

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLOGIA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
TÉCNICO EM METALURGIA**

**ADILSON BROGIN SIMOES
ALEXANDRE PERES
GABRIEL CARREIRA DOS SANTOS
MARCELO MAGALHÃES DE FRANÇA
PEDRO EMANUEL ROSIL VIDAURRE GADEA**

DISPOSITIVO DE IÇAMENTO PNEUMÁTICO PARA MACHARIA

**LIMEIRA/SP
2026**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLOGIA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMRGO
TÉCNICO EM METALURGIA**

**ADILSON BROGIN SIMOES
ALEXANDRE PERES
GABRIEL CARREIRA DOS SANTOS
MARCELO MAGALHÃES DE FRANÇA
PEDRO EMANUEL ROSIL VIDAURRE GADEA**

DISPOSITIVO DE IÇAMENTO PNEUMÁTICO PARA MACHARIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Técnico em Metalurgia da Escola Técnica Trajano Camargo sob a orientação do Professor João Augusto Montesano.

**LIMEIRA/SP
2026**

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	4
2-OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
3.1. O PROCESSO DE FUNDIÇÃO	6
3.2. MOLDAGEM.....	7
3.2.1. MOLDAGEM EM AREIA VERDE	7
3.2.2. COLD BOX	8
3.2.3. MOLDES E MACHOS.....	9
3.3. HISTÓRICO DO PROBLEMA.....	11
3.4. SOLUCIONANDO O PROBLEMA	12
4. METODOLOGIA	13
4.1. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES E PESQUISA TEÓRICA.....	13
4.2. EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO	13
4.3. RECURSOS NECESSÁRIOS.....	16
5. RESULTADOS ESPERADOS	18
5.1 TESTE E APLICAÇÃO DO DISPOSITIVO	18
5.2 ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE.....	18
6. CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	21

1- INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Nas indústrias existem diversos setores responsáveis por manter o funcionamento da organização. No entanto, a área de produção, conhecida como chão de fábrica, é um dos setores mais importantes, pois é ela que garante a geração de lucro por meio da fabricação dos produtos. No Brasil, essas empresas seguem diversas normas que padronizam os processos produtivos, garantindo redução de custos, qualidade, organização e segurança para os colaboradores. Apesar disso, muitas empresas enfrentam dificuldades, pois realizam diversos processos distintos, o que acaba dificultando a padronização e o cumprimento adequado das normas de segurança.

Diante desse cenário, a aplicação de dispositivos que funcionam por meio de sistemas pneumáticos se apresenta como uma solução eficiente para facilitar a montagem, movimentação e manuseio de peças ou conjuntos. A implementação desses equipamentos contribui para melhorar a qualidade do trabalho e reduzir esforços desnecessários.

Com base nisso, surgiu a ideia de desenvolver um dispositivo capaz de movimentar um determinado tipo de peça da macharia, de forma prática e segura. O objetivo é aprimorar o setor industrial seguindo normas de ergonomia e qualidade, reduzindo as dificuldades enfrentadas pelos colaboradores e promovendo melhores condições de trabalho.

2- OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Elaborar um dispositivo de içamento para facilitar o manuseio do macho, para melhorar a ergonomia, produtividade e qualidade do processo de montagem do molde seguindo as normas de segurança e qualidade.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

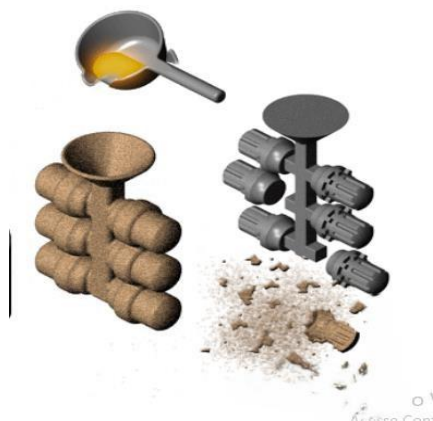
- **Realizar as pesquisas bibliográficas do processo de fundição:** Levantar e analisar informações em livros, artigos científicos e normas sobre os principais processos de fundição, com foco na moldagem em areia verde e na utilização de machos.
- **Identificar o processo de macharia Cold Box:** Estudar o funcionamento do processo Cold box, incluindo os materiais utilizados, o sistema de cura química e as condições operacionais, demonstrando a sua importância na produção de machos.
- **Identificar o problema na montagem do macho:** Analisar o problema ocorrido na linha de montagem, identificando os fatores no processo e as consequências da situação.
- **Aplicar o plano de pesquisa no desenvolvimento do projeto:** Executar as etapas definidas no planejamento, analisando a aplicação prática do processo de macharia estudado e sua contribuição para a melhoria da montagem do macho.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. O PROCESSO DE FUNDIÇÃO

A fundição é uma área antiga da humanidade que pode ser origem da metalurgia, na onde ocorre a produção de peças metálicas, por meio do metal líquido, que ocorre a fusão num forno e a solidificação do metal dentro de um molde para obter a figura e ou geométrica desejada. A figura 1 a seguir representa este processo.

Figura 1 - Representação de fundição



Fonte: INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA, PROCESSO DE FUNDIÇÃO.

Mas a definição de fundição pelo Instituto Federal Santa Catarina, citou:

"Fundição é um processo de fabricação onde um metal ou liga metálica, no estado líquido, é vazado em um molde com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser produzida."(IFSC, pág. 1).

Atualmente se utiliza muito em diferentes setores industriais com destaque na indústria automotiva, sendo que consegue fabricar produtos com geometrias complexas, leves e resistentes, sempre acompanhado com outros processos para a sua exatidão de peça requerendo posterior trabalho além da fundição.

A fundição se consolida como um processo estratégico na indústria, sendo essencial para a fabricação de peças metálicas com diferentes geometrias, atendendo às necessidades de produção, desempenho e custo.

3.2. MOLDAGEM

Uma das fases importantes além da fusão do material no forno, é a etapa da moldagem, onde o metal líquido recebe a forma da peça desejada permitindo tomar diferentes figuras. Nesta fase são definidas características como dimensão geometria ou o material adicionado. Dessa forma, a moldagem vai variar dependendo da aplicação da peça. Mas uma aplicação mais específica foi definida pela empresa 3ERP sendo que:

“A moldagem envolve a criação de um molde com base no modelo. O molde é feito de materiais como areia, argila ou cerâmica que suportam as altas temperaturas do metal fundido. Esse molde forma o espaço negativo que define a forma do objeto fundido.” (YE Ronan, 3ERP).

3.2.1. MOLDAGEM EM AREIA VERDE

A moldagem em areia verde, amplamente utilizada na indústria de fundição devido a sua simplicidade e baixo custo. Neste processo, utiliza-se um modelo previamente confeccionado com formato da peça, que é compactado contra uma mistura de areia especial, formando a concavidade do ferramental. Após a retirada do modelo, o metal líquido é vazado nessa cavidade, adquirindo o formato da peça após a solidificação.

A areia verde que é usada no molde ela é formada comumente de areia silicosa, argila e água, sendo que as propriedades que ela ganha são maior ligação dos grãos de areia, plasticidade no molde, além de dar permeabilidade e refrateriaridade da areia para suportar o metal líquido.

Este tipo de moldagem não necessita de secagem em estufa, pois a umidade presente na mistura garante a coesão do molde, tornando o processo mais rápido e econômico. Entretanto, apresenta limitações como menor precisão dimensional e superficial, sendo que precisa de um trabalho posterior. A figura 2, apresenta um exemplo de molde de areia verde.

Figura 2 – Molde de areia verde.



Fonte: Autores, 2026

3.2.2. COLD BOX

A Cold Box é um processo utilizado principalmente na fabricação de machos para fundição, no qual se emprega areia base geralmente areia de sílica ou areia especial misturada com resinas sintéticas, diferentemente da areia verde.

O processo é realizado de forma automatizada ou semiautomatizada, por meio de máquinas de sopro específicas. Nesse sistema, a mistura de areia e resina é soprada para dentro da caixa de macho e, é feita a injeção de um gás catalisador (amina), que promove a cura rápida da mistura, endurecendo o macho.

Além disso, a automação do processo contribui para o aumento da produtividade e melhor controle de qualidade. A areia utilizada pode ser parcialmente recuperada, reduzindo desperdícios e tornando o processo mais eficiente do ponto de vista econômico e ambiental. A figura 3 apresenta um macho feito na Cold Box.

Figura 3 - Macho feito no processo Cold Box.



Fonte: MOLDIMIG

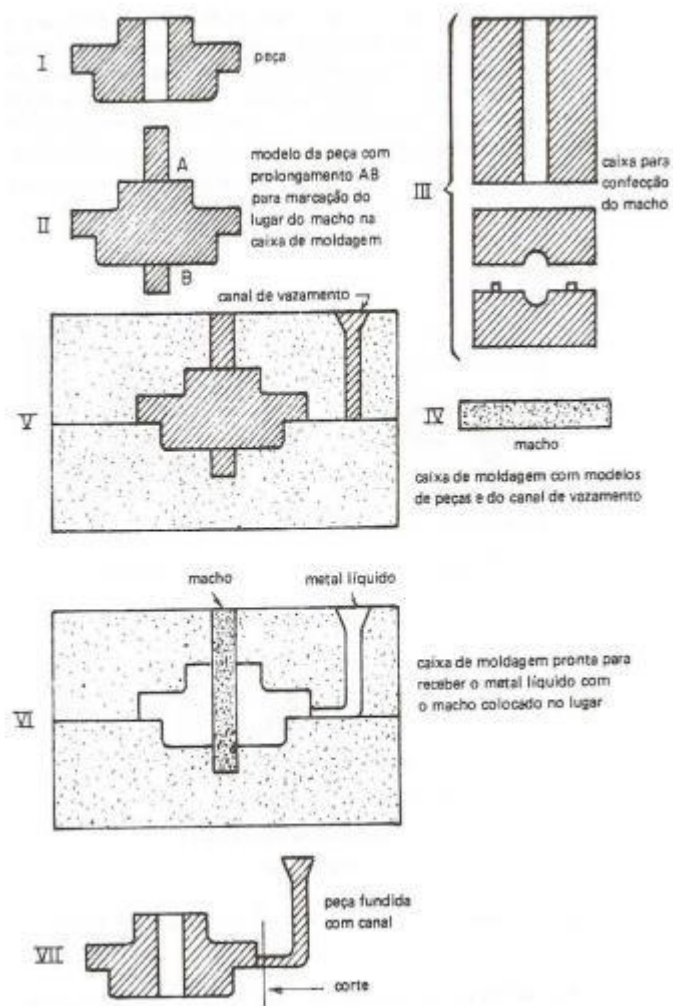
3.2.3. MOLDES E MACHOS

No processo de fundição, os moldes e machos são responsáveis por formar a geometria da peça. O molde define a forma externa, enquanto os machos criam cavidades internas e furos. Ambos são geralmente feitos de areia com aglomerantes, capazes de suportar a temperatura do metal fundido.

Na etapa de aplicação do molde, é aplicada uma tinta refrataria para dar uma resistência da areia antes de receber o metal líquido, consequentemente solidificando e tomando a forma do modelo desejado.

Na etapa de aplicação do macho, este elemento é posicionado no interior do molde antes de seu fechamento, garantindo que, durante o vazamento do metal líquido, sejam formadas as geometrias internas necessárias da peça. A figura 4 representa a aplicação dos moldes e machos.

Figura 4 – Exemplo de aplicação do molde e macho.



Fonte: INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA, PROCESSO DE FUNDIÇÃO.

3.3. HISTÓRICO DO PROBLEMA

O setor de moldagem na fundição é responsável por uma etapa essencial do processo produtivo, pois é nesse momento que ocorre o posicionamento adequado dos machos no interior do molde, que ocorre durante o fechamento do molde, garantindo assim a formação correta de cavidades internas e geometrias complexas nas peças fundidas. Trata-se de uma fase que exige precisão, atenção e esforço físico, principalmente devido ao manuseio constante de componentes pesados e de difícil movimentação.

Em muitas fundidoras, especialmente em linhas de produção com alto volume de peças, ainda é comum a realização do içamento e transporte manual de machos que são feitos pela cold box. Essa prática ocorre principalmente pela ausência de dispositivos específicos para movimentação, fazendo com que os colaboradores utilizem força física e técnicas improvisadas para levantar, posicionar e ajustar os machos durante a montagem.

Além disso, a rotina operacional pode envolver movimentos repetitivos, levantamento de cargas e posturas inadequadas, o que contribui para o aumento da fadiga e para riscos de acidentes de trabalho. Essas condições também podem gerar impactos ergonômicos significativos, elevando a possibilidade de lesões ocupacionais, como dores lombares, lesões musculares e problemas nas articulações.

Outro fator relevante é que o esforço manual e a dificuldade no posicionamento podem comprometer a qualidade final do processo, uma vez que o macho pode sofrer danos durante o manuseio ou ser montado de forma incorreta. Isso pode resultar em defeitos de fundição, retrabalhos e aumento de custos, além de atrasos na linha produtiva.

Dessa forma, o problema identificado está relacionado à falta de um sistema eficiente e seguro para o içamento e posicionamento dos machos, dificultando o trabalho do operador e reduzindo a produtividade, além de impactar diretamente a ergonomia e a segurança no ambiente industrial.

3.4. SOLUCIONANDO O PROBLEMA

Diante das dificuldades observadas no setor de montagem, tornou-se necessária a busca por uma solução prática e eficiente que contribuísse para reduzir o esforço físico dos colaboradores, aumentar a segurança do processo e melhorar a produtividade da linha de fundição.

A alternativa proposta neste trabalho consiste no desenvolvimento de um dispositivo de içamento pneumático voltado para o manuseio e posicionamento de machos utilizados na macharia. A utilização de um sistema pneumático foi escolhida devido à sua aplicação comum no ambiente industrial, apresentando vantagens como funcionamento simples, baixo custo de manutenção, boa confiabilidade operacional.

O dispositivo tem como finalidade auxiliar no levantamento e movimentação controlada do macho, reduzindo a necessidade de esforço manual e permitindo maior precisão durante a montagem. Com isso, espera-se diminuir falhas operacionais, reduzir riscos de acidentes e melhorar as condições ergonômicas do operador.

Além da questão ergonômica, o uso do sistema pneumático também pode contribuir para aumentar a repetitividade do processo, garantindo que o posicionamento do macho seja realizado de forma mais padronizada. Isso tende a gerar impactos positivos na qualidade final da peça fundida, reduzindo defeitos e retrabalhos causados por montagem incorreta ou movimentação inadequada.

Portanto, a solução proposta visa unir segurança, produtividade e qualidade, apresentando um equipamento que pode ser aplicado como alternativa viável para modernização do setor de montagem em fundições, especialmente em empresas que ainda dependem fortemente de atividades manuais.

4. METODOLOGIA

4.1. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES E PESQUISA TEÓRICA

As atividades de pesquisa teórica relacionadas a este projeto serão realizadas na ETEC Trajano Camargo, com o suporte técnico do professor João Montesano, além da fabricação do dispositivo na empresa e a realização dos testes, conforme estabelecido no cronograma apresentado na figura 5.

Figura 5 - Cronograma das atividades.

	jul/25	ago/25	set/25	out/25	nov/25	dez/25	fev/26	mar/26	abr/26	mai/26	jun/26
Explicação da metodologia											
Escolha do tema											
Plano de pesquisa											
Desenvolvimento do desenho do dispositivo											
Montagem do dispositivo											
Teste do dispositivo											
Relatório de resultados											
Finalização do projeto											
Apresentação do TCC											

Fonte: Pessoa (2026).

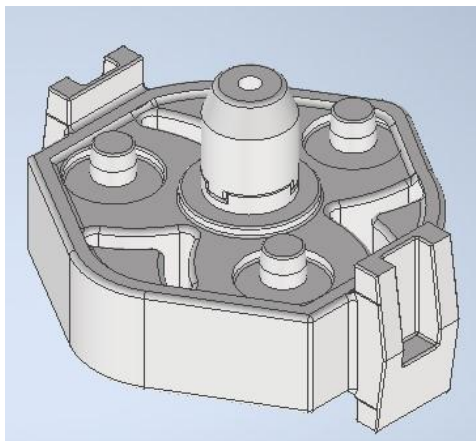
4.2. EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES DE DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO

A construção e o desenvolvimento do dispositivo começaram a partir da análise do processo de produção (montagem) que ocorre dentro da empresa, buscando compreender as dificuldades enfrentadas durante o manuseio do macho e identificar pontos críticos relacionados a ergonomia, segurança e produtividades.

Após o levantamento do processo atual, foi elaborado o desenho técnico do macho utilizando o software CAD, permitindo definir suas dimensões, formato e pontos de apoio necessários para o desenvolvimento de um sistema de içamento adequado. Essa etapa foi fundamental para garantir que o dispositivo fosse projetado especificamente para o macho utilizado na linha de produção, utilizando um elemento

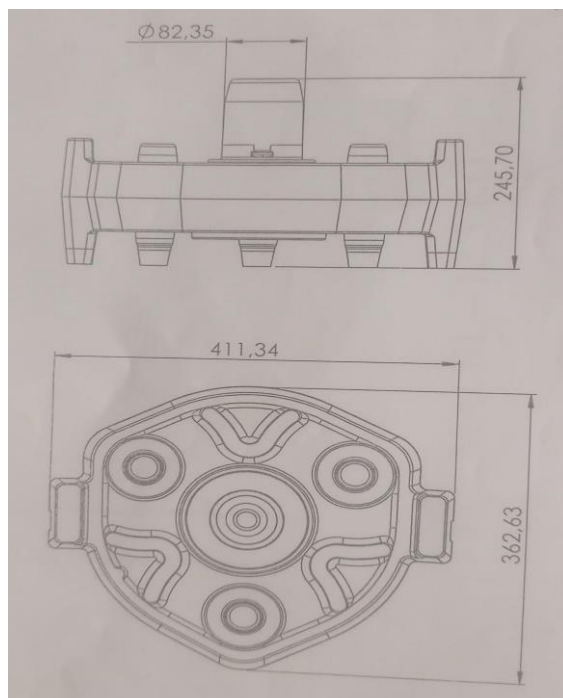
expansivo inserido no furo, capaz de realizar a fixação segura e possibilitar o seu levantamento, conforme apresentado na Figura 6 e a figura 7 apresenta a dimensão e a vista do conjunto do dispositivo.

Figura 6 – Conjunto de macho da linha de produção feito no CAD.



Fonte: Pessoal (2026)

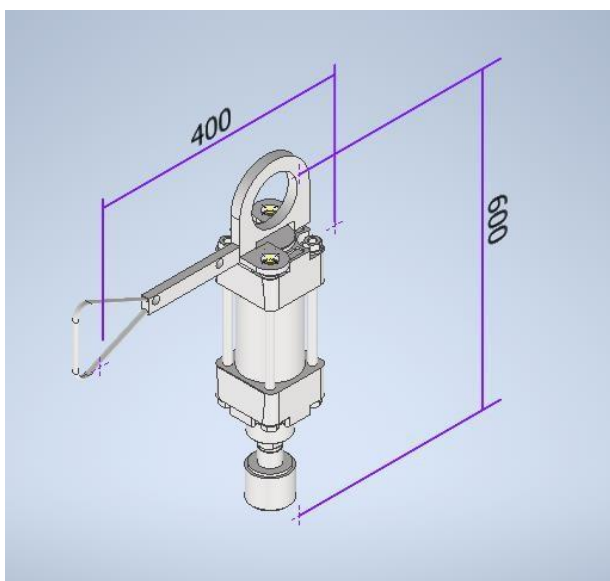
Figura 7 – Dimensão do macho conjunto montado.



Fonte: Pessoal (2026).

Em seguida, foi realizada a modelagem do dispositivo por meio de ferramentas CAD, possibilitando a visualização tridimensional do conjunto, análise do encaixe, funcionamento e posicionamento do sistema de içamento. A modelagem também permitiu verificar antecipadamente possíveis interferências e ajustes necessários antes da fabricação, contribuindo para maior precisão no desenvolvimento do projeto. O modelo final do dispositivo pode ser observado na Figura 8, e na figura 9 apresenta o dimensionamento dele.

Figura 8 - Dispositivo montado feito no CAD.



Fonte: Pessoal (2026)

Após a conclusão do projeto em CAD, iniciou-se a fabricação do dispositivo com base nos materiais e componentes definidos. A montagem foi realizada com o acoplamento de matérias-primas e acessórios industriais, garantindo resistência mecânica e compatibilidade com o ambiente de produção. A seguir a figura 9 apresenta a conclusão do projeto.

Figura 9 - Dispositivo montado dentro da empresa.



Fonte: Pessoal (2026)

4.3. RECURSOS NECESSÁRIOS

Para a execução do projeto, foi necessário um investimento específico para a fabricação conforme a figura 10. É importante comentar que estes custos foram fornecidos por uma empresa parceira, viabilizando a realização do projeto, garantir a melhora.

Figura 10- Tabela de materiais.

TABELAS DE MATERIAS		
Quantidade	Nome	Preço
1	Válvula Pneumática Alavanca 4/3 Vias Centro Fechado 1/7Bsp	R\$ 138,64
2	Conexão Reta Macho 8 mm x 1/2" BSP	R\$ 10,49
1	Mangueira Pneumático De Poliuretano(pu) Tubo 8 mm - Azul	R\$ 14,00
1	Metalon 40x40 mm Tubo Quadrado de Aço - 1,5 m	R\$ 44,90
2	Engate Rápido COnexões P/mangueira Pneumática 5/16- schweers	R\$ 99,80
1	Parafuso Allen Aço Liga Cabeça Cilindrica M8x 20 - 50 peças	R\$ 33,94
1	Barra Chata Laminada ASTM A36 - esp.6,3mm - 38, 10mm x 6000mm	R\$ 107,84
1	Cilindro Pneumatico Pistão Iso 6431 Dupla Ação ø50x50	R\$ 247,99
1	Tarugo Pu Poliuretano Vermelho 50 X 300 Mm 90 Shore Barra	R\$ 61,23
1	Tarugo De Borracha Sbr - Diâmetro 50mm - Comprimento 500 mm	R\$ 264,20
	Total	R\$ 1.023,03

Fonte: Pessoal (2026).

5. RESULTADOS ESPERADOS

A implantação do dispositivo de içamento pneumático tem como objetivo principal reduzir o esforço físico do operador durante o manuseio do macho, cujo peso total é de aproximadamente 13 kg, aumentando a segurança, a eficiência e a repetitividade do processo. Dessa forma, espera-se que o sistema contribua diretamente para a melhoria das condições ergonômicas do colaborador, além de reduzir falhas de montagem e minimizar os riscos de acidentes de trabalho.

Além disso, prevê-se que o uso do dispositivo proporcione maior estabilidade e precisão no posicionamento do macho no interior do molde, resultando em maior qualidade do processo e redução de defeitos associados ao desalinhamento ou a danos causados pelo manuseio manual.

5.1 TESTE E APLICAÇÃO DO DISPOSITIVO

Devido a diferentes fatores operacionais e limitações internas da empresa, não , não foi possível realizar testes práticos na linha de montagem durante o período de desenvolvimento do projeto.

Entretanto, com base na análise técnica realizada, no dimensionamento do sistema e em exemplos semelhantes já utilizados pela empresa em outros processos ou no mesmo, é possível prever que o dispositivo proposto apresente resultados positivos quanto à melhoria ergonômica e operacional.

5.2 ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE

A análise de produtividade foi proposta por meio da comparação entre o método tradicional (manuseio manual) e o método utilizando o dispositivo de içamento pneumático.

No entanto, durante o levantamento realizado dentro da empresa, verificou-se que o processo atual de movimentação do macho que é realizado manualmente, tem como a produção média de 336 machos por dia, não havendo medições detalhadas do tempo de ciclo antes e após a possível implementação do dispositivo, por diversos problema envolvidos dentro da situação deixando inacessível.

Dessa forma, não foi possível quantificar com precisão o impacto direto do dispositivo no aumento de produtividade, uma vez que não foram registrados dados padronizados referentes ao tempo de posicionamento, repetitividade do processo e redução de falhas operacionais. Assim, não foi possível elaborar um gráfico comparativo com valores reais, conforme previsto inicialmente.

Observa-se que o dispositivo proposto apresenta potencial para melhorar o desempenho operacional, principalmente devido à redução da fadiga do operador, aumento da segurança e maior padronização do processo. Dessa maneira, espera-se que o equipamento contribua para maior constância no ritmo de trabalho, além de melhorar as condições ergonômicas e reduzir riscos de acidentes. O sistema utiliza um guincho elétrico como ferramenta de auxílio para a movimentação dos machos.

Portanto, o dispositivo se apresenta como uma alternativa viável para modernização e aprimoramento do processo produtivo, sendo recomendada a realização de medições futuras para quantificar com maior precisão os ganhos relacionados à produtividade e eficiência operacional.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um dispositivo de içamento pneumático destinado ao manuseio e posicionamento de machos, visando na redução do esforço físico do operador, aumentar a segurança no processo e podendo contribuir para a melhoria da ergonomia e da qualidade na montagem.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foi possível realizar o levantamento teórico sobre a fundição, com foco na moldagem em areia verde e no processo Cold Box, além da análise prática das dificuldades encontradas dentro do ambiente industrial. A partir disso, foi elaborado um proposto de solução de um sistema pneumático, utilizando modelagem em CAD e um conceito de fixação pneumático por elemento expansivo.

Entretanto, por fatores internos relacionados à empresa parceira, não foi possível realizar os testes e obter dados das medições práticas de desempenho. Dessa forma, não foi possível comprovar por meio da prática os ganhos diretos em produtividade, como redução do tempo de ciclo, aumento de repetitividade e diminuição de falhas operacionais.

Mesmo com essas limitações, a proposta desenvolvida demonstra viabilidade técnica e potencial de aplicação industrial, considerando que sistemas de içamento, já são amplamente utilizados no ambiente fabril para facilitar o manuseio de cargas e melhorar as condições de trabalho. Assim, espera-se que a implementação do dispositivo projetado possa proporcionar benefícios relevantes, como diminuição da fadiga do operador, maior padronização do processo, redução de riscos ergonômicos e melhoria no posicionamento dos machos durante a montagem do molde.

Portanto, conclui-se que o projeto atingiu seus objetivos principais no âmbito teórico e conceitual, apresentando uma solução aplicável para modernização do setor de montagem em fundições.

REFERÊNCIAS

ULTEC INOX, Link disponível em: <https://www.fultecinox.com.br/blog/saibacomo-funciona-a-fundicao-em-areia-e-onde-pode-ser-aplicada/>, 2024.

INDIANÁPOLIS, Link disponível em:
<https://www.indianapolis.com.br/fundicao-cold-box>.

INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA, Processo de Fundição.

MODELOS SÃO JOSÉ, Link disponível em:
<https://www.mdsj.com.br/modelos-cold-box-fundicao>.

MOLDIMIG, Link disponível em: <http://moldimig.com.br/>.

OMIL, Link disponível em: <https://www.fundicaoomil.com.br/post/10/entendacomo-funciona-o-processo-de-fundicao>.

SENAI, Fundição de metais ferrosos e não ferrosos, 2024.

TÂMEGA, Fabio, Fundição de processos siderúrgicos, 2017.

YE, Ronan, Link disponível em: <https://www.3erp.com/blog/casting/>.