	35	8	8
16	8	10	36	9	8
17	9	10	37	9	9
18	8	9	38	8	8
19	8	8	39	8	8
20	8	10	40	9	8

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

APÊNDICE D – Treinamento aplicado aos operadores

1. Treinamento Operacional
Setup de Máquina de Corte a Laser

2. Objetivos

- ▶ Padronizar o processo de setup;
- ▶ Reduzir tempo de preparação;
- ▶ Garantir segurança e qualidade;
- ▶ Melhorar produtividade.

3. Responsabilidades

- ▶ Operador: executar setup;
- ▶ Líder: garantir cumprimento;
- ▶ Manutenção: ajustes e calibrações.

4. 1.Preparação Inicial

- ▶ Conferir limpeza;
- ▶ Verificar resíduos;
- ▶ Ligar compressor e exaustor;
- ▶ Conferir gases.

5. 2.Início do Setup

- ▶ Ligar máquina;
- ▶ Selecionar programa;
- ▶ Validar arquivo;
- ▶ Ajustar parâmetros.

6. 3.Ajuste e Calibração

- ▶ Ajustar foco;
- ▶ Verificar bico e lente;
- ▶ Ajustar altura do bico;
- ▶ Fazer teste de corte.

7. 4.Checklist Final

- ▶ Material carregado;
- ▶ Arquivos conferidos;
- ▶ Parâmetros ajustados;
- ▶ Teste aprovado.

8. 5.Registros Obrigatórios

- ▶ Checklist de Setup;
- ▶ Planilha de Tempo;
- ▶ Relatórios de Não Conformidade.

9. 6.Benefícios

- ▶ Redução de falhas;
- ▶ Maior produtividade;
- ▶ Mais segurança;
- ▶ Melhor qualidade.

10. Obrigada!!

- ▶ Perguntas e Dúvidas

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).