

ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM EM PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira¹

Valmir Torres de Oliveira²

João Henrique Brandenburger Hoppe³

Yuri Neville Costa Rodrigues⁴

Dados de Identificação

Disciplina: Fundição

Período: 8º período

Curso: Engenharia Mecânica

Objetivo(s) da Ação

O objetivo principal desta ação é desenvolver e implementar procedimentos operacionais padrão (POP) voltados para processos de fundição, com o intuito de capacitar os alunos do oitavo período do curso de Engenharia Mecânica a compreenderem e aplicarem práticas industriais em um ambiente controlado e didático. Por meio dessa abordagem, busca-se:

- *Fomentar a aprendizagem prática*: proporcionar aos alunos uma experiência prática e técnica, consolidando o conhecimento teórico adquirido ao longo do curso.
- *Desenvolver habilidades técnicas e operacionais*: ensinar o uso adequado de ferramentas, equipamentos e métodos de controle de qualidade aplicados na

¹ Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Universidade de São Paulo (USP), docente do UGB-FERP.

² Mestrado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal Fluminense (UFF), docente do UGB-FERP.

³ Engenheiro Mecânico pós-graduado em Segurança do Trabalho (UniFOA), docente do UGB-FERP.

⁴ Graduando do curso Engenharia Mecânica (UGB-FERP).

fundição, promovendo uma abordagem sistemática e segura dos processos.

- *Estimular a resolução de problemas*: capacitar os alunos a identificar, analisar e solucionar problemas reais encontrados em processos de fundição, utilizando ferramentas de engenharia.
- *Fortalecer o trabalho em equipe e a gestão de projetos*: incentivar o trabalho colaborativo entre os alunos na elaboração e validação dos procedimentos operacionais, promovendo o desenvolvimento de competências interpessoais e de gestão.
- *Aproximar os alunos do ambiente industrial*: prepará-los para desafios do mercado de trabalho, promovendo a integração entre o ambiente acadêmico e as demandas práticas das indústrias metalúrgicas.

Essa ação, portanto, alia a formação técnica ao aprendizado aplicado, promovendo uma formação integral e alinhada às exigências do mercado.

Conteúdos Trabalhados

Conforme Campos (2014) a padronização é a base da aplicação de um controle de qualidade eficaz, a qual é fundamental para se obter melhorias em qualidade, custo, segurança e que os prazos sejam cumpridos. Já Ribeiro *et al.* (2017), destacou que após a implementação dos POPs ocorreram mudanças positivas nos postos de trabalho, reduzindo a variabilidade dos processos o que valida sua eficácia quanto a garantia de qualidade. Os procedimentos operacionais atuam como uma ferramenta essencial nesse contexto, proporcionando harmonia e padronização no processo de fundição. Eles detalham cada etapa do trabalho, desde a seleção de materiais até o controle das condições térmicas e mecânicas, assegurando que as práticas realizadas sejam consistentes e alinhadas com os objetivos de qualidade e eficiência produtiva. Além disso, os procedimentos operacionais são instrumentos valiosos para o aprendizado, permitindo que os profissionais compreendam não apenas o "como", mas também o "porquê" de cada etapa (Ramon, *et al.*, 2016).

Neste relato é utilizado o conceito de padronização, isto é, elaboração de procedimentos operacionais padrão, na disciplina de fundição. A fundição é um dos processos industriais mais antigos e fundamentais, permitindo a transformação de

materiais metálicos em formas específicas por meio da fusão e solidificação. Este trabalho busca explorar a elaboração de procedimentos operacionais para fundição, enfatizando sua relevância como ferramenta de aprendizagem, desenvolvimento técnico e garantia de qualidade nos processos produtivos. Cada processo de fundição abordado é apresentado com base em teorias e práticas descritas pelos autores Groover (2021), Bar-Meir (2022), Campbell (2015), Tâmega (2017), Rodrigues (2013), Slack *et al.* (2018), Tarantino (2022), García-Alcaraz *et al.* (2014), Tetteh e Uzochukwu (2020) e Vukota (2010).

A fundição em moldes metálicos utiliza moldes permanentes feitos de aço ou ferro fundido, permitindo uma alta repetibilidade e qualidade superficial superior das peças produzidas. A técnica é especialmente vantajosa para produção em massa de componentes automotivos e utensílios domésticos, como painéis (Groover, 2021). De acordo com Campbell (2015), os moldes devem ser projetados para suportar ciclos térmicos constantes, minimizando o desgaste e garantindo a homogeneidade dimensional (Slack *et al.*, 2018; Tarantino, 2022; García-Alcaraz *et al.*, 2014). A utilização de revestimentos internos nos moldes é fundamental para melhorar a fluidez do metal e reduzir a aderência das peças após a solidificação.

A fundição em cera perdida, conhecida também como processo de microfundição, é utilizada para produção de peças de alta precisão. Nesse processo, modelos de cera são criados e recobertos por um material refratário que, após solidificado, é aquecido para derreter e remover a cera, deixando uma cavidade pronta para o metal fundido. Bar-Meir (2022) destaca que este é um processo eficiente para ligas metálicas como alumínio e titânio, utilizadas em aplicações aeroespaciais e biomédicas (Rodrigues, 2013; Tarantino, 2022; García-Alcaraz *et al.*, 2014). Os principais desafios estão relacionados ao controle da expansão térmica e à prevenção de rachaduras no material refratário durante o aquecimento. Procedimentos detalhados de controle de temperatura e resfriamento gradual são cruciais para a prevenção de defeitos (Groover, 2021).

O método de fundição por centrifugação baseia-se no uso de forças centrífugas para distribuir o metal fundido uniformemente em moldes rotativos. É ideal para peças simétricas, como tubos, anéis e discos. A vantagem principal está na densidade superior das peças, pois as impurezas são empurradas para a superfície externa e podem ser removidas durante o acabamento (Groover, 2021; Bar-Meir, 2022;

Campbell, 2015; Tâmega, 2017; Tetteh e Uzochukwu, 2020). Procedimentos operacionais envolvem o controle da velocidade de rotação, temperatura do metal e resfriamento gradual para evitar trincas térmicas (Sordan, *et al.*, 2024). O uso de sensores para monitoramento em tempo real é uma prática recomendada para garantir a qualidade.

A fundição sob pressão é caracterizada pela injeção de metal fundido em moldes permanentes sob alta pressão. Essa técnica é amplamente utilizada para a produção de componentes de alumínio e magnésio em setores como o automotivo e eletrônico (Groover, 2021; Bar-Meir, 2022; Campbell, 2015; Tâmega, 2017). De acordo com Tâmega (2017), os principais parâmetros operacionais incluem a taxa de injeção, pressão de operação e controle de temperatura do molde, que devem ser rigorosamente monitorados para evitar defeitos como trincas e porosidade (Rodrigues, 2013; Vukota, 2010).

A fundição por gravidade utiliza a força gravitacional para preencher os moldes com o metal fundido. É um processo simples e de baixo custo, comumente aplicado na produção de peças decorativas e componentes industriais (Groover, 2021; Bar-Meir, 2022; Campbell, 2015; Tâmega, 2017). Os principais desafios incluem o controle da temperatura do metal e do molde, bem como a prevenção de defeitos como inclusões e vazios, que podem comprometer a integridade da peça final. A utilização de sistemas de alimentação e ventilação adequados é fundamental para assegurar a qualidade (Sordan, *et al.*, 2024).

A fundição em areia é amplamente utilizada devido à sua flexibilidade e baixo custo. Consiste na criação de moldes descartáveis feitos de areia compactada, geralmente misturada com argila e aditivos para maior coesão. Esse processo permite a produção de peças de grande complexidade geométrica e dimensões variadas, sendo amplamente empregado na indústria automotiva e de maquinaria pesada. Segundo Groover (2021), a qualidade do molde é essencial para evitar defeitos, como inclusões e porosidades (Groover, 2021; Bar-Meir, 2022; Campbell, 2015; Tâmega, 2017; Vukota, 2010). Os procedimentos operacionais envolvem a seleção do tipo de areia, preparação da mistura, confecção do modelo, compactação no molde e controle rigoroso das condições térmicas e do tempo de solidificação. Defeitos como porosidade e inclusões gasosas podem ser minimizados com a adequada ventilação do molde e escolha de materiais de liga compatíveis (Groover, 2021).

O processo de fundição contínua é amplamente utilizado na produção de produtos metálicos semiacabados, como tarugos e placas, sendo altamente eficiente e automatizado. O metal fundido é vertido continuamente em moldes refrigerados, onde solidifica gradualmente antes de ser cortado em tamanhos desejados (Groover, 2021; Bar-Meir, 2022; Campbell, 2015; Tâmega, 2017; Slack *et al.*, 2018). Os procedimentos incluem a uniformidade no fluxo do metal, controle preciso da temperatura e manutenção dos sistemas de refrigeração, essenciais para evitar trincas e descontinuidades estruturais (Sordan, *et al.*, 2024).

Procedimentos

A elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão (POP) pelos alunos foi estruturada de forma a integrar teoria e prática, garantindo a compreensão dos processos de fundição e a padronização das atividades. Este processo foi dividido em etapas metodológicas rigorosamente planejadas, com foco no aprendizado técnico e na qualidade dos resultados.

- *Divisão dos grupos e dos temas*: foram sugeridos sete temas, que são: fundição em areia, fundição em cera perdida, fundição em moldes metálicos, fundição por centrifugação, fundição sob pressão, fundição contínua, e fundição por gravidade. Cada grupo com cinco alunos em média.
- *Levantamento de informações técnicas*: a primeira etapa consistiu no levantamento de informações teóricas e práticas sobre cada subtema abordado: fundição em areia, cera perdida, moldes metálicos, centrifugação, sob pressão, contínua e por gravidade. Os alunos realizaram consultas a literatura técnica, incluindo manuais operacionais, artigos científicos e normas industriais. Esse levantamento foi essencial para compreender os requisitos e especificações de cada processo.
- *Definição dos objetivos do POP*: com base nas informações coletadas, os alunos estabeleceram objetivos claros para os procedimentos operacionais, como garantir a repetibilidade, segurança, eficiência e qualidade nos processos de fundição. Para cada método de fundição, foram especificados parâmetros operacionais, como temperatura de fusão, tipos de moldes, tempos de

solidificação e requisitos de inspeção.

- *Identificação dos recursos necessários*: os alunos listaram os recursos essenciais para cada tipo de fundição, incluindo equipamentos, ferramentas, materiais e insumos. Essa etapa envolveu a análise das capacidades laboratoriais disponíveis, garantindo que os procedimentos fossem viáveis de serem implementados no ambiente acadêmico e/ou industrial.
- *Mapeamento das etapas dos processos*: cada método de fundição foi detalhado em etapas sequenciais, abrangendo desde a preparação inicial dos moldes até o acabamento final das peças fundidas. Durante essa fase, os alunos utilizaram ferramentas como fluxogramas e diagramas de Ishikawa para identificar possíveis gargalos e pontos críticos nos processos.
- *Elaboração dos documentos do POP*: a redação dos Procedimentos Operacionais Padrão seguiu um formato padronizado, incluindo:
 - a) **Título do Procedimento**: Nome e identificação do processo de fundição.
 - b) **Objetivo**: Finalidade do procedimento e benefícios esperados.
 - c) **Escopo**: Limites de aplicação do POP.
 - d) **Materiais e Equipamentos Necessários**: Descrição dos itens exigidos.
 - e) **Descrição do Procedimento**: Passo a passo detalhado, incluindo parâmetros operacionais específicos.
 - f) **Critérios de Qualidade**: Indicadores para avaliar a conformidade do processo.
 - g) **Medidas de Segurança**: Normas e orientações para prevenir acidentes.
- *Simulações e validações*: após a elaboração dos POPs, os alunos realizaram simulações práticas para validar os procedimentos. Essa etapa foi fundamental para identificar inconsistências e promover ajustes nas descrições. A validação envolveu testes com materiais e equipamentos reais, assegurando que os POPs fossem funcionais e eficazes.
- *Incorporação de Feedback*: os resultados das simulações foram analisados e discutidos em equipe, permitindo ajustes nos procedimentos. O feedback recebido por professores e especialistas convidados também foi incorporado, garantindo que os POPs atendessem aos padrões acadêmicos e industriais.
- *Documentação e padronização*: a versão final dos POPs foi documentada em

um formato claro e objetivo, seguindo as normas estabelecidas para redação técnica. Os alunos incluíram ilustrações, tabelas e diagramas para facilitar a compreensão dos procedimentos, promovendo sua aplicabilidade prática.

- *Apresentação e Integração*: por fim, os POPs foram apresentados em formato acadêmico e técnico, proporcionando uma integração dos conhecimentos adquiridos com as necessidades reais do mercado. Essa etapa incluiu discussões sobre as implicações dos POPs na eficiência, segurança e sustentabilidade dos processos de fundição.

Os procedimentos descritos refletem o rigor acadêmico e a preocupação com a aplicabilidade prática, preparando os alunos para desafios técnicos e industriais. A abordagem metodológica garantiu que os POPs fossem mais que um exercício acadêmico, tornando-se ferramentas úteis e aplicáveis nos processos de fundição.

Resultados

A elaboração dos POPs em processos de fundição exigiu um planejamento detalhado e a aplicação de métodos específicos para processo. Eles estão apresentados nos Apêndices 1 a 7.

Durante o desenvolvimento dessa prática pedagógica aplicado aos alunos do 8º período do curso de Engenharia Mecânica foi promovido o desenvolvimento técnico, acadêmico e profissional. Esses resultados podem ser descritos de forma sistemática, considerando o impacto nas competências adquiridas e na formação integral dos estudantes, conforme pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 – Resultados da prática pedagógica de elaboração de POPs dos processos de fundição

Integração de Teoria e Prática	O principal resultado metodológico é a integração entre o conhecimento teórico adquirido nas disciplinas de engenharia e a sua aplicação prática por meio da elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão (POP). Esse processo permite que os alunos internalizem os conceitos fundamentais da fundição e desenvolvam habilidades aplicáveis em ambientes industriais.
Desenvolvimento de Competências Técnicas	A elaboração dos POPs exige que os alunos dominem técnicas específicas de processos de fundição, como o controle de parâmetros operacionais (temperatura, pressão, tempo de solidificação, entre outros). Essa experiência prática enriquece a formação técnica, tornando os alunos aptos a enfrentar desafios complexos no ambiente industrial.
Fortalecimento do Raciocínio Crítico e Analítico	Ao mapear processos e identificar etapas críticas, os alunos desenvolvem um raciocínio lógico e analítico. A necessidade de validar os POPs por meio de testes práticos estimula a capacidade de resolução de problemas e tomada

	de decisões baseadas em dados e evidências.
Desenvolvimento de Habilidades de Comunicação	A elaboração e apresentação dos POPs promovem o aprimoramento das habilidades de comunicação técnica. Os alunos aprendem a documentar processos de forma clara e objetiva, utilizando diagramas, tabelas e redações técnicas alinhadas às normas vigentes. Além disso, a apresentação dos resultados em equipes favorece a comunicação oral e o trabalho colaborativo.
Foco na Qualidade e Segurança	Os POPs desenvolvidos pelos alunos enfatizam critérios de qualidade e segurança nos processos de fundição. Essa abordagem estimula uma cultura de excelência, alinhada aos padrões exigidos pela indústria, e promove a conscientização sobre a importância das práticas seguras no ambiente de trabalho.
Aproximação com a Realidade Industrial	Ao trabalhar com procedimentos que simulam cenários reais de fundição, os alunos vivenciam desafios semelhantes aos encontrados em contextos industriais. Isso proporciona uma experiência de aprendizado significativa, que reduz o "gap" entre o ambiente acadêmico e o mercado de trabalho.
Estímulo à Inovação e Criatividade	A análise e melhoria dos processos durante a elaboração dos POPs incentivam a busca por soluções inovadoras. Os alunos são desafiados a propor melhorias e a otimizar processos, desenvolvendo uma mentalidade criativa e orientada à inovação.
Preparação para Certificações e Normas Industriais	A prática de documentar procedimentos seguindo padrões técnicos e normas (como ABNT e ISO) prepara os alunos para atender às exigências de certificações industriais. Essa experiência aumenta a competitividade dos estudantes no mercado de trabalho.
Colaboração Interdisciplinar	A elaboração dos POPs requer a integração de conhecimentos de diferentes áreas da engenharia, como materiais, termodinâmica, mecânica dos sólidos e controle de qualidade. Esse resultado estimula uma visão interdisciplinar, essencial para a atuação em equipes multidisciplinares.
Senso de Responsabilidade e Ética Profissional	O envolvimento dos alunos na criação de procedimentos operacionais promove o desenvolvimento de um senso de responsabilidade técnica e ética. Eles compreendem a importância de suas ações para a segurança, eficiência e sustentabilidade dos processos industriais.

Fonte: Os autores (2025)

Referências

BAR-MEIR, G. **Fundamentals of die casting design**. Potto Project, 2022.

CAMPBELL, J. **Complete Casting Handbook: Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design**. Elsevier, 2015.

CAMPOS, V. F. **Qualidade Total: Padronização de Empresas**. 2. ed. – Nova Lima: Editora FALCONI, 2014.

GARCÍA-ALCARAZ, J. L.; MALDONADO-MACÍAS, A. A.; CABRERA-ROBLES, G. **Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies**. Springer, 2014.

GROOVER, M. P. **Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems.** SI Version. Wiley, 2021.

RAMOM, C. R. *et al.* **Padronização de processos para redução de erros em uma distribuidora: um estudo de caso.** XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

RIBEIRO, G. F. *et al.* **Análise da criação e implantação de documentação POP (procedimento operacional padrão) em uma empresa do setor aeronáutico.** XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville, 2017.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing.** Elsevier, 2013.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 8. ed. Atlas, 2018.

SORDAN, J. E. *et al.* **Lean plant design:** aplicação em um setor de modelação de peças fundidas. XLIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2024.

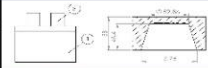
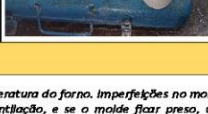
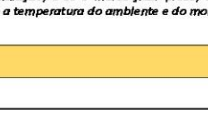
TÂMEGA, F. **Fundição de Processos Siderúrgicos.** Londrina: Editora Educacional S.A., 2017.

TARANTINO, A. **Smart Manufacturing:** The Lean Six Sigma Way. Wiley, 2022.

TETTEH, E. G.; UZOCHUKWU, B. M. **Lean Six Sigma Approaches in Manufacturing, Services, and Production.** IGI Global, 2020.

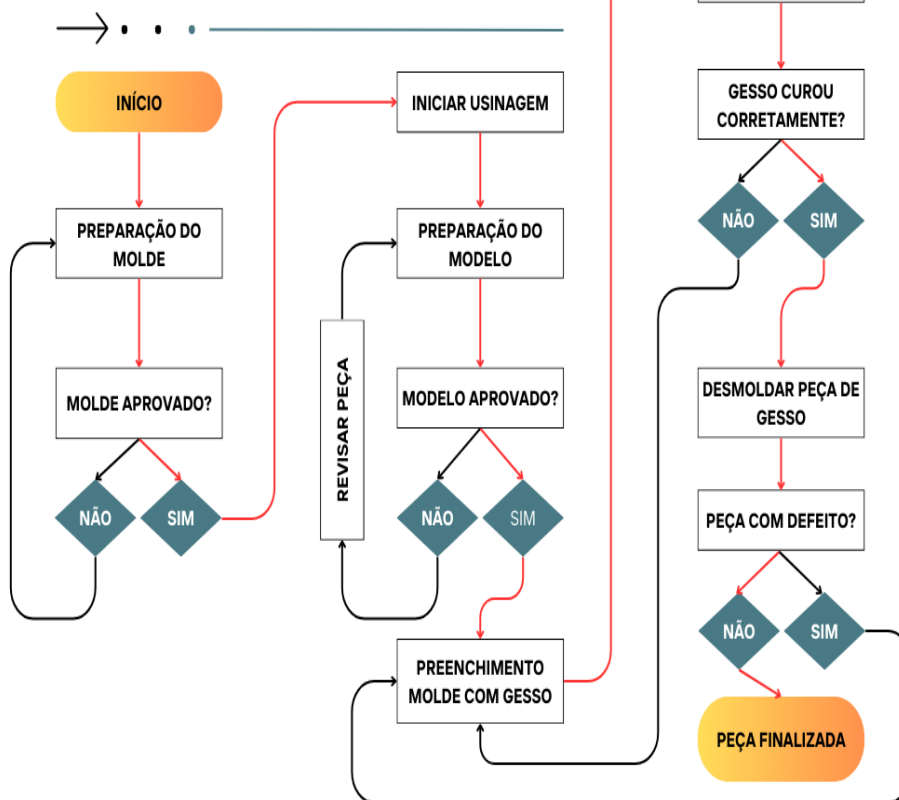
VUKOTA, B. **Metal Shaping Processes** - Casting and Molding, Particulate Processing, Deformation Processes, and Metal Removal. Elsevier, 2010.

APÊNDICE 1 – FUNDIÇÃO EM MOLDES METÁLICOS: POP E FLUXOGRAMA

	Procedimento Operacional Padrão - POP		Data:	08/12/2024
	Local:	Centro Universitário Geraldo Di Biase - 8º Período - Engenharia Mecânica	Revisão:	sexta-feira, 17 de janeiro de 2025
	Tarefa:	Fundição em moldes metálicos	Nº Revisão:	10
	Responsáveis:	ALAN BARBOSA DOMINGUES, ANDRÉ FELIPE SILVA NASCIMENTO, JOÃO VITOR DE ALMEIDA VIEIRA, LHORRAN TEIXEIRA HENRIQUE E YURI NEVILLE COSTA RODRIGUES	Grupo:	G1
ODS DO POP: 8, 9 e 12				
		DESCREVA DETALHADAMENTE ODS 8 - O projeto pode gerar empregos de qualidade, fomentar a economia local e estimular o crescimento sustentável da indústria metalúrgica. ODS 9 - A fabricação de moldes metálicos está diretamente relacionada à promoção da industrialização sustentável e ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras no setor de manufatura e fundição. ODS 12 - Se o projeto adotar práticas sustentáveis, como a redução de resíduos, reciclagem de materiais metálicos e a eficiência no uso de recursos, ele se alinha ao objetivo de garantir padrões de consumo e produção sustentáveis.		
MATERIAIS NECESSÁRIOS				
NOME		QTD	NOME	QTD
EPIs: (Luvas, Óculos, Botina, Avental de proteção)		5	Alumínio Moldado (Peça Final)	1
Alumínio em Lingote ou Barra		1	Gesso 300g	1
Forno de Fusão		1	Recipiente para o derretimento	1
Cadinho de Fundição		1	Isopor para Resfriamento	1
Pinça para cadinho		1		
Areia de Moldagem		1		
Ferramentas de Corte: (Lixa, Esmerilhadeira)		1		
PROCEDIMENTOS				
ORDEM	DESCREVA DETALHADAMENTE			
1	Planejamento e Desenho do Molde – Desenvolva o design do molde circular em um software de CAD ou manualmente. Defina as dimensões do círculo e detalhes adicionais.			
2	Preparação dos Materiais e Ferramentas – Reúna os materiais: barras de alumínio, forno de fusão, cadinho, areia de moldagem			
3	Aquecimento do Alumínio – Coloque o alumínio no cadinho e aqueça-o no forno de fusão até que atinja o ponto de fusão (aproximadamente 660°C)			
4	Preparação do Molde – Modele a areia ou prepare o molde cerâmico com a cavidade circular desejada para receber o alumínio fundido.			
5	Vazamento do Alumínio – Com o alumínio derretido, cuidadosamente despeje-o no molde preparado, usando pinças para manusear o cadinho quente.			
6	Resfriamento do Molde – Aguarde o alumínio no molde esfriar e solidificar completamente. O tempo varia conforme o tamanho do molde e as condições do ambiente			
7	Remoção do Molde – Após o resfriamento, retire a peça de alumínio solidificada do molde com ferramentas adequadas, como martelos de borracha e brocas, se necessário.			
8	Acabamento da Peça Metálica – Use ferramentas de corte, lixas ou esmerilhadeiras para remover imperfeições e deixar o molde com a forma e acabamento desejados.			
9	Preparação para a Demonstração – Pegue o molde de alumínio circular e prepare os materiais para a demonstração: Gesso			
10	Colocação do Gesso no Molde – Coloque o gesso dentro do molde para simular condensação, ou despeje chocolate derretido no molde para a exemplificação da solidificação.			
11	Observação da Condensação ou Solidificação – Observe o processo de resfriamento e solidificação do gesso. E Após a solidificação do gesso, remova o material do molde e mostre o resultado da forma solidificada ou condensada.			
AÇÕES CORRETIVAS				
Se houver erros no design ou falhas nas ferramentas e EPIs, revise o planejamento e corrija antes de prosseguir. Caso o alumínio não derreta corretamente, ajuste a temperatura do forno. Imperfeições no molde devem ser corrigidas refazendo-o. Se ocorrer vazamento ou respingos de alumínio, ajuste o cadinho e use EPIs adequados. Para resfriamento lento, controle a ventilação, e se o molde ficar preso, use ferramentas adequadas ou aqueça-o levemente. No acabamento, use ferramentas de precisão para corrigir imperfeições. Limpe o molde antes da demonstração e ajuste a temperatura do ambiente e do molde para garantir a condensação ou solidificação do gesso.				
APROVAÇÃO				
JANAÍNA DA COSTA PEREIRA TORRES DE OLIVEIRA				
ELABORAÇÃO:	YURI NEVILLE COSTA RODRIGUES			

FLUXOGRAMA

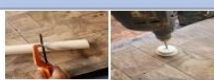
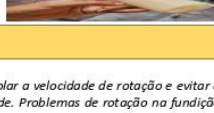
FUNDIÇÃO EM MOLDES METÁLICOS



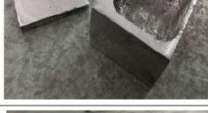
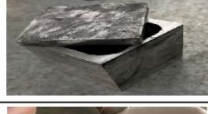
APÊNDICE 2 – FUNDIÇÃO EM CERA PERDIDA: POP

	Procedimento Operacional Padrão - POP		Data:	08/12/2024
	Local:	Centro Universitário Geraldo DI Biase – 8º Período – Engenharia Mecânica	Revisão:	sexta-feira, 17 de Janeiro de 2025
	Tarefa:	Fundição em Cera Perdida	Nº Revisão	10
	Responsáveis:	GABRIEL LAGES CARVALHO, MARCOS VINICIUS LIMA FARIA, NATHAN LUCAS DA SILVA DE SOUZA, PEDRO HENRIQUE DA SILVA FONSECA E RAYANNE DE PAULA THOMÉ	Grupo:	G2
ODS DO POP: 8, 9 e 12				
		DESCREVA DETALHADAMENTE ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis: Destaca a importância de adotar práticas de produção mais limpas e eficientes, além de reduzir o desperdício de materiais e promover a reciclagem de metais. ODS 11 Impactos Ambientais: Aponta os impactos negativos da fundição de metais, como a emissão de gases poluentes que contribuem para o efeito estufa, o uso inadequado de materiais refratários que poluem o solo e a água, e o alto consumo de energia nos processos de fusão de metais.		
MATERIAIS NECESSÁRIOS				
NOME		QTD	NOME	QTD
Par de Luvas		1	Sistema de aquecimento e fusão de metal	1
Recipiente		1	cera para moldagem	1
Forno Elétrico		1	Material refratário (cerâmica)	1
Molde		1		
Chumbo		5 kg		
PROCEDIMENTOS				
ORDEM	DESCREVA DETALHADAMENTE			
1	Preparação do Modelo de Cera: Eu utilizei um modelo de cera para criar um molde que replicasse com precisão a peça original.			
2	Árvore de Fundição: A aplicação do gesso úmido é realizada com o objetivo de endurecer a peça no interior do molde.			
3	Secagem: Deixar a peça secar completamente ao ar			
4	Remoção da Cera: Coloque o molde da cera em um forno para derreter e remover a cera e em seguida colocar o chumbo até ele se tornar líquido			
5	Derretimento do chumbo: Derreta o chumbo até que ele se torne líquido e, em seguida, despeje-o na cavidade do molde preparado.			
6	Vazamento: Despeje o metal líquido na cavidade deixada pela cera.			
7	Resfriamento e Remoção da Casca: Resfriamento: Deixe o metal fundido esfriar ao ar por 15 minutos e solidificar. Quebre a casca cerâmica para liberar			
8	Inspeção Final: Verifique a peça fundida para garantir que atende às especificações.			
9	Após todo esse processo, verificamos a peça para garantir que os requisitos do projeto foram atendidos.			
AÇÕES CORRETIVAS				
Defeito ao modelo de cera: refazer o modelo de cera pois houve imperfeição; Falha no revestimento; Reaplicar o material pois a casaca de cerâmica ficou danificada e não ficou uniforme; problema na fusão do metal, a temperatura foi ajustada e a composição do material também; imperfeições da peça fundida foi identificada, foi feita a usinagem da peça				
APROVAÇÃO				
JANAINA DA COSTA PEREIRA TORRES DE OLIVEIRA				
ELABORAÇÃO:	YURI NEVILLE COSTA RODRIGUES			

APÊNDICE 3 – FUNDIÇÃO POR CENTRIFUGAÇÃO: POP

	Procedimento Operacional Padrão - POP		Data:	08/12/2024
	Local:	Centro Universitário Geraldo Di Biase - 8º Período - Engenharia Mecânica	Revisão:	sexta-feira, 17 de janeiro de 2025
	Tarefa:	Fundição Centrifuga	Nº Revisão	10
	Responsáveis:	LUCAS DA SILVA CAVALHEIRO, HADANO SILVA VITORINO, VINICIUS SILVA SOUZA, WAGNER LUCIO FONSECA E WILLIAM JORGE DE SOUZA	Grupo:	G3
ODS DO POP: 8 e 12				
		DESCREVA DETALHADAMENTE ODS 8 - Trabalho decente e crescimento econômico: Implementar condições seguras e saudáveis para os operadores da fundição, garantindo o uso adequado de EPs. ODS 12 - Consumo e produção responsáveis: Implementar a reciclagem de restos de parafina no processo de fundição. Otimizar o uso de recursos e evitar o desperdício de parafina e insumos. Adotar estratégias para a reutilização de moldes, minimizando resíduos industriais.		
MATERIAIS NECESSÁRIOS				
NOME		QTD	NOME	QTD
Molde de Tubo de PVC	1	luvas, óculos de proteção, capacete, máscara	1	
Bacia com Água (refrigeração)	1	cera para moldagem	1	
Desmoldantes	1	Alicate Pinça p/ Cadinho	1	
Estrutura com suporte para molde	1			
Parafusadeira	1			
Sistema de Alimentação e Despejo	1			
Ferramentas de Acabamento	1			
PROCEDIMENTOS				
ORDEM	DESCREVA DETALHADAMENTE			
1	Cortar tubo pvc no tamanho desejado do molde e Fazer um furo no centro da tampa de tubo pvc			
2	Fixar um parafuso no furo da tampa e Encaixar a tampa, com parafuso, no tubo PVC.			
3	Elaborar um suporte para o molde e o cadinho e Montar o suporte para o cadinho e um suporte para o molde.			
4	Cortar tubo de aço no tamanho desejado para o cadinho e Caso o tubo seja vazado, tampar um lado do tubo soldando uma chapa.			
5	Encaixar cadinho e molde em seus devidos lugares do suporte e Inserir a parafina no cadinho.			
6	Aquecer parafina dentro do cadinho e Após aquecer, despejar parafina no molde de forma uniforme.			
7	Tampar molde após despejar a parafina e Iniciar a rotação do molde de forma linear e manter uma rotação controlada.			
8	Manter a rotação do molde até que a parafina tenha solidificado completamente e Após a solidificação, iniciar o resfriamento despejando água sobre o molde ainda girando.			
9	Após o resfriamento adequado, parar a rotação do molde e liberar abrir as tampas do molde e Retirar a peça de dentro do molde.			
10	Remover rebarbas das extremidades e Realizar inspeção visual para detectar trincas ou anormalidades.			
AÇÕES CORRETIVAS				
Para evitar defeitos na superfície do tubo (rebarbas, bolhas ou trincas), é crucial inspecionar e limpar o molde, ajustar a temperatura de fusão da parafina, controlar a velocidade de rotação e evitar a entrada de ar no molde. Para corrigir desconformidades na espessura, ajuste a rotação e o fluxo de parafina, além de garantir o correto posicionamento do molde. Problemas de rotação na fundição centrífuga devem ser resolvidos inspecionando rolamentos, engrenagens e sistemas de transmissão, parando o processo em caso de falhas.				
APROVAÇÃO				
JANAÍNA DA COSTA PEREIRA TORRES DE OLIVEIRA				
ELABORAÇÃO:	YURI NEVILLE COSTA RODRIGUES			

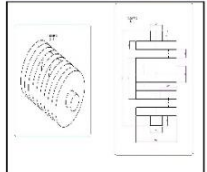
APÊNDICE 4 – FUNDIÇÃO SOB PRESSÃO: POP

	Procedimento Operacional Padrão - POP		Data:	08/12/2024
	Local:	Centro Universitário Geraldo Di Biase - 8º Período - Engenharia Mecânica	Revisão:	sexta-feira, 17 de janeiro de 2025
	Tarefa:	Fundição Sob Pressão	Nº Revisão	10
	Responsáveis:	IGOR ESTEVES MOREIRA, IGOR PAIVA DE OLIVEIRA, LUÍS FILIPE ROCHA DA SILVA, LUIZ FELIPE MACHADO, RODRIGO DA SILVA GONÇALVES PINA	Grupo:	G4
ODS DO POP: 8, 9 e 12				
		DESCREVA DETALHADAMENTE ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: O projeto envolve o desenvolvimento de processos inovadores para moldagem e fundição. ODS 12 - Consumo e produção responsáveis: O uso de alumínio (um material reciclável) para os moldes e a escolha do gesso como material injetado demonstram a busca por materiais mais acessíveis, reutilizáveis e com menor impacto ambiental.		
MATERIAIS NECESSÁRIOS				
	NOME	QTD	NOME	QTD
Epi		5		
Ferramentas		4		
Molde e Contramolde		2		
Gesso		1 KG		
Seringa		1		
PROCEDIMENTOS				
ORDEM	DESCREVA DETALHADAMENTE			
1	Selecionar o material a ser injetado, nesse caso foi utilizado gesso.			
2	Os moldes são feitos sob medida, com os materiais específicos de acordo com o projeto a ser realizado.			
3	Antes de iniciar a injeção, o molde deve ser inspecionado para garantir que esteja livre de resíduos ou contaminação. Isso evita defeitos na peça final			
4	Os moldes geralmente são feitos de duas partes (cavidade e molde macho) que se encaixam para formar a cavidade onde o gesso é injetado. Com os moldes feitos, inspecionados e limpos as superfícies internas são tratadas para garantir que o gesso seja vazado corretamente e para facilitar a remoção da peça após o resfriamento.			
5	Após a confecção do molde, misturar o gesso até chegar até ficar líquido.			
6	O gesso a ser injetado é colocado no furo do molde fazendo com que o gesso corra por dentro do mesmo.			
7	Realizado o processo de injeção, o gesso esfriará rapidamente dentro do molde. O tempo de resfriamento é fundamental para garantir que a peça tenha o formato e as propriedades desejadas.			
8	O gesso solidifica à medida que esfria, adquirindo sua forma final de acordo com o molde.			
9	Após o resfriamento, é feita a retirada da peça.			
10	Por fim, realizar a inspeção da peça para verificar se não há nenhuma anomalia, defeitos e danos ocorridos durante o processo de injeção. Isto pode incluir testes físicos e visuais para garantir a integridade da peça.			
AÇÕES CORRETIVAS				
<i>Peça Incompleta (Falha de Preenchimento) - Aumentar a velocidade de injeção, Verificar os Canais de Alimentação, Aumentar a Temperatura do Material</i> <i>Peça Deformada (Encolhimento ou Deformação) - Ajustar o Tempo de Resfriamento, Rever o Design do Molde.</i> <i>Quebras ou Fragilidade - Ajustar a Temperatura de Fusão, Aumentar o Tempo de Resfriamento</i>				
APROVAÇÃO				
JANAINA DA COSTA PEREIRA TORRES DE OLIVEIRA				
ELABORAÇÃO:	YURI NEVILLE COSTA RODRIGUES			

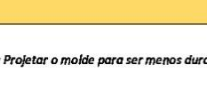
APÊNDICE 5 – FUNDIÇÃO POR GRAVIDADE: POP

	Procedimento Operacional Padrão - POP		Data:	08/12/2024
	Local:	Centro Universitário Geraldo DI Blase - 8º Período - Engenharia Mecânica	Revisão:	sexta-feira, 17 de Janeiro de 2025
	Tarefa:	Fundição por Gravidade	Nº Revisão:	10
	Responsáveis:	DANIEL ROCHA DE SOUZA, ROGÊ DA SILVA COSTA, FRANCYSLEINE CRISTINA DA SILVA, ALDER DA SILVEIRA GUIMARÃES DOS SANTOS E ALLYSON DOS SANTOS SILVA	Grupo:	GS
ODS DO POP: 8, 9 e 12				
		DESCREVA DETALHADAMENTE ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: O projeto envolve o desenvolvimento de processos inovadores para moldagem e fundição. Conexão com a ODS: A pesquisa e a otimização de materiais e métodos (como moldes de Nylon) promovem uma produção mais eficiente e inovadora. ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis: O uso de chumbo (um material reciclável) para os moldes e a escolha do nylon como material mais acessíveis, reutilizáveis e com menor impacto ambiental.		
MATERIAIS NECESSÁRIOS				
NOME		QTD	NOME	QTD
Epi		5	Óculos de segurança, luva térmica, botina e avental	1
Ferramentas		4	Espátula, colher de pedreiro, bacia e jarro de água.	1
Molde		1	engrenagem de nylon	1
Chumbo		1 kg	Reciclável	1
Forno		1	Bravac	1
Forma		1	De alumínio	1
Areia		3 Kg	areia fina	1
PROCEDIMENTOS				
ORDEM	DESCREVA DETALHADAMENTE			
1	Misturar a areia e aglutinantes.			
2	Moldar a mistura de areia e aglutinantes em torno da peça padrão			
3	Retirada a peça padrão do molde.			
4	Aquecer o metal no forno, até o seu completo derretimento.			
5	Despejar o metal líquido no molde de maneira lenta e gradual.			
6	Aguardar a solidificação e o resfriar do metal no molde.			
7	Quebrar o molde, remover e limpar a peça.			
AÇÕES CORRETIVAS				
Caso o chumbo não derreta corretamente, ajuste a temperatura do forno - Se o molde ficar preso, use ferramentas adequadas para retirá-lo. - Deixe a peça fundida solidificar em temperatura ambiente para não ocorrer trincas. - Utilize areia seca para não haver respingo de chumbo.				
APROVAÇÃO				
JANAINA DA COSTA PEREIRA TORRES DE OLIVEIRA				
ELABORAÇÃO:	YURI NEVILLE COSTA RODRIGUES			

APÊNDICE 6 – FUNDIÇÃO EM AREIA: POP

	Procedimento Operacional Padrão - POP		Data:	08/12/2024
	Local:	Centro Universitário Geraldo Di Biase - 8º Período - Engenharia Mecânica	Revisão:	sexta-feira, 17 de janeiro de 2025
	Tarefa:	Fundição em Areia	Nº Revisão:	10
	Responsáveis:	CARLOS THALES ALVES DOS SANTOS, DOUGLAS RABELLO MAGIOLE, EUISSANDRO MACA CONCEIÇÃO, GILMAR LIMA ROCHA E RAFAEL DAVI MÁXIMO DE SOUZA	Grupo:	G6
ODS DO POP: 9 e 12				
		DESCREVA DETALHADAMENTE ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: O projeto envolve o desenvolvimento de processos inovadores para moldagem e fundição. Conexão com a ODS: A pesquisa e a otimização de materiais e métodos (como moldes de Nylon) promovem uma produção mais eficiente e inovadora. ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis: O uso de chumbo (um material reciclável) para os moldes e a escolha do nylon como material mais acessíveis, reutilizáveis e com menor impacto ambiental.		
MATERIAIS NECESSÁRIOS				
NOME		QTD	NOME	QTD
Par de Luvas		1		
Recipiente		1		
Forno Elétrico		1		
Molde		1		
Areia Fina		5 kg		
Alumínio		360 g		
Ar Comprimido		0,095 m³ a 15°C		
PROCEDIMENTOS				
ORDEM	DESCREVA DETALHADAMENTE			
1	O desenho da peça a ser fundida em areia é feito através do modelo, que é a peça que deve ser desenvolvida.			
2	A fundição em areia é um processo de fabricação de peças metálicas que envolve a criação de um molde a partir de uma mistura de areia e aglutinantes. Para que a areia possa ser utilizada, é necessário que seja aglomerada com uma substância que lhe forneça resistência para suportar o metal líquido.			
3	A fabricação do molde é a etapa mais crítica, o que garante a precisão da dimensão final da fundição de Alumínio. Um recipiente cheio de areia especializada inclui o padrão do objeto original. Nesse caso, um padrão de fundição replica o produto real.			
4	Com molde de areia pronto, preparamos para despejar o metal fundido no alumínio. Lubrificamos a superfície da cavidade, para facilitar o deslocamento da peça no molde. Depois, fechamos as duas metades do recipiente e a fixamos, para uma fundição de metal sem defeitos. A temperatura de fundição do alumínio é de 800°C.			
5	Derramamos o metal fundido através desses de orifícios ou entrada conhecida como portões.			
6	Depois de despejarmos o metal na cavidade de fundição, colocamos o recipiente em resfriamento. O que é necessário para minimizar os defeitos de retração da peça fundida. Quando o metal líquido se transforma em metal sólido e atinge uma temperatura moderada, ele está pronto para ser removido.			
7	Quebramos o molde de areia e retiramos a peça fundida do molde. Neste caso, usamos para quebrar o molde um martelo.			
8	A limpeza e rebarbação são etapas do processo de fundição em areia que removem rebarbas e incrustações de areia que ficam na peça fundida			
9	O controle de qualidade na fundição em areia tem como objetivo garantir que o produto final atenda aos requisitos especificados.			
10	Após todo esse processo, verificamos a peça para garantir que os requisitos do projeto foram atendidos.			
AÇÕES CORRETIVAS				
Para corrigir possíveis defeitos na fundição em areia, pode-se: Adicionar aditivos combustíveis à areia de moldagem; Reduzir a temperatura de vazamento do metal; Projetar o molde para ser menos duro para garantir a expansão adequada				
APROVAÇÃO				
JANAINA DA COSTA PEREIRA TORRES DE OLIVEIRA				

APÊNDICE 7 – FUNDIÇÃO CONTÍNUA: POP

	Procedimento Operacional Padrão - POP		Data:	08/12/2024
	Local:	Centro Universitário Geraldo DI Biase - 8º Período - Engenharia Mecânica	Revisão:	sexta-feira, 17 de janeiro de 2025
	Tarefa:	Fundição Contínua	Nº Revisão:	10
	Responsáveis:	CAIO ALVES VIEIRA, HUDSON HENRIQUE DA SILVA FERREIRA, VINICIUS DE SOUZA PASSOS, WILLIAN DA SILVA GONÇALVES JÚNIOR	Grupo:	G6
ODS DO POP: 9 e 12				
		DESCREVA DETALHADAMENTE ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: O projeto envolve o desenvolvimento de processos inovadores para moldagem e fundição. Conexão com a ODS: A pesquisa e a otimização de materiais e métodos (como moldes de Nylon) promovem uma produção mais eficiente e inovadora. ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis: O uso de chumbo (um material reciclável) para os moldes e a escolha do nylon como material mais acessíveis, reutilizáveis e com menor impacto ambiental.		
MATERIAIS NECESSÁRIOS				
NOME		QTD	NOME	QTD
Forno de fusão		1	Dispositivos e controle de medição	1
Sistema de alimentação de metal líquido		1	Rolos de laminação	1
Moldes contínuos		1		
Sistema de refrigeração		1		
PROCEDIMENTOS				
ORDEN	DESCREVA DETALHADAMENTE			
1	Inspeção dos equipamentos, Verificar a integridade e o funcionamento de todos os equipamentos			
2	Carregar o metal na câmara de fusão e iniciar o aquecimento até a temperatura de fusão desejada.			
3	Configurar a temperatura de moldagem e a velocidade de resfriamento conforme o tipo de metal e especificações do produto final.			
4	Iniciar a alimentação do metal líquido nos moldes contínuos e monitorar a taxa de vazamento para garantir alimentação constante.			
5	Manter a temperatura do metal dentro da faixa especificada e ajustar a velocidade de extrusão			
6	Monitorar o sistema de refrigeração para garantir uma solidificação uniforme			
7	Examinar os lingotes para identificar defeitos e medir dimensões e qualidade superficial.			
8	Limpar e inspecionar os equipamentos após o lote			
9	Registrar todos os dados operacionais ocorridos			
10	Atualizar relatórios de produção			
AÇÕES CORRETIVAS				
Para corrigir possíveis defeitos na fundição em areia, pode-se: Adicionar aditivos combustíveis à areia de moldagem; Reduzir a temperatura de vazamento do metal; Projetar o molde para ser menos duro para garantir a expansão adequada				
APROVAÇÃO				
JANAINA DA COSTA PEREIRA TORRES DE OLIVEIRA				
ELABORAÇÃO:	YURI NEVILLE COSTA RODRIGUES			