

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS – IFMG
CAMPUS BETIM
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

MARIALICE NADU BRAGA

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO
(POP) PARA PADRONIZAÇÃO DE OPERAÇÕES INDUSTRIAIS EM AMBIENTE
METALÚRGICO: ESTUDO DE CASO NA BELGO ARAMES**

**BETIM
2026**

MARIALICE NADU BRAGA

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO
(POP) PARA PADRONIZAÇÃO DE OPERAÇÕES INDUSTRIAIS EM AMBIENTE
METALÚRGICO: ESTUDO DE CASO NA BELGO ARAMES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Mecânica do Instituto Federal de Minas
Gerais – IFMG, Campus Betim, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Norimar Verticchio

BETIM

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

B813p Braga, Marialice Nadu

Proposição de um modelo de Procedimento Operacional Padrão (POP) para padronização de operações industriais em ambiente metalúrgico: estudo de caso na Belgo Arames / Marialice Nadu Braga. – 2026.

55 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2026.

Orientação: Prof. Me. Norimar de Melo Verticchio

1. Operações industriais. 2. Procedimento Operacional Padrão. 3. Lean manufacturing. 4. Padronização de processos. 5. Engenharia Mecânica. I. Braga, Marialice Nadu. II. Título

CDU: 005.4



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Betim
Diretoria de Ensino
Docentes Mecânica
 Rua Itamarati - CEP 32677-564 - Betim - MG
 3135976360 - www.ifmg.edu.br

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 20 dias do mês de julho do ano de 2026, às dezenove horas, nas dependências do IFMG – *Campus* Betim, reuniu-se a banca examinadora presidida por mim, Norimar de Melo Verticchio e demais membros, André Fonseca Félix e Jaqueline das Graças Moura Oliveira. Nesta ocasião a discente Marialice Nadu Braga do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica, com registro acadêmico de número 0047969 do IFMG – *Campus* Betim, defendeu seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Proposição de um modelo de Procedimento Operacional Padrão (POP) para padronização de operações industriais em ambiente metalúrgico: estudo de caso na Belgo arames” e foi APROVADO, com 85 (oitenta e cinco) pontos.

Este resultado reflete o cumprimento parcial dos critérios de avaliação estabelecidos pelo curso e reconhece os esforços e a dedicação da discente e seu orientador no desenvolvimento do seu TCC. O lançamento da nota e o consequente encerramento do respectivo processo está condicionado ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa conforme previstos nos regulamentos vigentes. Tais procedimentos pós-defesa devem ser finalizados dentro do prazo limite de 30 dias, a contar da data desta ata. O descumprimento destes procedimentos até a data estipulada implicará em atribuição de nota 0 (zero) e consequente reprovação.

A sessão foi encerrada às vinte horas e dez minutos. Para constar, eu, Norimar de Melo Verticchio, redigi a presente ata que após lida publicamente, foi aprovada e assinada pela discente e membros da banca examinadora.

Betim, 24 de julho de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Fonseca Felix, Professor**, em 11/08/2026, às 13:07, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Norimar de Melo Verticchio, Professor**, em 11/08/2026, às 15:11, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Jaqueline Das Gracas Moura Oliveira, Professora**, em 11/08/2026, às 15:31, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2818679** e o código CRC **36678C68**.

23792.000909/2026-31	2818679v1
----------------------	-----------

RESUMO

A padronização de processos é amplamente reconhecida como um dos principais fatores para a eficiência operacional, qualidade e competitividade das organizações industriais. Em ambientes produtivos que envolvem máquinas, equipamentos e variáveis técnicas críticas, a ausência de diretrizes claras pode resultar em falhas operacionais, retrabalho, desperdícios e riscos à segurança dos trabalhadores. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor e desenvolver um modelo estruturado de Procedimento Operacional Padrão (POP) aplicável às operações industriais da empresa Belgo Arames, com foco na padronização da execução das atividades, segurança operacional, qualidade e suporte ao treinamento de operadores.

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, com abordagem qualitativa e apoio de análise quantitativa descritiva e inferencial na etapa de validação. A metodologia envolveu o alinhamento conceitual com áreas organizacionais, a formação de equipe multidisciplinar, consulta em nove (9) unidades fabris e validação com cinquenta e três (53) operadores e especialistas de processo.

Como resultado, foi estruturado um modelo de POP orientado à clareza, segurança operacional, usabilidade e padronização corporativa, incorporando elementos como sequência de atividades, responsabilidades, pontos críticos de segurança e qualidade, plano de reação frente aos desvios e recursos visuais. A validação com operadores e especialistas, apoiada por análise qualitativa e estatística, indicou boa aderência do modelo às necessidades operacionais, com potencial para contribuir para redução de ambiguidades, apoio ao treinamento e padronização entre unidades. Conclui-se que a adoção de um modelo estruturado de POP representa um instrumento técnico relevante para a excelência operacional, reforçando o papel do POP como ferramenta de engenharia para orientação de operações, controle de variáveis e segurança operacional.

Palavras-chave: Procedimento Operacional Padrão. Padronização. Operações Industriais. Lean Manufacturing. Engenharia Mecânica.

ABSTRACT

Process standardization is widely recognized as one of the main factors contributing to operational efficiency, quality, and competitiveness in industrial organizations. In production environments involving machinery, equipment, and critical technical variables, the absence of clear guidelines may result in operational failures, rework, waste, and risks to worker safety. In this context, this study aims to propose and develop a structured Standard Operating Procedure (SOP) model applicable to the industrial operations of Belgo Arames, focusing on the standardization of task execution, operational safety, quality, and support for operator training.

The research is characterized as applied research, adopting a qualitative approach supported by descriptive and inferential quantitative analysis during the validation stage. The methodology involved conceptual alignment with organizational departments, the formation of a multidisciplinary team, consultation across nine (9) manufacturing facilities, and validation with fifty-three (53) operators and process specialists.

As a result, an SOP model was structured with an emphasis on clarity, operational safety, usability, and corporate standardization. The model incorporates elements such as the sequence of activities, responsibilities, critical safety and quality points, a reaction plan for deviations, and visual resources. Validation with operators and specialists, supported by qualitative and statistical analyses, indicated that the model was well aligned with operational needs, demonstrating the potential to reduce ambiguity, support training, and promote standardization across different facilities. It is concluded that the adoption of a structured SOP model represents a relevant technical instrument for operational excellence, reinforcing the role of SOPs as an engineering tool for guiding operations, controlling process variables, and enhancing operational safety.

****Keywords:**** Standard Operating Procedure. Standardization. Industrial Operations. Lean Manufacturing. Mechanical Engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Unidades da Belgo Arames.....	23
Figura 2 - Fluxograma simplificado do processo produtivo da Belgo Arames.....	23
Figura 3 - Etapas da pesquisa.....	26
Figura 4 – Capa do POP. Identificação, contexto (Por quê/Quando/Quem/Onde), legenda dos pontos de atenção por categoria (Segurança, Qualidade, Produtividade, Meio Ambiente, 5S) e sumário.....	50
Figura 5 - Plano de reação: Tabela com as etapas do procedimento, situação de Desvio – problema e reação para descrever a ação Imediata.	50
Figura 6 – Ferramentas utilizadas no processo e sequência de atividades com espaço para fotos.....	51
Figura 7 – Anexo	51
Figura 8 – Participantes da revisão: Tabela com todas as pessoas envolvidas na elaboração e revisão do procedimento e suas respectivas áreas de atuação.	52
Figura 9 – Capa do procedimento de Determinação de pH.....	53
Figura 10 – Plano de reação procedimento de Determinação de pH	53
Figura 11 – Ferramentas e início da descrição das atividades.....	54
Figura 12 - Atividades	54
Figura 13 – Atividade de ensaio	55
Figura 14 – Atividade de verificação.....	55
Figura 15 – Atividade de medição de amostras	56
Figura 16 – Atividade de calibração com pontos de atenção	56
Figura 17 - Atividade de troca das soluções e padrões com pontos de atenção	57
Figura 18 - Resultados	57
Figura 19 – Participantes da revisão	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição dos POPs existentes na empresa	31
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios de avaliação do modelo de POP.....	28
Quadro 2- Requisitos técnicos e operacionais mapeados.....	33
Quadro 3- Síntese dos comentários qualitativos e ajustes realizados no modelo de POP.	37
Quadro 4– Comparativo entre a situação anterior e a situação esperada.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Perfil dos participantes da pesquisa.....	26
Tabela 2 - Resultados da validação do modelo de POP	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Padronização de Processos Industriais.....	17
2.2 Procedimento Operacional Padrão (POP).....	18
2.3 Lean Manufacturing e Trabalho Padronizado.....	18
2.4 Gestão da Qualidade.....	19
2.5 Gestão do Conhecimento Organizacional.....	20
2.6 Segurança em Operações Industriais.....	21
2.7 Transformação Digital e Indústria 4.0.....	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 Caracterização da Pesquisa.....	22
3.2 Caracterização da Empresa e do Ambiente Industrial.....	22
3.3 Etapas da Pesquisa.....	24
3.4 Participantes.....	26
3.5 Instrumentos de Coleta de Dados.....	27
3.6 Critérios de Avaliação do Modelo.....	28
3.7 Tratamento e análise dos dados.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Diagnóstico da Situação Inicial.....	30
4.2 Requisitos Técnicos e Operacionais Mapeados.....	33
4.3 Modelo de POP Desenvolvido.....	34
4.4 Aplicação do Modelo em Operação Real.....	35
4.5 Validação com Operadores e Especialistas.....	35
4.6 Análise Crítica dos Resultados.....	39
5 CONCLUSÃO.....	41
5.1 Considerações Finais.....	41
5.2 Limitações do Trabalho.....	43
5.3 Recomendações para Trabalhos Futuros.....	43
REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE VALIDAÇÃO.....	48
APÊNDICE B – MODELO DO POP (TEMPLATE EM BRANCO).....	50

APÊNDICE C – EXEMPLO DE POP PREENCHIDO	53
--	----

1 INTRODUÇÃO

A crescente competitividade no setor industrial, tem impulsionado as organizações a adotar práticas cada vez mais estruturadas de gestão dos seus processos produtivos. Nesse cenário, a padronização de processos assume um papel central como mecanismo de controle, estabilidade e melhoria contínua. (Ahmadi; Rahmani, 2023; Rufino et al., 2025) Conforme destacam Slack, Chambers e Johnston (2010, p. 186), "a padronização de processos permite que as operações sejam realizadas de forma consistente, possibilitando a identificação de desvios e a implementação sistemática de melhorias".

Em ambientes industriais onde se trabalha com máquinas, equipamentos, ferramentas e variáveis operacionais críticas como velocidade, temperatura, pressão e torque, diferenças não controladas na execução as atividades podem gerar consequências significativas na qualidade do produto, na segurança dos operadores e nos custos de produção. Para Tubino (2017), a gestão eficiente de operações industriais depende diretamente da estabilidade dos processos, sendo a padronização um pré-requisito para qualquer iniciativa consistente de melhoria contínua.

Nesse contexto, a definição de métodos e critérios operacionais padronizados cria uma referência comum para a execução, o controle e a identificação de desvios, constituindo um importante suporte às iniciativas de melhoria dos processos industriais (Kumar et al., 2024; Rufino et al., 2025).

Neste cenário, os Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) constituem uma das principais ferramentas para a implementação da padronização, visto que permitem documentar de forma clara e objetiva a execução das atividades, definindo responsabilidades, sequência de etapas, critérios técnicos e ações frente a desvios. A ABNT NBR ISO 10013 (2021, p. 5) estabelece que "a informação documentada deve ser apropriada, clara e controlada, de modo a garantir sua utilização eficaz". Sendo assim, os POPs possuem um papel fundamental não apenas na padronização, mas também na capacitação de colaboradores e na retenção do conhecimento técnico organizacional.

Já no contexto do Lean Manufacturing, desenvolvido no Sistema Toyota de Produção, a padronização é considerada condição básica para a melhoria contínua. Conforme Ohno (1997, p. 45), "sem padrões não há base para melhoria". Essa

perspectiva reforça que os POPs não são apenas documentos administrativos, mas ferramentas técnicas de engenharia voltadas para a estabilidade operacional e a redução de variabilidade.

A empresa Belgo Arames, objeto deste estudo, atua no setor metalúrgico, operando uma cadeia de processos industriais de natureza predominantemente contínua e em larga escala, que inclui a decapagem do fio-máquina, trefilação de arames e tratamentos térmicos, como recozimento, têmpera e patenteamento. Além disso, realiza o revestimento dos arames por meio de processos como extrusão, pintura, plastificação e galvanização, além das etapas de embalagem e expedição. Seus produtos atendem a diversos segmentos estratégicos, tais como agronegócio, construção civil, cercamento, mineração, petróleo, soldagem e indústria automotiva.

A Belgo Arames atua em diferentes setores nos quais a competitividade é elevada. Nesse contexto, a adoção de processos robustos, consistentes e padronizados é essencial para assegurar elevados níveis de qualidade, segurança operacional e eficiência produtiva.

A relevância deste estudo está associada à necessidade de reduzir a lacuna existente entre a teoria da padronização e a sua aplicação prática nas organizações industriais. Frequentemente, os procedimentos existentes são excessivamente complexos, pouco utilizados ou desconectados da realidade operacional, o que compromete a sua efetividade no setor operacional. A padronização não é um fim em si mesma, mas sim a base sobre a qual as melhorias sustentadas são construídas. (Imai, 2014; Rufino et al., 2025)

No caso específico da Belgo Arames, identificou-se a necessidade de desenvolver e propor um modelo padronizado de Procedimento Operacional Padrão (POP), com o objetivo de eliminar a variabilidade de práticas entre unidades, mitigar dificuldades no treinamento de novos operadores e reduzir a ocorrência de desvios relacionados à qualidade e à segurança. Esse cenário evidenciou a importância da implementação de um modelo estruturado, tecnicamente consistente e operacionalmente aderente à realidade da empresa, que possa promover uniformidade nos processos, maior confiabilidade operacional e suporte efetivo à gestão do conhecimento.

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho é orientado pela seguinte questão de pesquisa: qual modelo de Procedimento Operacional Padrão pode ser desenvolvido e validado para aplicação nas operações industriais da Belgo Arames,

de modo a orientar operadores quanto à sequência de atividades, parâmetros técnicos, responsabilidades, pontos críticos de segurança e qualidade e ações de reação frente a desvios operacionais?

Além disso, o avanço da transformação digital e da Indústria 4.0 torna a padronização ainda mais estratégica, uma vez que sistemas automatizados, análise de dados e soluções baseadas em inteligência artificial dependem de processos estruturados para gerar resultados confiáveis (Schwab, 2016; Garg; Andersson; Caporuscio, 2024). Desta forma, investir na padronização por meio de POPs tecnicamente consistentes é preparar a organização para os desafios tecnológicos do ambiente industrial moderno.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo de Procedimento Operacional Padrão (POP) aplicável às operações industriais da Belgo Arames, com foco na padronização da execução das atividades, clareza operacional, segurança, qualidade e suporte ao treinamento de operadores.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o ambiente industrial da Belgo Arames e identificar as operações prioritárias para padronização;
- Levantar os requisitos técnicos e operacionais necessários para a elaboração de um POP aplicável ao setor metalúrgico;
- Desenvolver um modelo de POP contendo sequência de atividades, responsabilidades, pontos críticos, recursos visuais, parâmetros técnicos e plano de reação;
- Validar o modelo com operadores, supervisores e especialistas por meio de instrumento estruturado de avaliação;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Padronização de Processos Industriais

A padronização pode ser compreendida como o estabelecimento de métodos documentados e sistematizados para orientar a execução das atividades, em alinhamento às diretrizes de informação documentada da ABNT NBR ISO 10013 (2021). Chiavenato (2014, p. 210), por sua vez, afirma que "a padronização constitui um mecanismo fundamental de racionalização do trabalho, permitindo maior controle, eficiência e uniformidade nos processos organizacionais".

No contexto da manufatura industrial, a padronização está diretamente relacionada ao controle das variáveis críticas de processo. Moreira (2012) destaca que a variabilidade dos processos industriais é um dos principais fatores limitantes da qualidade e da produtividade, sendo a padronização o principal mecanismo disponível para o seu controle. Quando os processos não são padronizados, torna-se praticamente impossível identificar as causas raiz de defeitos e falhas, pois não existe uma referência estável de execução para comparação.

Nesse sentido, a padronização nos sistemas de produção é condição necessária para a implementação de qualquer técnica de melhoria contínua, uma vez que sem um padrão definido não há como mensurar o desempenho atual nem estabelecer metas de melhoria. (Tubino, 2017; Ahmadi; Rahmani, 2023) Esse entendimento alinha-se aos princípios da manufatura industrial, nos quais parâmetros como velocidade de operação, temperatura, pressão, torque e tolerâncias dimensionais precisam ser controlados com precisão para garantir a qualidade do produto.

Conforme já destacado por Slack, Chambers e Johnston (2010), a existência de processos padronizados é o que permite às organizações aprenderem com seus erros e evitarem a sua recorrência. Vale ressaltar que a padronização não deve ser encarada como uma limitação à iniciativa dos operadores, mas sim como uma base segura a partir da qual melhorias podem ser propostas e implementadas de forma controlada.

2.2 Procedimento Operacional Padrão (POP)

A ABNT NBR ISO 10013 (2021) estabelece diretrizes para a elaboração de informação documentada, determinando que esta deve ser clara, controlada e adequada às necessidades de quem a utiliza. Nesse contexto, insere-se o Procedimento Operacional Padrão (POP), também conhecido como Standard Operating Procedure (SOP) na literatura internacional, como um documento técnico que descreve, de forma detalhada e sequencial, como uma determinada atividade deve ser executada.

Entre essas diretrizes, destacam-se a clareza e a objetividade do POP, consideradas condições essenciais para sua efetiva utilização no posto de trabalho. Um procedimento extenso, com linguagem técnica excessiva, tende a não ser consultado pelos operadores durante a execução das atividades, tornando-se ineficaz do ponto de vista da padronização (Campos, 2004).

Outro aspecto relevante refere-se à utilização de recursos visuais, tais como: fotografias reais da operação, esquemas de máquina e exemplos de condições corretas e incorretas. A utilização de recursos visuais é apontada por Imai (2014) como um fator crítico para a efetividade dos procedimentos, especialmente em ambientes onde a leitura contínua durante a execução das atividades é inviável. Essa abordagem, denominada gestão visual, contribui significativamente para a redução de erros e para o aumento da eficiência no treinamento de novos operadores.

No contexto industrial metalúrgico, onde as operações frequentemente envolvem equipamentos de alta complexidade e riscos à integridade física dos trabalhadores, o POP cumpre também um papel fundamental na segurança operacional. A NR-12 (BRASIL, 2024) exige que sejam estabelecidos procedimentos de trabalho seguro para as operações realizadas com máquinas e equipamentos, o que reforça a relevância técnica do modelo proposto.

2.3 Lean Manufacturing e Trabalho Padronizado

O Lean Manufacturing é um sistema de produção baseado na eliminação de desperdícios e na criação de valor para o cliente por meio de processos eficientes e estáveis. Desenvolvido originalmente na Toyota Motor Company pelo engenheiro Taiichi Ohno, o sistema estabelece o conceito de Trabalho Padronizado (Standardized Work) como um dos seus pilares fundamentais, definindo a melhor forma conhecida

de executar uma operação em um determinado momento (OHNO, 1997). Segundo Liker (2005, p. 142),

o trabalho padronizado é a base para a melhoria contínua e para o envolvimento dos colaboradores na solução de problemas. Sem padronização, não é possível identificar o que é normal e o que é uma anomalia, tornando inviável a gestão eficaz do processo.

Shingo (1989) complementa essa perspectiva ao afirmar que o Trabalho Padronizado não deve ser confundido com uma imposição rígida, mas sim como um ponto de partida para melhorias. Nesse sentido, uma vez que um padrão é estabelecido, os operadores são encorajados a identificar oportunidades de melhoria e propor revisões que tornem o trabalho mais seguro, eficiente e ergonomicamente adequado, criando um ciclo virtuoso de padronização e melhoria contínua. (Ahmadi; Rahmani, 2023; Medeiros et al., 2025).

No contexto da Belgo Arames, a aplicação dos princípios do Lean Manufacturing por meio dos POPs representa uma oportunidade para o aumento da estabilidade operacional e a redução da variabilidade dos processos. Durante a etapa de levantamento e análise das práticas operacionais, foram identificadas diferenças na forma de execução das atividades entre operadores e turnos, bem como ausência de padronização formal em determinadas operações. Esse cenário, ainda que não quantificado neste estudo por questões de confidencialidade, evidencia a presença de variabilidade operacional, o que reforça a relevância da adoção de práticas baseadas no Trabalho Padronizado como mecanismo para aumentar a consistência, a previsibilidade e a confiabilidade dos processos produtivos.

2.4 Gestão da Qualidade

Deming (1990) defende que a qualidade não é garantida apenas pela inspeção do produto acabado, mas pela forma como ela é construída durante o processo produtivo. Essa abordagem fundamenta os princípios dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ), nos quais o foco está na padronização e no controle dos processos como forma de prevenir falhas e assegurar resultados consistentes.

Juran (1997) destaca que o controle da qualidade envolve medir o desempenho real, compará-lo com padrões ou metas definidos e atuar sobre as diferenças identificadas. Com base nessa lógica, a existência de padrões operacionais bem definidos torna-se essencial, uma vez que fornece a base para avaliação e melhoria

contínua dos processos. No ambiente industrial metalúrgico, esses padrões estão diretamente relacionados a requisitos como dimensões do produto, acabamento superficial, propriedades mecânicas e conformidade com especificações técnicas.

A ABNT NBR ISO 9001 (Brasil, 2015), ao estabelecer os requisitos para Sistemas de Gestão da Qualidade, determina que as organizações mantenham informação documentada na medida necessária para apoiar a operação de seus processos e assegurar sua execução conforme o planejado. Nesse contexto, os Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) configuram-se como instrumentos fundamentais do SGQ, uma vez que formalizam a padronização das atividades operacionais, garantindo consistência na execução e suporte ao controle da qualidade. Werkema (2011) reforça que, no contexto do Lean Seis Sigma, a padronização constitui um dos principais mecanismos para a redução da variabilidade dos processos, consolidando o papel dos POPs como elemento estruturante dentro da gestão da qualidade.

2.5 Gestão do Conhecimento Organizacional

A gestão do conhecimento é uma dimensão importante da padronização industrial. Nonaka e Takeuchi (1997, p. 67) afirmam que "a criação do conhecimento organizacional depende da conversão contínua entre conhecimento tácito e explícito". O conhecimento tácito é aquele que o trabalhador possui de forma individualizada e intuitiva, adquirido pela experiência prática ao longo dos anos. O conhecimento explícito, por outro lado, é aquele que pode ser codificado em documentos, procedimentos e manuais.

Nesse sentido, o POP funciona como um mecanismo formal de transformação do conhecimento tácito dos operadores experientes em conhecimento explícito e acessível para toda a organização. Isso é especialmente crítico em operações industriais onde a perda de operadores experientes pode resultar na perda de conhecimentos valiosos sobre ajustes finos de equipamentos e pontos críticos de processo (Chiavenato, 2014). Além disso, o POP facilita o processo de integração de novos colaboradores, reduzindo o tempo necessário para que os mesmos atinjam o nível de desempenho esperado.

2.6 Segurança em Operações Industriais

A segurança no trabalho é uma dimensão indissociável das operações industriais que envolvem máquinas e equipamentos. A NR-12 (BRASIL, 2024) estabelece requisitos mínimos de segurança para o trabalho com máquinas, incluindo a obrigatoriedade de procedimentos de trabalho seguro. A ABNT NBR 14153 (2022), por sua vez, classifica os riscos de acordo com a severidade do dano e a frequência de exposição, fornecendo critérios técnicos para a implementação de medidas de proteção.

Um POP tecnicamente bem elaborado deve contemplar os riscos identificados para cada operação e as medidas preventivas correspondentes, como o uso correto de EPIs, a verificação das proteções de máquina antes da partida e os procedimentos de bloqueio e etiquetagem de energia (LOTO – *Lockout/Tagout*). Conforme Campos (2004), procedimentos que não contemplam a dimensão da segurança são incompletos do ponto de vista da gestão da qualidade total e podem expor a organização a riscos legais e operacionais.

2.7 Transformação Digital e Indústria 4.0

O contexto contemporâneo da indústria é marcado pelo avanço da transformação digital e pelos conceitos da Indústria 4.0, onde sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial estão progressivamente integrados aos processos produtivos. Schwab (2016) aponta que a quarta revolução industrial exige das organizações uma base de processos sólida e padronizada para que as mesmas possam se beneficiar das novas tecnologias digitais de forma eficaz e escalável.

Sendo assim, a padronização de processos por meio dos POPs é considerada um pré-requisito para a digitalização das operações industriais. Sistemas de monitoramento em tempo real, análise preditiva e automação dependem de processos com parâmetros definidos e controlados para gerar dados confiáveis. Uma operação que não possui procedimento padronizado não pode ser monitorada digitalmente de forma consistente, pois não há uma referência de desempenho esperado com a qual comparar os dados coletados.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, embora predomine a abordagem qualitativa, a etapa de validação do modelo utiliza análise quantitativa descritiva e inferencial, com dados obtidos por escala Likert¹. A pesquisa aplicada, conforme Gil (2019), tem como objetivo gerar conhecimentos destinados à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. A abordagem qualitativa foi escolhida em razão da necessidade de compreender e analisar o contexto organizacional real da empresa estudada, considerando suas particularidades operacionais e culturais.

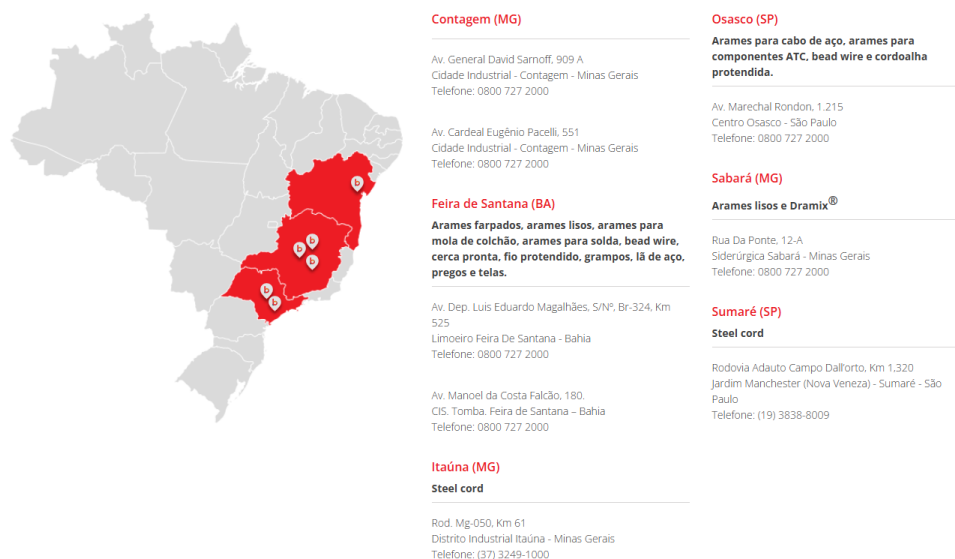
O estudo de caso como estratégia de pesquisa é justificado por Yin (2015) quando o mesmo afirma que o método é adequado quando se colocam questões do tipo "como" e "por quê", quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. Essas condições estão plenamente presentes neste trabalho, visto que se busca entender como desenvolver um modelo de POP em um contexto industrial real e específico.

3.2 Caracterização da Empresa e do Ambiente Industrial

A Belgo Arames, objeto deste estudo, é uma empresa do setor metalúrgico que atua na produção de arames e seus derivados, atendendo segmentos estratégicos como agronegócio, construção civil, cercamento, mineração, petróleo, soldagem e indústria automotiva. A organização possui unidades fabris distribuídas em diferentes estados do Brasil, conforme apresentado na figura 1. Essa distribuição geográfica é um fator que amplia a complexidade operacional e reforça a necessidade de padronização dos processos produtivos para garantir uniformidade, qualidade e confiabilidade dos produtos.

¹ A escala Likert é uma técnica de mensuração amplamente utilizada em pesquisas sociais para avaliar atitudes, percepções e opiniões, por meio de um conjunto de afirmações nas quais os respondentes indicam seu grau de concordância em uma escala ordinal, geralmente de cinco ou sete pontos, variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”. Essa abordagem permite a quantificação de dados subjetivos e sua posterior análise estatística.

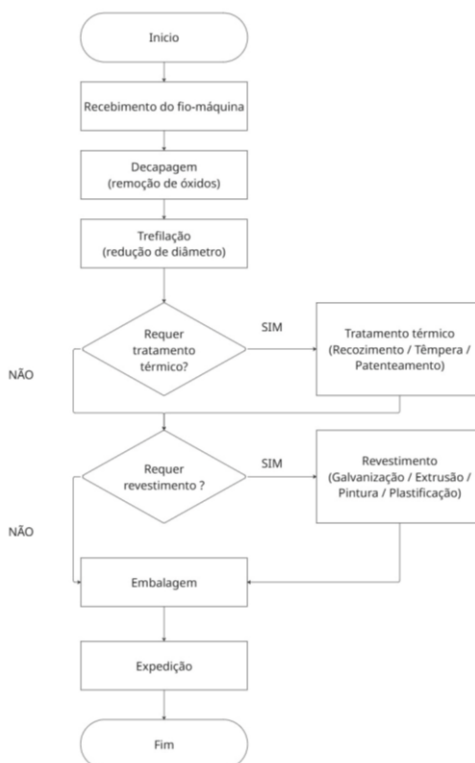
Figura 1 – Unidades da Belgo Arames.



Fonte: <https://www.belgo.com.br/unidades>

O processo produtivo analisado neste trabalho compreende uma cadeia integrada de transformação do fio-máquina em arames com características específicas de aplicação. A Figura 2 apresenta o fluxograma simplificado desse processo produtivo, evidenciando as principais etapas envolvidas.

Figura 2 - Fluxograma simplificado do processo produtivo da Belgo Arames.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Inicialmente, o material passa pela etapa de decapagem, cujo objetivo é a remoção de óxidos superficiais, preparando a matéria-prima para as etapas subsequentes. Em seguida, ocorre o processo de trefilamento, no qual o fio-máquina é submetido à redução de diâmetro por deformação plástica a frio, conferindo propriedades mecânicas e dimensionais adequadas ao produto final.

Após o trefilamento, os arames podem ser submetidos a tratamentos térmicos, como recozimento, têmpera e patenteamento, com o objetivo de ajustar propriedades como ductilidade, resistência mecânica e tenacidade, conforme os requisitos de aplicação. Na sequência, são realizados processos de revestimento, que incluem galvanização, extrusão, pintura ou plastificação, visando proteção contra corrosão e melhoria do desempenho em serviço.

Por fim, o processo contempla as etapas de embalagem e expedição, responsáveis por assegurar a integridade do produto durante o armazenamento e transporte até o cliente final.

3.3 Etapas da Pesquisa

A metodologia foi estruturada em etapas sequenciais, conforme apresentado a seguir, adotando princípios da pesquisa aplicada e do método de estudo de caso, amplamente utilizados na engenharia de produção para a solução de problemas em contextos reais (YIN, 2015; MIGUEL, 2018). A lógica de desenvolvimento em etapas também se aproxima da abordagem de pesquisa-ação, na medida em que envolve diagnóstico, intervenção e validação em ambiente organizacional. (Cerqueira Junior et al., 2023)

A primeira etapa consistiu na realização de uma revisão bibliográfica sobre padronização, Procedimento Operacional Padrão (POP) e operações industriais. Essa revisão teve como objetivo construir a base teórica do trabalho, permitindo compreender os principais conceitos relacionados à padronização de processos, à elaboração de procedimentos e ao controle das atividades produtivas no ambiente industrial.

Na segunda etapa, foi realizado o diagnóstico da situação atual dos procedimentos existentes na empresa. Essa análise buscou identificar como os documentos eram elaborados, utilizados, armazenados e atualizados, bem como verificar possíveis lacunas, inconsistências e dificuldades enfrentadas pelas áreas na aplicação dos POPs no dia a dia operacional.

A terceira etapa envolveu o alinhamento conceitual com as áreas de Gente, Treinamento e Processo. Esse alinhamento foi necessário para garantir que o modelo proposto considerasse não apenas os aspectos técnicos da operação, mas também as necessidades relacionadas à capacitação dos colaboradores, à gestão do conhecimento e à integração entre procedimento, treinamento e execução das atividades.

Na quarta etapa, foram identificados os requisitos técnicos e operacionais necessários para a construção do modelo de POP. Para isso, foram considerados elementos como clareza das informações, sequência lógica das atividades, linguagem adequada aos usuários, requisitos de segurança, parâmetros de processo, responsabilidades e critérios de controle da operação.

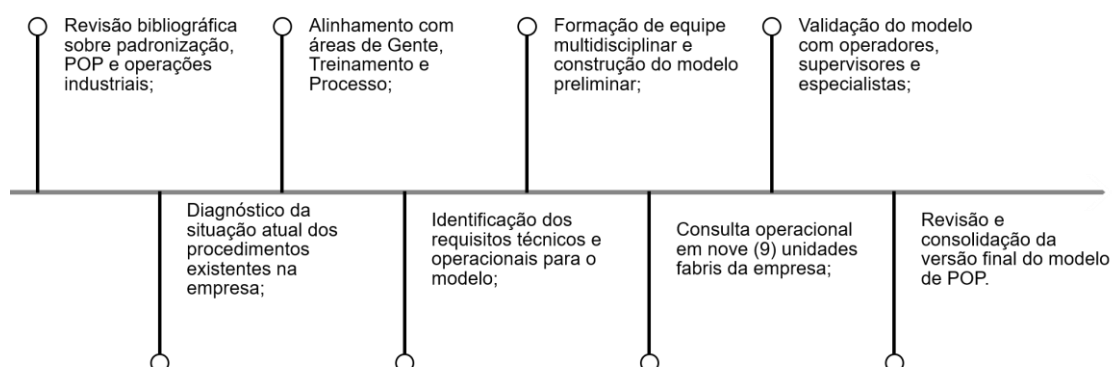
A quinta etapa consistiu na formação de uma equipe multidisciplinar e na construção do modelo preliminar de POP. A participação de profissionais de diferentes áreas permitiu reunir conhecimentos complementares sobre operação, processo, treinamento, segurança e gestão, contribuindo para a elaboração de uma proposta mais completa e adequada à realidade da empresa.

Na sexta etapa, foi realizada uma consulta operacional em nove unidades fabris da empresa. Essa consulta teve como finalidade compreender as diferentes realidades produtivas, identificar boas práticas já existentes e levantar percepções dos usuários sobre o formato, o conteúdo e a aplicabilidade dos procedimentos operacionais no ambiente de trabalho.

A sétima etapa correspondeu à validação do modelo com operadores, supervisores e especialistas. Essa validação permitiu verificar se o modelo preliminar era compreensível, aplicável e tecnicamente adequado, além de possibilitar ajustes com base na experiência prática dos profissionais diretamente envolvidos na execução e no acompanhamento das atividades.

Por fim, a oitava etapa consistiu na revisão e consolidação da versão final do modelo de POP. Nessa fase, as contribuições obtidas ao longo do diagnóstico, das consultas e da validação foram analisadas e incorporadas ao documento, resultando em um modelo padronizado, mais claro e alinhado às necessidades técnicas e operacionais da empresa. Como síntese da abordagem metodológica adotada, a Figura 3 apresenta o fluxo das etapas da pesquisa, destacando a relação entre as fases de fundamentação, diagnóstico, desenvolvimento, validação e aprimoramento do modelo de POP.

Figura 3 - Etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

3.4 Participantes

A pesquisa contou com a participação de cinquenta e três (53) profissionais de diferentes áreas e níveis hierárquicos da empresa, distribuídos conforme a Tabela 1. Os participantes foram selecionados por meio de amostragem intencional, com indicação dos gestores de cada unidade fabril, considerando critérios como experiência profissional, conhecimento técnico, envolvimento com os processos produtivos estudados e disponibilidade para participação nas etapas de coleta de dados.

Tabela 1– Perfil dos participantes da pesquisa.

Grupo	Contagem (MG)	Corporativo	Feira de Santana (BA)	Itaúna (MG)	Osasco (SP)	Sumaré (SP)	Total Geral
Especialistas de processo	2	2		1	1		6
Operadores de produção	23						23
Profissionais de Treinamento		2	2		1	2	7
Segurança/Qualidade	8	4	1	1	1	1	16
Supervisores					1		1
Total Geral	33	8	3	2	4	3	53

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Observa-se na Tabela 1 que algumas unidades fabris não apresentam representantes em determinados grupos profissionais. Essa distribuição está relacionada às características da estratégia de coleta adotada, considerando as particularidades operacionais e as condições de acesso em cada unidade. Nas

plantas localizadas fora de Contagem, os participantes foram indicados pelos gestores locais, priorizando profissionais com experiência nos processos analisados, disponibilidade para participação e acesso aos recursos necessários para realização das entrevistas por meio da plataforma Microsoft Teams.

Na unidade de Contagem, a proximidade física da pesquisadora com a operação possibilitou maior interação presencial com o ambiente produtivo, permitindo a inclusão de operadores de produção na pesquisa por meio de entrevistas realizadas diretamente no local de trabalho. Nas demais unidades, devido ao formato remoto da coleta, a participação concentrou-se em profissionais indicados pelas lideranças locais, com conhecimento técnico e envolvimento direto nos processos estudados.

Dessa forma, a composição da amostra foi definida considerando a relevância dos participantes para os objetivos da pesquisa e as condições específicas de cada unidade, garantindo a contribuição de diferentes áreas envolvidas na execução, gestão e suporte das atividades operacionais.

3.5 Instrumentos de Coleta de Dados

Para a coleta de dados, foram empregados os seguintes instrumentos: (a) observação direta das operações industriais nas unidades; (b) análise documental dos procedimentos operacionais vigentes; (c) entrevistas semiestruturadas com operadores e especialistas, conduzidas a partir de roteiro previamente elaborado; e (d) aplicação de formulário estruturado para avaliação do modelo de Procedimento Operacional Padrão (POP), na etapa de validação (ver Apêndice A). A escolha desses instrumentos foi orientada pela necessidade de triangulação dos dados, conforme recomendado por Yin (2015) para estudos de caso.

As entrevistas semiestruturadas apresentaram duração média de aproximadamente 30 minutos, sendo realizadas presencialmente nas unidades localizadas em Contagem e, para as demais plantas situadas em outros estados do Brasil, por meio da plataforma Microsoft Teams.

O registro das informações ocorreu por meio de anotações sistemáticas realizadas durante as entrevistas, complementadas por consolidação imediata dos dados após cada sessão, de modo a preservar a fidelidade e a integridade das informações coletadas.

A análise dos dados foi realizada por meio da técnica de análise de conteúdo, com categorização temática orientada pelos padrões recorrentes identificados nos

depoimentos. As informações foram organizadas em categorias analíticas associadas aos principais eixos observados, tais como: estrutura dos documentos, clareza e objetividade das instruções, utilização de recursos visuais (fotografias e pictogramas), nível de detalhamento das etapas, grau de padronização operacional, aspectos de segurança e suporte à tomada de decisão.

A categorização seguiu uma abordagem comparativa entre as diferentes áreas organizacionais, permitindo identificar tanto convergências quanto especificidades nas demandas operacionais. Esse procedimento possibilitou a consolidação de diretrizes comuns voltadas ao aprimoramento do POP, com ênfase na objetividade, usabilidade e eficiência na execução das atividades.

3.6 Critérios de Avaliação do Modelo

O modelo de POP desenvolvido foi avaliado pelos participantes utilizando escala Likert de 1 a 5, onde 1 representa discordância total e 5 representa concordância total com a afirmação avaliada.

O Quadro 1 apresenta os critérios utilizados para a avaliação do modelo de POP, considerando aspectos essenciais para sua aplicação no ambiente industrial. Os critérios contemplam desde a clareza das instruções e a sequência lógica das atividades até a completude técnica das informações necessárias para a execução do procedimento. Também são avaliados pontos relacionados à segurança operacional, à qualidade dos recursos visuais, à utilidade do plano de reação diante de desvios, à aplicabilidade do documento no posto de trabalho e ao seu potencial como ferramenta de treinamento para novos operadores. Dessa forma, o quadro permite verificar se o modelo proposto é compreensível, tecnicamente adequado, aplicável à realidade da operação e capaz de contribuir para a padronização e transferência do conhecimento no processo produtivo.

Quadro 1 - Critérios de avaliação do modelo de POP.

Critério	Descrição
Clareza das instruções	Avalia o grau de compreensão das orientações descritas no procedimento, considerando objetividade e ausência de ambiguidades.
Sequência lógica das atividades	Verifica se as etapas estão organizadas de forma coerente, facilitando o fluxo operacional.
Completude técnica	Analisa se o procedimento contempla todas as informações técnicas necessárias para execução da atividade.

Identificação de riscos e pontos de segurança	Avalia a presença e clareza das informações relacionadas à segurança e prevenção de riscos operacionais.
Qualidade dos recursos visuais	Examina a adequação, clareza e utilidade de fotos, pictogramas e outros elementos visuais utilizados.
Utilidade do plano de reação	Verifica se as orientações para tratamento de desvios ou falhas são claras e aplicáveis.
Aplicabilidade no posto de trabalho	Avalia o grau de aderência do procedimento à realidade operacional e sua viabilidade de uso no campo.
Utilidade para treinamento de novos operadores	Analisa o potencial do documento como ferramenta de capacitação e transferência de conhecimento.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

3.7 Tratamento e análise dos dados

Os dados obtidos por meio do questionário foram analisados com o objetivo de avaliar a percepção dos participantes sobre o modelo de Procedimento Operacional Padrão (POP) proposto. Cada um dos oito critérios foi avaliado por meio de um item em escala Likert de cinco pontos, variando de 1 (discordância total) a 5 (concordância total). Por se tratarem de itens Likert individuais, de natureza ordinal, a análise descritiva priorizou a distribuição de frequências, a mediana e o intervalo interquartil (IIQ). A média foi mantida apenas como medida complementar para facilitar a comparação com a apresentação originalmente adotada no estudo (BOONE; BOONE, 2012).

Para a etapa de validação, a nota 4 foi definida como o nível mínimo de avaliação satisfatória. Assim, para cada critério, as respostas foram classificadas em satisfatórias (notas 4 ou 5) e não satisfatórias (notas de 1 a 3). Essa dicotomização foi utilizada exclusivamente para a análise do critério de aceitação, sem substituir a apresentação das medidas descritivas da escala original. Para fins deste estudo, adotou-se como regra operacional de validação que a proporção de avaliações satisfatórias deveria ser superior a 80%. Esse limiar constitui um critério de decisão definido para esta análise e não uma propriedade inerente à escala Likert.

A inspeção preliminar das respostas mostrou forte concentração nas categorias 4 e 5, elevado número de empates no valor de referência e forte assimetria das diferenças em relação à nota 4. Nessas condições, uma análise baseada em postos e em diferenças em torno do valor de referência não seria a alternativa mais informativa para o objetivo de validação. Optou-se, portanto, por analisar diretamente a proporção de participantes que atingiu o nível mínimo satisfatório em cada critério.

A análise inferencial foi realizada pelo teste binomial exato unilateral para uma proporção, aplicado separadamente a cada critério. Para cada item, testaram-se as hipóteses $H_0: p \leq 0,80$ e $H_1: p > 0,80$, em que p representa a proporção de participantes que atribuíram nota igual ou superior a 4. O teste binomial exato é apropriado para uma variável dicotômica e não requer pressupostos de normalidade ou simetria da distribuição original (AGRESTI, 2018). Também foi calculado o limite inferior unilateral do intervalo de confiança exato de 95% para a proporção de avaliações satisfatórias.

Como foram realizados oito testes, um para cada critério do questionário, os p-valores foram ajustados pelo procedimento sequencial de Holm, com o objetivo de controlar o erro familiar associado às comparações múltiplas (HOLM, 1979). Adotou-se nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). Assim, p-valores ajustados inferiores a 0,05 foram interpretados como evidência estatística de que a proporção de avaliações satisfatórias supera o patamar de 80% definido para a validação.

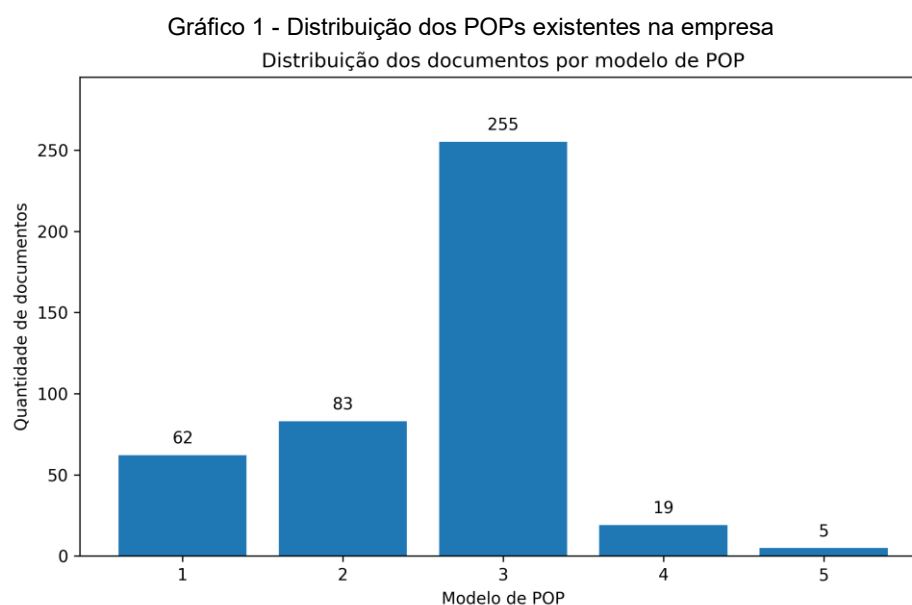
As análises foram conduzidas no nível do participante para cada critério, não sendo as 424 avaliações dos oito itens tratadas como observações independentes em uma análise inferencial conjunta, uma vez que os mesmos 53 participantes responderam a todos os critérios. Os cálculos podem ser reproduzidos no RStudio (versão 2023.12.1), utilizando-se o teste binomial exato e o ajuste de Holm. Considerando que a amostra foi intencional, os resultados inferenciais são empregados como evidência analítica da validação no grupo estudado e não como base para generalização probabilística para todos os trabalhadores da empresa ou para outras organizações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnóstico da Situação Inicial

Antes do desenvolvimento do modelo, foi realizado um diagnóstico da situação atual dos procedimentos operacionais existentes na Belgo Arames. Conforme Mello et al. (2012) e Cerqueira Junior et al., (2023), a fase de diagnóstico é fundamental em pesquisas aplicadas à engenharia de produção, pois permite compreender o problema em sua totalidade e identificar as principais lacunas a serem endereçadas pela solução proposta.

O levantamento documental identificou um total de 1.371 documentos, dos quais 424 eram classificados como Procedimentos Operacionais Padrão (POP). Constatou-se a existência de cinco modelos distintos de POP (1, 2, 3, 4 e 5), aplicados de forma não padronizada na organização. O gráfico 1 apresenta a quantidade de POPs de cada tipo existente na empresa.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

O gráfico evidencia a predominância do modelo 3 (255 documentos), seguido pelos modelos 2 (83 documentos), 1 (62 documentos), 4 (19 documentos) e 5 (5 documentos), demonstrando significativa heterogeneidade estrutural.

Também foram identificados 37 manuais técnicos extensos, cujo conteúdo apresentava baixa segregação entre informações técnicas (componentes e partes de máquinas) e instruções operacionais. Essa sobreposição de conteúdos comprometia a usabilidade dos documentos no ambiente produtivo, dificultando a consulta rápida, a interpretação das atividades e a aplicação prática pelos operadores.

Do ponto de vista qualitativo, as fragilidades identificadas no diagnóstico foram determinadas a partir da análise das entrevistas realizadas com os participantes e da análise documental dos procedimentos operacionais existentes. A identificação baseou-se na recorrência de relatos, nas dificuldades operacionais mencionadas e na comparação entre as práticas descritas pelos profissionais e o conteúdo formal dos documentos. Nesse contexto, o diagnóstico evidenciou que grande parte dos

procedimentos apresentava fragilidades relevantes, tais como: ausência de padronização estrutural, linguagem excessivamente técnica ou pouco objetiva, baixa utilização de recursos visuais e inexistência ou insuficiência de planos de reação. Além disso, verificou-se limitada aderência ao contexto operacional, tornando os documentos pouco eficazes como ferramenta de suporte à execução das atividades. Foram ainda observadas inconsistências entre documentos de diferentes áreas e unidades, bem como indícios de desatualização e baixa utilização efetiva no dia a dia operacional.

Os relatos obtidos nas entrevistas corroboraram esses achados, evidenciando elevada dependência de conhecimento tácito para execução das atividades, dificuldade de consulta em tempo real durante a operação e falta de clareza quanto à sequência das etapas, parâmetros operacionais e ações a serem adotadas em situações de desvio.

Nesse contexto, alguns depoimentos ilustram essas fragilidades:

“Na prática, a gente acaba fazendo do jeito que aprendeu com o colega mais antigo, porque o procedimento não ajuda muito no dia a dia.”

“Quando dá algum problema, não tem orientação clara do que fazer. Cada um resolve de um jeito.”

“Os documentos são muito longos e difíceis de consultar durante a operação, então quase ninguém usa.”

“Escrevem no procedimento que temos que utilizar alicate e outras ferramentas, mas não tem foto de qual alicate é o correto e há ferramentas adquiridas mediante desenho técnico; em alguns casos, por não ter referência exata damos jeitinhos.”

O diagnóstico evidenciou, portanto, um cenário caracterizado por baixa padronização, limitada usabilidade dos documentos operacionais, ausência de diretrizes claras para tratamento de anomalias e fragilidade na gestão do conhecimento técnico. Esses fatores reforçaram a necessidade do desenvolvimento de um modelo padronizado e corporativo de POP, capaz de garantir não apenas a conformidade técnica, mas também a efetiva aplicação no nível operacional. Essa situação é consistente com o que Slack, Chambers e Johnston (2010) descrevem como um dos principais desafios das organizações industriais: garantir que os procedimentos operacionais sejam tecnicamente corretos e efetivamente utilizados no nível operacional.

4.2 Requisitos Técnicos e Operacionais Mapeados

A partir do diagnóstico e das discussões com a equipe multidisciplinar, foram identificados os requisitos que o modelo de POP deveria atender. Conforme apresentado no Quadro 2, esses requisitos foram organizados em duas categorias: técnicos, relacionados ao conteúdo e à precisão das informações; e operacionais, relacionados à usabilidade e à aplicabilidade no posto de trabalho.

Quadro 2- Requisitos técnicos e operacionais mapeados.

Categoria	Requisito	Descrição
Técnico	Parâmetros de processo	Inclusão de parâmetros críticos de operação, como velocidade, temperatura, pressão e demais variáveis relevantes.
Técnico	Critérios de aceitação/rejeição	Definição clara dos limites e padrões de qualidade para aprovação ou reprovação do processo/produto.
Técnico	Pontos críticos de segurança	Identificação dos riscos operacionais e medidas preventivas associadas a cada etapa do processo.
Técnico	Plano de reação estruturado	Definição de ações claras e padronizadas a serem executadas em caso de desvios ou falhas.
Técnico	Sequência do processo	Descrição detalhada e lógica das etapas, garantindo completude e coerência técnica.
Técnico	Indicação de ferramentas e recursos	Listagem dos instrumentos, dispositivos e materiais necessários para execução da atividade.
Operacional	Linguagem simples e objetiva	Utilização de linguagem adequada ao nível operacional, evitando ambiguidades e termos excessivamente técnicos.
Operacional	Uso de recursos visuais	Inclusão de fotos, pictogramas e elementos visuais para facilitar a compreensão das atividades.
Operacional	Formato passo a passo	Estruturação do documento em etapas sequenciais, facilitando leitura e execução.
Operacional	Facilidade de consulta	Organização do layout para permitir acesso rápido às informações no ambiente operacional.
Operacional	Aplicabilidade no posto de trabalho	Adequação do conteúdo à realidade prática das operações, garantindo viabilidade de uso.
Operacional	Suporte ao treinamento	Estruturação do POP como ferramenta de capacitação de novos operadores.
Operacional	Padronização visual e documental	Uso de modelos padronizados, garantindo consistência entre diferentes procedimentos.

Operacional	Integração com outros sistemas	Possibilidade de integração com ferramentas como QRCl, BWS ou programas de transformação de cultura internos.
-------------	--------------------------------	---

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

4.3 Modelo de POP Desenvolvido

Com base nos requisitos mapeados e nas boas práticas identificadas na literatura, foi desenvolvido o modelo de Procedimento Operacional Padrão apresentado no Apêndice B. O modelo foi concebido para ser tecnicamente completo, visualmente claro e operacionalmente aplicável no ambiente industrial metalúrgico da Belgo Arames, em conformidade com as diretrizes da ABNT NBR ISO 10013 (2021) e com os requisitos da NR-12 (BRASIL, 2024).

O modelo é composto pelos seguintes elementos principais:

- Identificação do procedimento: nome, código, versão, data de emissão e responsável pela elaboração e aprovação;
- Contexto (Por quê / Quando / Quem / Onde): estrutura que garante o alinhamento entre áreas e a compreensão do propósito do procedimento;
- Pontos de Atenção: classificados em Segurança, Qualidade, Produtividade/Custo, Meio Ambiente e 5S;
- Plano de Reação: elemento crítico do modelo, que define ações padronizadas frente a desvios operacionais, permitindo respostas rápidas e redução de impactos no processo produtivo;
- Ferramentas: identificação dos recursos necessários, incluindo equipamentos e instrumentos de medição;
- Sequência de Atividades (O que fazer / Como fazer): etapas detalhadas com linguagem objetiva e fotografias reais da operação;
- Anexos técnicos: espaço para inclusão de critérios de aceitação, tabelas de controle, zonas de atenção e exemplos visuais de conformidade.

A estrutura do modelo está detalhada no Apêndice B, onde se encontra o template completo em branco.

4.4 Aplicação do Modelo em Operação Real

Para demonstrar a aplicabilidade do modelo desenvolvido, o modelo foi preenchido para a atividade de determinação de pH das amostras coletadas de algumas operações industriais da Belgo Arames. O POP preenchido encontra-se no Apêndice C.

A aplicação do modelo nessa operação permitiu identificar lacunas relevantes nos procedimentos anteriormente utilizados, tais como a ausência de formalização de parâmetros críticos para a execução da análise, a existência de variações na forma de execução entre diferentes operadores e a falta de padronização na sequência das etapas. Conforme Imai (2014), o próprio processo de elaboração do POP já é em si uma atividade de melhoria, pois obriga a reflexão sobre como o trabalho é de fato executado versus como deveria ser executado.

4.5 Validação com Operadores e Especialistas

A validação do modelo foi realizada com cinquenta e três (53) participantes, distribuídos conforme a Tabela 1 (Seção 3.4). Os participantes avaliaram o modelo com base nos critérios do Quadro 1 (Seção 3.6), utilizando a escala Likert de 1 a 5.

A Tabela 2 apresenta os resultados descritivos e inferenciais de cada critério. A interpretação principal considera a mediana, o intervalo interquartil e a proporção de respostas satisfatórias (notas 4 ou 5). A média é apresentada de forma complementar. Para a análise inferencial, foi utilizado o teste binomial exato unilateral, tomando-se 80% como proporção mínima de referência para validação.

Em todos os critérios, a mediana foi igual a 5. Em seis critérios, o intervalo interquartil foi de 4 a 5; nos critérios qualidade dos recursos visuais e utilidade para treinamento de novos operadores, o intervalo interquartil foi de 5 a 5, evidenciando concentração ainda maior das respostas na categoria máxima da escala.

O teste binomial foi aplicado separadamente a cada critério e os p-valores foram ajustados pelo procedimento de Holm para as oito comparações. A validação estatística foi interpretada em conjunto com as medidas descritivas e com os comentários qualitativos dos participantes, evitando que a decisão se apoiasse exclusivamente no p-valor.

Tabela 2 - Resultados da validação do modelo de POP

Critério	Média	Mediana (IIQ)	Notas ≥ 4 n (%)	Limite inferior IC95%	p ajustado (Holm)
Clareza das instruções	4,60	5 (4–5)	53 (100,0%)	94,5%	$5,85 \times 10^{-5}$
Sequência lógica das atividades	4,70	5 (4–5)	53 (100,0%)	94,5%	$5,85 \times 10^{-5}$
Compleitude técnica	4,51	5 (4–5)	52 (98,1%)	91,4%	$1,04 \times 10^{-4}$
Identificação de riscos e pontos de segurança	4,60	5 (4–5)	53 (100,0%)	94,5%	$5,85 \times 10^{-5}$
Qualidade dos recursos visuais	4,79	5 (5–5)	53 (100,0%)	94,5%	$5,85 \times 10^{-5}$
Utilidade do plano de reação	4,70	5 (4–5)	53 (100,0%)	94,5%	$5,85 \times 10^{-5}$
Aplicabilidade no posto de trabalho	4,60	5 (4–5)	53 (100,0%)	94,5%	$5,85 \times 10^{-5}$
Utilidade para treinamento de novos operadores	4,79	5 (5–5)	53 (100,0%)	94,5%	$5,85 \times 10^{-5}$

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Nota: avaliação satisfatória = nota ≥ 4 ; limite inferior IC95% = limite inferior unilateral do intervalo de confiança exato para a proporção; p ajustado pelo método de Holm para oito testes; proporção de referência $p_0 = 0,80$.

A distribuição das respostas evidencia forte aceitação do modelo entre os participantes. Considerando os 424 registros obtidos nos oito critérios apenas de forma descritiva, 423 (99,8%) receberam notas 4 ou 5 e apenas uma resposta, no critério completude técnica, ficou abaixo desse patamar. Como os oito critérios foram respondidos pelos mesmos participantes, esse total agregado não foi utilizado como amostra independente para inferência estatística.

Sete dos oito critérios apresentaram 53 de 53 avaliações satisfatórias (100,0%). Nesses critérios, o limite inferior unilateral do intervalo de confiança exato de 95% para a proporção foi de 94,5%. O critério completude técnica apresentou 52 de 53 avaliações satisfatórias (98,1%), com limite inferior de 91,4%. Portanto, mesmo os limites inferiores dos intervalos de confiança permaneceram acima do patamar de 80% adotado para validação.

Após o ajuste de Holm para as oito comparações, todos os critérios apresentaram p-valores inferiores a 0,001. Para clareza das instruções, sequência lógica das atividades, identificação de riscos e pontos de segurança, qualidade dos

recursos visuais, utilidade do plano de reação, aplicabilidade no posto de trabalho e utilidade para treinamento de novos operadores, o p-valor ajustado foi de $5,85 \times 10^{-5}$. Para completude técnica, o p-valor ajustado foi de $1,04 \times 10^{-4}$. Assim, em todos os critérios houve evidência de que a proporção de avaliações com nota igual ou superior a 4 supera 80% no grupo avaliado.

Os critérios qualidade dos recursos visuais e utilidade para treinamento de novos operadores apresentaram as avaliações mais concentradas no nível máximo da escala: média de 4,79, mediana igual a 5 e intervalo interquartil de 5 a 5, com 42 dos 53 participantes (79,2%) atribuindo nota 5. Em seguida, sequência lógica das atividades e utilidade do plano de reação apresentaram média de 4,70 e 37 respostas com nota 5 (69,8%). A completude técnica apresentou a menor média (4,51) e a única avaliação abaixo de 4, embora tenha mantido 98,1% de respostas satisfatórias. Esse resultado não invalida o critério, mas indica que a completude técnica constitui o aspecto com maior margem relativa para aprimoramento do modelo.

Além da avaliação, os participantes puderam registrar comentários sobre os critérios analisados. O Quadro 3 sintetiza os principais pontos levantados e os ajustes incorporados ao modelo, permitindo complementar os resultados numéricos com evidências qualitativas sobre clareza, conteúdo técnico, segurança, recursos visuais, plano de reação, aplicabilidade e treinamento.

Quadro 3- Síntese dos comentários qualitativos e ajustes realizados no modelo de POP.

Critério	Principais comentários recebidos (diagnóstico inicial)	Ajuste realizado no modelo
Clareza das instruções	Necessidade de linguagem simples, objetiva e adequada ao nível operacional; evitar textos extensos e ambíguos.	Padronização da linguagem operacional, com instruções diretas e revisão para eliminar ambiguidades.
Sequência lógica das atividades	Falta de organização clara em etapas; dificuldade de identificar fluxo ("antes, durante e depois").	Estruturação do POP em formato passo a passo, com sequência lógica e divisão em etapas menores.
Completude técnica	Ausência de parâmetros, condições operacionais e detalhamento completo das atividades.	Inclusão de parâmetros, condições esperadas, pontos de atenção e requisitos técnicos.
Identificação de riscos e pontos de segurança	Necessidade de explicitar riscos, impactos e itens de segurança de forma mais visível.	Inserção de pictogramas e padronização visual para itens críticos de segurança.
Qualidade dos recursos visuais	Fotos consideradas essenciais para compreensão.	Ampliação e padronização do uso de fotos ilustrativas, alinhadas às etapas do processo.

Utilidade do plano de reação	Necessidade de orientar ações em caso de desvio; ausência ou baixa clareza nos planos existentes.	Implementação estruturada do plano de reação com ações claras, integradas a ferramentas da qualidade e gestão.
Aplicabilidade no posto de trabalho	Documentos pouco práticos, extensos e de difícil consulta no ambiente operacional.	Simplificação do layout, organização visual e foco em usabilidade no campo.
Utilidade para treinamento de novos operadores	Alta dependência de conhecimento tácito; necessidade de materiais mais didáticos.	Estruturação do POP como ferramenta de treinamento, com uso intensivo de recursos visuais e padronização.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Os comentários qualitativos coletados indicaram que, previamente ao desenvolvimento do modelo, havia fragilidades relacionadas à ausência de padronização, excesso de texto, baixa utilização de recursos visuais, lacunas no detalhamento técnico e inexistência ou pouca clareza dos planos de reação. Tais pontos críticos foram diretamente endereçados no modelo proposto por meio de melhorias estruturais e de conteúdo. Entre os principais ajustes implementados, destacam-se:

- padronização da linguagem com foco na objetividade e clareza operacional;
- reorganização do conteúdo em formato passo a passo, facilitando o entendimento do fluxo das atividades;
- inclusão de condições operacionais e pontos de atenção;
- incorporação de elementos visuais, como fotos e pictogramas, especialmente para itens críticos de segurança;
- estruturação do plano de reação com ações claras e integradas a ferramentas de gestão operacional.

Adicionalmente, a simplificação do layout e a organização visual do documento contribuíram para melhorar a aplicabilidade no posto de trabalho, reduzindo o tempo de consulta e aumentando a usabilidade no ambiente produtivo.

Após a incorporação desses ajustes, o modelo foi representado aos participantes das áreas envolvidas. As avaliações quantitativas e os comentários qualitativos indicaram elevada aceitação quanto à clareza, aplicabilidade e aderência às necessidades operacionais, sustentando seu potencial como ferramenta de padronização e apoio à execução das atividades.

Os achados deste estudo estão alinhados com o que propõe Campos (2004), ao destacar que a participação dos operadores no processo de construção e validação de procedimentos é fundamental para garantir sua aderência à realidade operacional e sua efetiva utilização no chão de fábrica. As principais sugestões recebidas concentraram-se no reforço do uso de elementos visuais, simplificação contínua da linguagem e detalhamento de situações de exceção, as quais foram incorporadas na versão final do modelo.

4.6 Análise Crítica dos Resultados

A análise conjunta dos resultados quantitativos e qualitativos fornece evidências de que, na percepção dos participantes, o modelo de POP desenvolvido atende aos requisitos técnicos e operacionais identificados na fase de diagnóstico. Essa conclusão se refere à adequação percebida e à validação do modelo no contexto estudado; não representa demonstração de ganhos de desempenho após sua implantação. Os ganhos apresentados no Quadro 4 devem, portanto, ser interpretados como resultados esperados ou potenciais identificados durante a validação.

Quadro 4– Comparativo entre a situação anterior e a situação esperada

Aspecto Avaliado	Situação Anterior	Situação Esperada com o Novo Modelo de POP
Tempo de treinamento	Elevada dependência de acompanhamento direto de profissionais experientes e transferência de conhecimento predominantemente tácita	Maior suporte ao treinamento por meio de procedimentos estruturados, linguagem padronizada e recursos visuais de apoio
Clareza dos procedimentos	Informações apresentadas de forma extensa, com diferentes níveis de detalhamento e possibilidade de interpretações divergentes	Linguagem simples, objetiva e padronizada, facilitando a compreensão e execução das atividades
Padronização dos procedimentos	Existência de diferentes modelos e formatos de POP entre áreas, com variações na estrutura documental	Padronização estruturada e uniforme da documentação.
Sequência operacional	Etapas das atividades nem sempre apresentadas de forma organizada ou com sequência operacional claramente definida	Estruturação das atividades em sequência lógica e orientada à execução, com apresentação passo a passo
Uso de recursos visuais	Baixa utilização de imagens, fotografias ou outros elementos visuais como apoio à execução	Incorporação de recursos visuais, como fotos, imagens e pictogramas, associados às etapas críticas da atividade

Identificação de riscos de segurança	Informações de segurança apresentadas de forma pouco destacada ou sem padrão definido entre documentos	Destaque visual e padronizado dos riscos, pontos críticos e requisitos de segurança relacionados à execução
Plano de reação	Ausência ou descrição insuficiente das ações a serem adotadas diante de desvios e anomalias	Definição estruturada de ações de reação, orientando o tratamento de desvios e a tomada de decisão operacional
Aplicabilidade no posto de trabalho	Documentos extensos, com dificuldade de consulta durante a execução das atividades	Documento com estrutura simplificada, foco na usabilidade e facilidade de consulta no ambiente operacional
Suporte à tomada de decisão	Dependência da experiência individual para resolução de situações não previstas nos documentos	Orientações mais claras para atuação diante de anomalias, reduzindo dependência exclusiva do conhecimento tácito
Gestão do conhecimento	Conhecimento concentrado em profissionais experientes e pouco formalizado nos documentos	Conhecimento operacional formalizado, facilitando a disseminação, capacitação e retenção do conhecimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Sendo assim, os principais ganhos esperados com a adoção do modelo são: (a) padronização da execução entre operadores e unidades fabris; (b) explicitação dos parâmetros técnicos críticos; (c) melhoria na comunicação de riscos de segurança; (d) fortalecimento da gestão do conhecimento por meio da conversão do conhecimento tácito em explícito (NONAKA; TAKEUCHI, 1997); e (e) criação de base documental para futura digitalização das operações.

É importante reconhecer que os resultados decorrem de um estudo de caso e de uma amostra intencional de participantes. Conforme Yin (2015), estudos de caso não sustentam generalização estatística para outras empresas ou contextos. Do mesmo modo, os p-valores do teste binomial devem ser interpretados como evidência analítica de superação do critério de validação no grupo avaliado, e não como estimativas probabilísticas representativas de toda a população de trabalhadores da Belgo Arames. Os achados devem ser interpretados à luz das características específicas da organização e da estratégia de seleção dos participantes.

5 CONCLUSÃO

5.1 Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo geral desenvolver e propor um modelo de Procedimento Operacional Padrão (POP) aplicável às operações industriais da Belgo Arames, visando contribuir para a padronização das atividades, melhoria da clareza operacional, fortalecimento dos aspectos de segurança e qualidade, além de apoiar os processos de treinamento e disseminação do conhecimento operacional. A partir da metodologia adotada, caracterizada como um estudo de caso aplicado, com abordagem qualitativa e suporte quantitativo na etapa de validação, foi possível atingir o objetivo proposto por meio da análise do cenário atual, levantamento de requisitos, desenvolvimento do modelo e avaliação junto aos usuários envolvidos no processo.

Inicialmente, foi realizada a caracterização do ambiente industrial da Belgo Arames e o diagnóstico dos procedimentos existentes, permitindo identificar as principais fragilidades relacionadas à estrutura e utilização dos POPs. A análise documental contemplou 1.371 documentos corporativos, sendo identificados 424 POPs, evidenciando a existência de diferentes formatos e níveis de padronização. Foram observados modelos distintos de elaboração, ausência de elementos essenciais em determinados documentos, excesso de informações técnicas sem direcionamento operacional, baixa utilização de recursos visuais e insuficiência de planos de reação. Essa etapa possibilitou compreender as necessidades reais do ambiente produtivo e direcionar o desenvolvimento do modelo proposto.

Com base no diagnóstico realizado, foram levantados os requisitos técnicos e operacionais necessários para um POP adequado ao contexto metalúrgico. Entre os principais requisitos identificados destacaram-se a necessidade de apresentar uma sequência lógica das atividades, informações técnicas essenciais para execução do processo, critérios de qualidade, pontos críticos de segurança, responsabilidades, recursos visuais e orientações para atuação diante de desvios operacionais. Dessa forma, o modelo desenvolvido buscou superar as limitações observadas nos procedimentos existentes, proporcionando uma estrutura mais objetiva, padronizada e direcionada à realidade dos operadores.

O desenvolvimento do modelo de POP não ocorreu de forma imediata, sendo construído a partir de análise, ajustes e validações internas. Durante sua elaboração, foram considerados os diferentes níveis de conhecimento dos usuários, buscando

equilibrar informações técnicas necessárias ao processo com uma linguagem acessível ao operador. O modelo inicial passou por adequações relacionadas à organização das informações, inclusão de elementos visuais, detalhamento das etapas operacionais e inserção do plano de reação, resultando em uma estrutura composta por sequência operacional, parâmetros técnicos, pontos críticos de segurança e qualidade, critérios de aceitação, recursos visuais e orientações para tomada de decisão em situações anormais.

A comparação entre os procedimentos existentes e o modelo proposto evidenciou avanços relacionados principalmente à padronização estrutural, organização das informações e direcionamento operacional. Enquanto parte dos POPs analisados apresentava formatos distintos, excesso de informações e ausência de elementos fundamentais para apoio à execução, o modelo desenvolvido incorporou requisitos previamente identificados como necessários para facilitar a consulta, compreensão e aplicação pelos operadores.

A validação do modelo foi realizada por meio de instrumento estruturado aplicado a 53 participantes, incluindo operadores, supervisores e especialistas envolvidos nas atividades industriais. Em todos os oito critérios, a mediana foi igual a 5. Sete critérios apresentaram 100,0% de avaliações com nota 4 ou 5 e a completude técnica apresentou 98,1%. Após correção de Holm para as comparações múltiplas, todos os critérios apresentaram p-valores ajustados inferiores a 0,001 no teste binomial exato unilateral, fornecendo evidência de que, no grupo avaliado, a proporção de respostas satisfatórias superou o patamar de 80% adotado para validação. Os comentários qualitativos complementaram esses resultados e orientaram aprimoramentos relacionados à objetividade, recursos visuais, detalhamento técnico e aplicabilidade operacional.

Dessa forma, conclui-se que o modelo desenvolvido apresentou elevada aderência percebida às necessidades identificadas no contexto industrial estudado e potencial para apoiar a padronização das atividades, o treinamento de operadores e a gestão do conhecimento operacional. Essa conclusão deve ser compreendida como validação do conteúdo e da aplicabilidade percebida do modelo, e não como comprovação de impacto operacional, que dependerá de acompanhamento após sua implantação.

5.2 Limitações do Trabalho

Este trabalho apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, trata-se de um estudo de caso único, o que restringe a generalização dos achados para outros contextos organizacionais ou setores industriais, conforme destacado por Yin (2015).

Em segundo lugar, a validação foi baseada predominantemente na percepção dos participantes, obtida por itens Likert e comentários qualitativos, sem mensuração de indicadores de desempenho antes e após a implementação. Dessa forma, os resultados demonstram aceitação e adequação percebida do modelo, mas não permitem comprovar quantitativamente ganhos operacionais como redução de variabilidade, aumento de produtividade ou melhoria em indicadores de qualidade e segurança.

Adicionalmente, destacam-se as seguintes limitações específicas do estudo:

- Restrições de confidencialidade da empresa, que limitaram o detalhamento de informações operacionais e a divulgação de dados mais sensíveis;
- Número limitado de participantes em algumas áreas específicas, o que pode ter reduzido a representatividade de determinadas operações;
- Amostragem intencional, com indicação dos participantes pelos gestores e distribuição desigual entre unidades e grupos profissionais, o que limita a representatividade estatística da amostra e exige cautela na extrapolação dos resultados inferenciais para toda a organização;
- Ausência de acompanhamento longitudinal da fase de implantação do POP no ambiente produtivo, impossibilitando a avaliação de sua efetividade no uso contínuo e na rotina operacional;

5.3 Recomendações para Trabalhos Futuros

Com base nos resultados e limitações identificados, recomenda-se para trabalhos futuros:

- Avaliar quantitativamente os impactos da aplicação do modelo proposto, por meio do acompanhamento de indicadores de desempenho relacionados à produtividade, qualidade, segurança e capacitação operacional, permitindo mensurar os efeitos da padronização e melhoria dos procedimentos no ambiente produtivo;

- Avaliar a utilização das plataformas digitais corporativas já disponíveis para consulta dos POPs pelos operadores, considerando aspectos relacionados à acessibilidade no posto de trabalho, facilidade de consulta, atualização das informações e rastreabilidade documental.
- Avaliar a aderência dos operadores aos POPs estruturados conforme o modelo proposto, identificando fatores que influenciam sua utilização na rotina operacional, incluindo aspectos relacionados à compreensão das informações, treinamentos realizados, cultura de padronização e usabilidade dos documentos;
- Replicar a metodologia proposta em empresas de outros setores industriais, buscando verificar sua aplicabilidade em diferentes contextos produtivos e identificar possíveis adaptações necessárias ao modelo.

REFERÊNCIAS

AGRESTI, Alan. An introduction to categorical data analysis. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2018.

AHMADI, Taher; RAHMANI, Nooshin. How to develop standardized work for business processes in the transactional office environment. *Total Quality Management & Business Excellence*, v. 34, n. 13-14, p. 1719-1732, 2023. DOI: 10.1080/14783363.2023.2203377. Acessar artigo – Ahmadi e Rahmani

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14153: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de controle relacionadas à segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10013: Diretrizes para documentação de sistemas de gestão da qualidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BELGO ARAMES. Unidades. Disponível em: <https://www.belgo.com.br/unidades/>. Acesso em: 08 jul. 2026.

BOONE, Harry N.; BOONE, Deborah A. Analyzing Likert data. *Journal of Extension*, v. 50, n. 2, article 48, 2012. DOI: 10.34068/joe.50.02.48.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília: MTE, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho>. Acesso em: 08 jul. 2026

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: controle da qualidade total no estilo japonês. 9. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CERQUEIRA JUNIOR, Abinel Santiago et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: um estudo exploratório sobre sua aplicação na indústria. *Brazilian Journal of Production Engineering*, v. 9, n. 1, p. 127-143, 2023. DOI: 10.47456/bjpe.v9i1.40096.

CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à teoria geral da administração. 9. ed. Barueri: Manole, 2014.

DEMING, W. Edwards. Qualidade: a revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

GARG, Gaurav; ANDERSSON, Roy; CAPORUSCIO, Mauro. Digitalization of Work Instructions in Production Plant. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, v. 52, p. 325-334, 2024. DOI: 10.3233/ATDE240177.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HOLM, Sture. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, v. 6, n. 2, p. 65-70, 1979.

IMAI, Masaaki. Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso para uma estratégia de melhoria contínua. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

JURAN, Joseph M. A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Thomson Learning, 1997.

KUMAR, Sandeep; SWARNAKAR, Vikas; PHANDEN, Rakesh Kumar; KHANDUJA, Dinesh; CHAKRABORTY, Ayon. Role of Lean Six Sigma in manufacturing setting: a systematic literature review and agenda for future research. *The TQM Journal*, v. 36, n. 7, p. 1996-2047, 2024. DOI: 10.1108/TQM-12-2022-0338

LIKER, Jeffrey K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKERT, Rensis. *A technique for the measurement of attitudes*. New York: Archives of Psychology, 1932.

MALHOTRA, Naresh K. *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MEDEIROS, Nayara Cardoso de; GODINHO FILHO, Moacir; CALLEFI, Mario Henrique Bueno Moreira; GANGA, Gilberto Miller Devós. Employee involvement practices in lean manufacturing: a multimethod approach. *International Journal of Services and Operations Management*, v. 50, n. 3, p. 330-351, 2025. DOI: 10.1504/IJSOM.2025.144754

MELLO, Carlos Henrique P. et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. *Produção*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 1-13, jan./fev. 2012.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick (org.). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MOREIRA, Daniel Augusto. *Administração da produção e operações*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. *Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. 20. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

OHNO, Taiichi. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.

RUFINO, Letícia da Silva; DRUMOND, Thais Diniz Reis; LUIZ, Douglas Marques; SOLIANI, Rodrigo Duarte. Standard operating procedures: a proposed framework for management and implementation. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, v. 20, e025002, 2025. DOI: 10.15675/gepros.3047.

SCHWAB, Klaus. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SHINGO, Shigeo. *A study of the Toyota Production System: from an industrial engineering viewpoint*. Portland: Productivity Press, 1989.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. *Administração da produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

TUBINO, Dalvio Ferrari. *Planejamento e controle da produção: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

WERKEMA, Cristina. Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas ao PDCA e ao DMAIC. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE VALIDAÇÃO

Instruções:

Avalie o modelo de POP apresentado com base nos critérios abaixo, utilizando a escala de 1 a 5, onde:

1 – Discordo totalmente | 2 – Discordo parcialmente | 3 – Neutro | 4 – Concordo parcialmente | 5 – Concordo totalmente

1. Identificação do Avaliador

Nome: _____

Área: _____

Função: _____

2. Avaliação dos Critérios

Critério	Afirmação	Nota (1 a 5)
Clareza das instruções	As instruções do POP são claras, objetivas e de fácil compreensão.	
Sequência lógica das atividades	As etapas estão organizadas de forma lógica e facilitam a execução da atividade.	
Compleitude técnica	O POP contém todas as informações necessárias para execução correta da tarefa.	
Identificação de riscos e segurança	Os riscos e pontos de segurança estão claramente identificados.	
Qualidade dos recursos visuais	As imagens, fotos ou pictogramas auxiliam na compreensão das atividades.	
Utilidade do plano de reação	O plano de reação é claro e útil para tratar desvios ou falhas.	
Aplicabilidade no posto de trabalho	O POP é aplicável e adequado à realidade operacional.	
Utilidade para treinamento	O POP pode ser utilizado de forma eficaz para treinar novos operadores.	

3. Comentários Qualitativos

3.1 Pontos fortes do modelo:

3.2 Pontos de melhoria:

3.3 Sugestões adicionais:

4. Validação Final

Você considera que o modelo de POP pode ser implementado na sua área?

☐ Sim

☐ Sim, com ajustes

☐ Não

Se necessário, descreva:

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

APÊNDICE B – MODELO DO POP (TEMPLATE EM BRANCO)

Figura 4 – Capa do POP. Identificação, contexto (Por quê/Quando/Quem/Onde), legenda dos pontos de atenção por categoria (Segurança, Qualidade, Produtividade, Meio Ambiente, 5S) e sumário.

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL	Pág.: 1 de 6 Cód.: Rev.: Edição:		
Elaborador		Aprovador		
POR QUÊ: <i>Explicar o motivo da existência do procedimento. Esse campo descreve a justificativa, a importância e o risco ou problema que o PPO pretende evitar ou controlar. Serve para mostrar por que a atividade precisa ser feita daquele jeito, garantindo entendimento e compromisso dos executores.</i> QUANDO: <i>Indicar em qual momento a atividade deve ser executada. Define a frequência, o galtilho, o evento, ou a situação que determina quando o procedimento deve ser aplicado.</i> QUEM: <i>Identificar quem é o responsável por executar ou supervisionar cada etapa. Este campo garante clareza de papéis e responsabilidades, evitando dúvidas, omissões ou sobreposição de funções.</i> ONDE: <i>Informar o local onde o procedimento deve ser aplicado. Define o ambiente, a área física, o setor, o equipamento ou a instalação onde a atividade ocorre.</i>				
PONTOS DE ATENÇÃO				
 SEGURANÇA: Prevenção de acidentes e incidentes de segurança.	 QUALIDADE: Prevenção de defeitos, cumprimento de padrões e planos de inspeção.	 PRODUTIVIDADE e CUSTO: Otimização dos tempos de máquina, ciclos e processos.	 MEIO AMBIENTE: Promover práticas sustentáveis e prevenir impactos ambientais.	 5S: Manter um ambiente de trabalho limpo, organizado e padronizado, garantindo disciplina e melhoria contínua.
SUMÁRIO				
PLANO DE REAÇÃO				
FERRAMENTAS USADAS NO PROCESSO				
ATIVIDADES (O que fazer / Como fazer)				
[TÍTULO DA ATIVIDADE (DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA)]				
ATIVIDADES (O que fazer / Como fazer)				
[TÍTULO DA ATIVIDADE (DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA)]				
ANEXO XX				
PARTICIPANTES DESSA REVISÃO				

Figura 5 - Plano de reação: Tabela com as etapas do procedimento, situação de Desvio – problema e reação para descrever a ação Imediata.

[illegible]

Figura 6 – Ferramentas utilizadas no processo e sequência de atividades com espaço para fotos

		PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL				Pág.: 3 de 6 Cód.: Rev.: - Edição:
Elaborador			Aprovador			
FERRAMENTAS USADAS NO PROCESSO						
FOTO REAL DELA NA ÁREA	FOTO REAL DELA NA ÁREA	FOTO REAL DELA NA ÁREA	FOTO REAL DELA NA ÁREA	FOTO REAL DELA NA ÁREA	FOTO REAL DELA NA ÁREA	FOTO REAL DELA NA ÁREA
LEGENDA COM NOME	LEGENDA COM NOME	LEGENDA COM NOME	LEGENDA COM NOME	LEGENDA COM NOME	LEGENDA COM NOME	LEGENDA COM NOME
ITEM	ATIVIDADES (O que fazer / Como fazer)			FOTOS		
1.	<u>TÍTULO DA ATIVIDADE (DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA)</u> [Descrição detalhada, porém objetiva, da atividade a ser realizada]  O texto deve ser apresentado sempre na cor preta, garantindo acessibilidade, legibilidade e padronização. Somente itens realmente críticos devem ser classificados como Ponto de Atenção; itens rotineiros devem permanecer em PPS ou PPA.			Figura XX: [ACRESCENTAR DESCRIÇÃO DA FIGURA]		
2.						

Figura 7 – Anexo

		PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 5 de 6 Cód.: Rev.: - Edição:
Elaborador			Aprovador	

ANEXO XX

O campo ANEXO é de utilização opcional e permite incluir informações complementares que contribuam para a melhor compreensão, controle e execução da atividade descrita no PPO.

Trata-se de um espaço destinado à inclusão de recursos visuais, tabelas, diagramas, instruções adicionais, critérios de aceitação ou rejeição ou qualquer informação que agregue valor operacional, desde que mantenha alinhamento com o conteúdo principal do procedimento.

Podem ser inseridos, entre outros:

Zonas de atenção : Representações gráficas em cores ou níveis de criticidade para demonstrar o grau de atenção exigido em cada etapa da operação. Identificação de pontos críticos que auxiliam o operador na prevenção de falhas e na tomada de decisão.

Tabelas de frequência de amostragem ou verificação

Informações sobre intervalos de coleta de amostras, pontos de controle, variáveis críticas e tempos necessários para inspeções durante o processo. Esse conteúdo ajuda a evitar desvios e contribui para a detecção precoce de anomalias, reduzindo impactos na qualidade ou na estabilidade produtiva.

Imagens de materiais aceitos e não aceitos.

Fotografias ou diagramas que apresentem exemplos de: materiais conformes e não conformes, condições que podem seguir para o processo e condições que devem ser retidas, defeitos típicos detectáveis visualmente.

Esse material pode ser desenvolvido em parceria com Engenharia, Qualidade, Produção ou Laboratório, conforme o tipo de processo.



Figura 8 – Participantes da revisão: Tabela com todas as pessoas envolvidas na elaboração e revisão do procedimento e suas respectivas áreas de atuação.

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL	Pág.: 6 de 6 Cód.: Rev.: - Edição:
Elaborador	Aprovador	

PARTICIPANTES DESSA REVISÃO	
NOME COMPLETO	ÁREA

APÊNDICE C – EXEMPLO DE POP PREENCHIDO

Figura 9 – Capa do procedimento de Determinação de pH

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 1 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
	DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador		Aprovador	
POR QUÊ: Garantir que a medição de pH seja realizada de forma padronizada, assegurando resultados confiáveis para controle do processo, atendimento às especificações e prevenção de desvios que possam comprometer qualidade, segurança e meio ambiente. QUANDO: Deve ser executado sempre que houver coleta de amostra do processo, conforme plano de controle laboratorial ou necessidade operacional. QUEM: Analista de laboratório, operador treinado ou responsável designado. ONDE: No laboratório químico ou área de processo designada para análise.			
PONTOS DE ATENÇÃO			
 SEGURANÇA: Prevenção de acidentes e incidentes de segurança.	 QUALIDADE: Prevenção de defeitos, cumprimento de padrões e planos de inspeção.	 PRODUTIVIDADE e CUSTO: Otimização dos tempos de máquina, ciclos e processos.	 MEIO AMBIENTE: Promover práticas sustentáveis e prevenir impactos ambientais.
 5S: Manter um ambiente de trabalho limpo, organizado e padronizado, garantindo disciplina e melhoria contínua.			
PLANO DE REAÇÃO2 FERRAMENTAS USADAS NO PROCESSO3 MATERIAIS3 ENSAIO5 CALIBRAÇÃO8 RESULTADOS10 RESÍDUOS GERADOS10 PARTICIPANTES DESSA REVISÃO11			

Figura 10 – Plano de reação procedimento de Determinação de pH

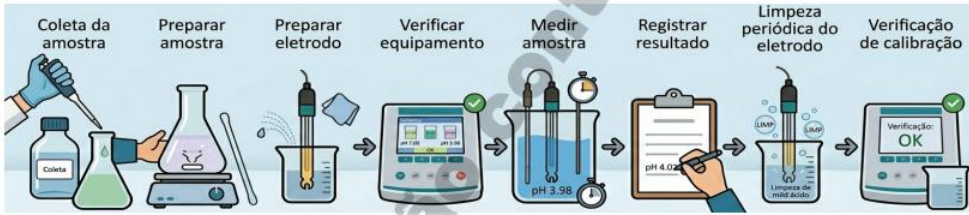
	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 2 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
	DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador		Aprovador	
PLANO DE REAÇÃO			
			
ITEM E PG	ETAPA	PROBLEMA	REAÇÃO
2.2.1 a 2.2.5 (PG.6)	Verificar equipamento com solução tampão	Resultado fora da tolerância de $\pm 0,2$ pH	Trocar solução tampão, repetir verificação e realizar calibração se necessário
2.3.4 (PG.7)	Efetuar medição da amostra	Tempo de estabilização acima de 2 minutos	Limpar ou substituir eletrodo
2.1.6 (PG.5)	Armazenar o eletrodo em solução KCl 3,0 M após utilização.	Eletrodo armazenado incorretamente	Armazenar corretamente em KCl 3,0 M

Figura 11 – Ferramentas e início da descrição das atividades

		PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 3 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016	
DETERMINAÇÃO DE pH					
Elaborador			Aprovador		
FERRAMENTAS USADAS NO PROCESSO					
					
PHMETRO DM-220	ELETRODO	TERMÔMETRO TIPO ESPETO	PISSETA	BÉQUER 150 OU 250 ML	PHMETRO DM-23
ITEM	ATIVIDADES (O que fazer / Como fazer)			FOTOS	
1.	MATERIAIS 1.1 APARELHAGEM E MATERIAIS A aparelhagem e os materiais necessários para execução do ensaio estão listados abaixo: • Medidor de pH, vide figura 1 e 2, com resolução 0,01, calibração em 2 ou 3 pontos: neutro, faixa ácida e faixa básica; • Eletrodo, vide figura 3; • Béqueres de 150 mL ou 250 mL; • Pisseta; • Lenço de papel; • Termômetro tipo espeto com faixa de medição a 25 + 0,1 °C, fig. 4.			 	
				Figura 1 – PHMETRO DM-23	Figura 2 – PHMETRO DM-220

Figura 12 - Atividades

		PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 4 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016	
DETERMINAÇÃO DE pH					
Elaborador			Aprovador		
1.2 REAGENTES E SOLUÇÕES Os reagentes e as soluções utilizadas neste ensaio estão listadas abaixo e, quando aplicável, devem ser preparadas conforme descrito no MAN 0089 - MANUAL DE SOLUÇÕES- Laboratório Químico: • Solução tampão pH 2,00 Merck; • Solução tampão pH 4,00 Merck; • Solução tampão pH 7,00 Merck; • Solução tampão pH 8,00 Merck; • Solução tampão pH 10,00 Merck; • Solução de armazenamento KCl 3,0 M; • Água destilada.			 		
			Figura 3 - PISSETA	Figura 4 – TERMÔMETRO TIPO ESPETO	

Figura 13 – Atividade de ensaio

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL	Pág.: 5 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador		Aprovador

ITEM	ATIVIDADES (O que fazer / Como fazer)	FOTOS
2.	ENSAIO 2.1 MANIPULAÇÃO DOS ELETRODOS Para a manipulação dos eletrodos durante a calibração, medição e verificação, deve-se: 2.1.2 Retirar o eletrodo da solução de armazenamento (KCl 3,0 M); 2.1.3 Lavar externamente o eletrodo com água destilada; 2.1.4 Secar os eletrodos com um lenço de papel, sem esfregar o corpo esférico evitando eletrizá-lo; 2.1.5 Colocar a solução tampão ou a amostra a ser utilizada em um béquer em quantidade suficiente para cobrir o diafragma do eletrodo durante as leituras e medições; 2.1.6 Após a utilização o eletrodo deve permanecer conectado ao equipamento em solução de armazenamento (KCl 3,0 M).	 Figura 5 – Eletrodo lavado com água destilada  Figura 6 – Manipulação do Eletrodo

Figura 14 – Atividade de verificação

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL	Pág.: 6 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador		Aprovador

2.2 VERIFICAÇÃO Para usar o pHmetro de forma ótima, um controle do medidor de pH deve ser realizado no início de uma série de medições: 2.2.1 Colocar a solução tampão pH 4 em um béquer; 2.2.2 Após realizar o preparo dos eletrodos (item 2.1), imergir ambos os eletrodos na solução tampão selecionada a 25 ± 1° C; 2.2.3 Mexer o frasco com a amostra cuidadosamente por cerca de 5 segundos; 2.2.4 Teclar os comandos para efetuar a medição, conforme o manual de operação de cada aparelho, e aguardar a estabilização por alguns segundos (< 2 minutos); 2.2.5 Ler o valor do pH no visor e comparar com o valor teórico da solução tampão; 2.2.6 Se o valor de pH variar mais do que 0,2 do pH teórico, substituir o tampão e repetir as ações dos itens 2.2.1; 2.2.2; 2.2.3; 2.2.4 e 2.2.5; 2.2.7 Se o valor ainda não estiver OK, calibrar o equipamento (ver item 3) ou realizar a limpeza do eletrodo (ver item 3.1) e verificar novamente com o padrão; 2.2.8 Lançar o valor na planilha de controle correspondente.	 Figura 7 – Verificação do Eletrodo no pH 4
---	--

Figura 15 – Atividade de medição de amostras

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 7 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
	DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador		Aprovador	
2.3 MEDIÇÃO DE AMOSTRAS Para a medição do pH das amostras, deve-se:			
2.3.1 Colocar a amostra em um béquer;			
2.3.2 Após realizar a verificação e o preparo dos eletrodos de acordo com os itens 2.1 e 2.2, imergir ambos os eletrodos na amostra;			
2.3.3 Mexer o frasco com a amostra cuidadosamente por cerca de 5 segundos;			
2.3.4 Teclar os comandos para efetuar a medição, conforme o manual de operação de cada aparelho, e aguardar a estabilização por alguns segundos (< 2 minutos);			
2.3.5 Ler o valor do pH e anotar.			

Figura 8 – Medição de Amostras

Figura 16 – Atividade de calibração com pontos de atenção

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 8 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
	DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador		Aprovador	
ITEM	ATIVIDADES (O que fazer / Como fazer)	FOTOS	
3.	CALIBRAÇÃO Quando a verificação da solução tampão estiver fora das especificações, a calibração deve ser efetuada no medidor de pH, conforme esquema da figura 9.  A calibração do equipamento deve ser feita a 25 ± 1 °C com interceptação com pH = 7 e slope com pH = 2 e pH = 10. A interceptação é sempre medida em primeiro lugar e, em seguida, a inclinação (slope).  Alguns equipamentos indicam a eficiência de leitura do eletrodo. Esta eficiência deve ser de no mínimo 95%. 3.1 LIMPEZA DO ELETRODO Se o valor do pH não estabilizar após 2 minutos de leitura, se houver variações de valores do pH, requerendo várias calibrações, ou a eficiência do eletrodo estiver abaixo de 95% (quando aplicável), realizar a limpeza do eletrodo conforme instruído abaixo:		
	3.1.1 Lavar o eletrodo com água destilada; 3.1.2 Lavar o eletrodo com HCl 0,1 N e enxaguar com água destilada; 3.1.3 Lavar o eletrodo com álcool etílico e enxaguar com água destilada; 3.1.4 Deixar o eletrodo por cerca de 2 horas em solução de KCl 3M; 3.1.5 Caso o eletrodo ainda estiver reagindo muito lentamente, será necessária a substituição.	Quando for habilitado aviso de calibração Quando for selecionado antímonio aparecerá a partir deste ponto	

Figura 9 – Calibração

Figura 17 - Atividade de troca das soluções e padrões com pontos de atenção

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 9 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
	DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador		Aprovador	
3.2 TROCA DAS SOLUÇÕES E PADRÕES ▲ <u>Padrões de Calibração</u> : trocar toda vez que for realizada nova calibração; <u>Padrões de Verificação</u> : trocar uma vez por semana; <u>Cloreto de Potássio 3M</u> : trocar a cada 15 dias.			

Figura 18 - Resultados

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL		Pág.: 10 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
	DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador		Aprovador	
ITEM	ATIVIDADES (O que fazer / Como fazer)	FOTOS	
4.	RESULTADOS O resultado de pH é obtido diretamente através da leitura no visor do equipamento, como indicado na Figura 10.		
5	RESÍDUOS GERADOS  Os resíduos gerados na realização das atividades desse PPO, , assim como os das demais atividades do laboratório, devem ser separados, identificados, armazenados e descartados conforme as orientações do procedimento PPA-2729-GPAR.		

Figura 10 – Resultado

Figura 19 – Participantes da revisão

	PROCEDIMENTO PADRÃO OPERACIONAL	Pág.: 11 de 11 Cód.: PPO-2738-GPAR Rev.: 06-04/06/2026 Edição: 20/07/2016
DETERMINAÇÃO DE pH		
Elaborador	Aprovador	

PARTICIPANTES DESSA REVISÃO	
NOME COMPLETO	ÁREA
████████████████████	Administrativo/Laboratório
████████████████████	Laboratório Químico/Físico
████████████████████	Laboratório Químico