



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CAMPUS AGRESTE  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANA JÚLIA DOS SANTOS VENCESLAU

**ESTRUTURAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE VALIDAÇÃO DE  
MUDANÇAS INTERNAS DE PRODUTO E PROCESSO COM BASE NA  
METODOLOGIA PPAP: Um estudo de caso**

Caruaru

2025

ANA JÚLIA DOS SANTOS VENCESLAU

**ESTRUTURAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE VALIDAÇÃO DE  
MUDANÇAS INTERNAS DE PRODUTO E PROCESSO COM BASE NA  
METODOLOGIA PPAP: Um estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

**Área de concentração:** Gestão da  
Qualidade

**Orientador (a):** Renata Maciel de Melo

Caruaru

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Venceslau, Ana Júlia dos Santos.

Estruturação e implementação de um sistema de validação de mudanças internas de produto e processo com base na metodologia PPAP: Um estudo de caso / Ana Júlia dos Santos Venceslau. - Caruaru, 2025.

41p

Orientador(a): Renata Maciel de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2025.

Inclui referências.

1. Validação de mudanças. 2. PPAP. 3. Qualidade. 4. Matriz de testes. 5. Indústria de baterias automotivas. I. Melo, Renata Maciel de . (Orientação). II. Título.

670 CDD (22.ed.)

ANA JÚLIA DOS SANTOS VENCESLAU

**ESTRUTURAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE VALIDAÇÃO DE  
MUDANÇAS INTERNAS DE PRODUTO E PROCESSO COM BASE NA  
METODOLOGIA PPAP: Um estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 13/08/2025

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Maciel de Melo (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar força, sabedoria e serenidade para enfrentar cada etapa dessa jornada. Sem Sua presença constante, nada disso teria sido possível. Agradeço com todo o meu amor à minha mãe, Ana Paula, e ao meu pai, Jailton Venceslau, por serem meu alicerce, meu exemplo de dedicação e amor incondicional. Vocês sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu mesma duvidava, e isso fez toda a diferença. Ao meu namorado, Alefy Rafael, que esteve presente nos momentos mais difíceis, oferecendo apoio, paciência e incentivo, meu muito obrigada por ser meu parceiro nessa caminhada.

Aos meus colegas de curso, que compartilharam comigo não só os estudos, mas também os desafios, as dúvidas e as conquistas. Sou grata também à empresa onde atuo, pela abertura e confiança que permitiram a realização deste estudo, e pela colaboração das equipes envolvidas, que contribuíram diretamente para o desenvolvimento deste trabalho. À minha orientadora, Renata Maciel, pela escuta atenta, pelas orientações sempre tão precisas e pela generosidade em compartilhar conhecimento, deixo meu reconhecimento e gratidão. A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade, meu sincero e carinhoso agradecimento.

## RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta a proposta de estruturação e implementação de um sistema de validação de mudanças internas de produto e processo em uma indústria de baterias automotivas, fundamentado na metodologia PPAP (Production Part Approval Process). A pesquisa buscou corrigir falhas recorrentes no modelo vigente, como ausência de padronização, retrabalhos, atrasos, falhas de rastreabilidade e decisões técnicas pouco consistentes. Para tanto, foram conduzidos um estudo de caso, entrevistas com profissionais das áreas envolvidas e análise documental de registros históricos. Como principais resultados, elaborou-se uma matriz técnica de testes, baseada em DFMEA e PFMEA, e desenvolveu-se um aplicativo digital no Power Apps, que centraliza e integra todas as etapas do fluxo de aprovação, conferindo maior rastreabilidade, transparência e confiabilidade ao processo. A proposta resultou na criação de um fluxo estruturado em 14 etapas, com definição clara de responsabilidades, fortalecendo a prevenção de falhas e a gestão do conhecimento técnico. Os resultados demonstram que a aplicação sistemática do PPAP, associada à digitalização e à padronização documental, pode gerar melhorias significativas em produtividade, qualidade e eficiência organizacional. O estudo reforça a importância da gestão da qualidade e das ferramentas normativas como elementos estratégicos para a competitividade no setor automotivo.

Palavras-chave: Validação de mudanças; PPAP; Qualidade; Matriz de testes; Indústria de baterias automotivas.

## **ABSTRACT**

This Final Graduation Project presents the proposal for structuring and implementing a validation system for internal product and process changes in an automotive battery industry, based on the PPAP (Production Part Approval Process) methodology. The research aimed to correct recurring failures in the existing model, such as lack of standardization, rework, delays, traceability issues, and poorly supported technical decisions. To achieve this, a case study was conducted, including interviews with professionals from the involved areas and documentary analysis of historical records. As main results, a technical test matrix was developed, based on DFMEA and PFMEA, together with a digital application in Power Apps, which centralizes and integrates all stages of the approval flow, providing greater traceability, transparency, and reliability to the process. The proposal resulted in the creation of a 14-step structured flow with clear definition of responsibilities, strengthening failure prevention and technical knowledge management. The findings demonstrate that the systematic application of PPAP, combined with digitalization and documentation standardization, can generate significant improvements in productivity, quality, and organizational efficiency. The study highlights the importance of quality management and normative tools as strategic elements for competitiveness in the automotive sector.

Keywords: Change validation; PPAP; Quality; Test matrix; Automotive battery industry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trilogia da Qualidade	16
Figura 2 – “O Ciclo da Qualidade”	16
Figura 3 – Metodologia da pesquisa	25
Figura 4 – Principais problemas identificados nas etapas do 5G	30
Figura 5 – Análise dos 5 Porquês	31
Figura 6 – Tela inicial do aplicativo “Gestão de PPAP”	32
Figura 7 – Exemplo genérico da matriz de testes	33
Figura 8 – Fluxo de Validação de Mudanças Internas proposto	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i> (grupo de ação da indústria automotiva)
APQP	<i>Advanced Product Quality Planning</i> (planejamento avançado da qualidade de produto)
Cp	<i>Process Capability</i> (capacidade do processo)
Cpk	<i>Process Capability Index</i> (índice de capacidade do processo)
DFMEA	<i>Design Failure Mode and Effects Analysis</i> (análise do modo e efeito da falha no projeto)
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (análise do modo e efeito da falha)
IATF	<i>International Automotive Task Force</i> (força-tarefa automotiva internacional)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (organização internacional de padronização)
MSA	<i>Measurement System Analysis</i> (análise dos sistemas de medição)
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i> (fabricante de equipamento original)
OPR	<i>One Page Report</i> (relatório de uma página)
PFMEA	<i>Process Failure Mode and Effects Analysis</i> (análise do modo e efeito da falha no processo)
PPAP	<i>Production Parts Approval Process</i> (processo de aprovação de peças de produção)
PSW	<i>Part Submission Warrant</i> (formulário de submissão de peça)
SPC	<i>Statistical Process Control</i> (controle estatístico de processo)
TQM	<i>Total Quality Management</i> (gestão da qualidade total)
VDA	<i>Verband der Automobilindustrie</i> (associação da indústria automotiva alemã)
WCM	<i>World Class Manufacturing</i> (manufatura de classe mundial)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1	Justificativa.....	12
1.2	Objetivo.....	13
1.3	Estrutura do trabalho.....	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1	Gestão da qualidade.....	15
2.2	Normas e certificações de qualidade no setor automotivo.....	17
2.3	Planejamento avançado da qualidade do produto (APQP) .....	18
2.4	Processo de aprovação de peça de produção.....	20
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
3.1	Classificação da pesquisa.....	23
3.2	Procedimentos metodológicos.....	24
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>26</b>
4.1	Caracterização da empresa.....	26
4.2	Identificação do problema real.....	26
4.3	Aplicação da metodologia 5G.....	28
4.3.1	Gemba (Local Real) .....	28
4.3.2	Genbutsu (Objeto Real) .....	29
4.3.3	Genjitsu (Fatos Reais) .....	29
4.3.4	Genri (Princípios Fundamentais) .....	29
4.3.5	Gensoku (Padrões ou Normas) .....	30
4.4	Análise dos 5 porquês.....	30

4.5	Proposta desenvolvida para implementação.....	31
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
5.1	Contribuições do estudo.....	37
5.2	Limitações.....	38
5.3	Sugestões para trabalhos futuros.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

## 1 INTRODUÇÃO

O PPAP (*Production Part Approval Process*), ou Processo de Aprovação de Peças de Produção, é uma ferramenta essencial no sistema da qualidade, especialmente em indústrias que exigem elevado controle sobre produtos e processos, como o setor automotivo. Sua aplicação visa garantir que todos os requisitos de engenharia, especificações e normas do cliente sejam compreendidos e atendidos de forma consistente antes do início da produção em série.

Conforme descrito no manual elaborado pelo AIAG (*Automotive Industry Action Group*, 2006), o PPAP estabelece os requisitos necessários para a aprovação de peças e processos produtivos, promovendo maior confiabilidade quanto à capacidade do fornecedor de atender às exigências técnicas. São exigidos documentos como FMEA, plano de controle, estudo dimensional e análise de capacidade, os quais ajudam a prevenir falhas e padronizar os processos de fabricação. Essa abordagem assegura a estabilidade e a repetibilidade da produção.

Além disso, o PPAP promove rastreabilidade e fornece evidências objetivas da conformidade do produto, facilitando auditorias e ações corretivas em caso de desvios. Também fortalece a comunicação entre cliente e fornecedor, promovendo alinhamento técnico e confiança. De acordo com Rocha e Salerno (2014), “as práticas associadas à gestão da qualidade tornam-se cada vez mais integradas aos processos de desenvolvimento e produção, assumindo papel estratégico nas empresas industriais modernas”. Com isso, o processo contribui para a redução de retrabalhos, desperdícios e custos com não conformidades, elevando a competitividade e a eficiência operacional das organizações.

No contexto de uma fábrica de baterias automotivas, é comum a realização de mudanças contínuas nos produtos e nos processos produtivos, tanto para atender às exigências dos clientes OEM (*Original Equipment Manufacturer*) e do mercado de reposição, quanto para alinhar-se aos objetivos estratégicos da organização. Tais alterações, quando não gerenciadas de forma estruturada, podem comprometer a qualidade do produto, aumentar os custos e reduzir a eficiência operacional da empresa.

A empresa em estudo já dispõe de um procedimento interno de validação de mudanças, fundamentado na metodologia PPAP (*Production Part Approval Process*), conforme orientações do manual VDA-AIAG, 4ª edição (AIAG, 2006). Além disso, adota os princípios do *World Class Manufacturing* (WCM) em sua gestão, buscando constantemente a excelência operacional por meio da melhoria contínua, da redução de perdas e da padronização de processos.

No entanto, análises históricas demonstram que, apesar da estrutura existente, o processo apresenta falhas significativas. Há registros de projetos formalmente aprovados que resultaram em perdas relevantes não identificadas na etapa de validação, comprometendo a confiabilidade do sistema e gerando perdas de produtividade, elevado custo em *scrap* e insatisfação dos clientes internos. Também se verificou que parte dos líderes de projeto não dominam plenamente a aplicação do PPAP, o que ocasiona atrasos na submissão de documentações obrigatórias e decisões técnicas pouco fundamentadas. Essa falta de padronização e clareza no fluxo de trabalho acaba por sobrecarregar o setor de Controle da Qualidade, além de gerar desperdício de recursos e desalinhamento entre as áreas envolvidas.

Segundo Amaral e Toledo (2006), o sucesso na aplicação de sistemas de qualidade está diretamente relacionado à clareza dos processos internos e ao grau de conhecimento das equipes envolvidas. A falta de domínio sobre as ferramentas e a ausência de padronização dificultam a resposta rápida às demandas e comprometem o desempenho do sistema de qualidade como um todo.

### 1.1 Justificativa

A necessidade de aprimorar o sistema de validação de mudanças na empresa em estudo decorre, principalmente, dos impactos internos causados por lançamentos mal estruturados. Vieira (2007) destaca que falhas na execução disciplinada do APQP, como FMEAs mal elaborados e ausência de suporte da alta liderança, são fatores críticos que comprometem a qualidade inicial dos produtos e geram retrabalhos, desperdícios e atrasos significativos. Dentre os problemas observados na empresa em estudo, destacam-se retrabalhos recorrentes, desperdício de recursos, sobrecarga de atividades no setor de Controle da Qualidade e desalinhamento entre as áreas envolvidas, prejudicando o andamento das operações e dificultando a capacidade da empresa de responder com agilidade às suas próprias necessidades de desenvolvimento.

Embora o PPAP esteja institucionalizado, sua aplicação parcial e, por vezes, pouco compreendida por alguns gestores dos projetos, gera inconsistências nos resultados das validações. Vieira (2007) reforça que a ausência de um fluxo padronizado e de diretrizes objetivas acarreta atrasos, duplicidade de esforços e decisões técnicas mal fundamentadas, afetando negativamente a eficiência dos processos internos.

Nesse contexto, a filosofia Zero Defeitos, proposta por Philip Crosby, torna-se especialmente relevante. Crosby defende que a qualidade significa conformidade com os requisitos e que o objetivo deve ser a prevenção de falhas, não sua correção (Silva, 2023). A abordagem de Crosby está alinhada à Gestão da Qualidade Total (TQM), que visa a melhoria contínua com o envolvimento de todos os colaboradores, buscando excelência em todos os níveis da organização.

Logo, a proposta deste trabalho contribui para alinhar o sistema de validação de mudanças aos princípios do WCM, fortalecendo confiabilidade e a eficiência dos processos internos, e se justifica pela necessidade de estabelecer uma estrutura mais funcional e orientada à realidade prática da fábrica.

## 1.2 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é propor a estruturação e implementação de um sistema de validação de mudanças internas de produto e processo, com base na metodologia PPAP, visando à padronização documental, definição de fluxo e melhoria da eficácia das validações em uma empresa fabricante de baterias automotivas. Espera-se que a redefinição do fluxo, aliada à capacitação das equipes, reduza erros internos, aumente a produtividade e otimize os recursos, em consonância com os princípios de melhoria contínua e trabalho em equipe destacados por Deming (Silva, 2023).

## 1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos, descritos da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução: apresenta o contexto geral da pesquisa, abordando a motivação do estudo, a justificativa e os objetivos geral e específicos;

- Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: reúne conceitos teóricos relacionados ao gerenciamento da qualidade, Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP), principais elementos da metodologia PPAP, bem como estudos de caso que abordam a aplicação dessa ferramenta no desenvolvimento de produtos;
- Capítulo 3 – Metodologia: descreve os procedimentos adotados para a criação do fluxo de trabalho e para a elaboração dos requisitos da metodologia PPAP, com a apresentação das etapas metodológicas do estudo;
- Capítulo 4 – Aplicação e Discussão dos Resultados: apresenta a implantação prática do método proposto para a estruturação do PPAP, bem como a análise crítica dos resultados obtidos;
- Capítulo 5 – Considerações Finais: apresenta as conclusões do estudo, destacando as contribuições alcançadas, as limitações enfrentadas e sugestões para futuros trabalhos.

Ao final, são listadas as Referências Bibliográficas utilizadas como base teórica e suporte para o desenvolvimento deste trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

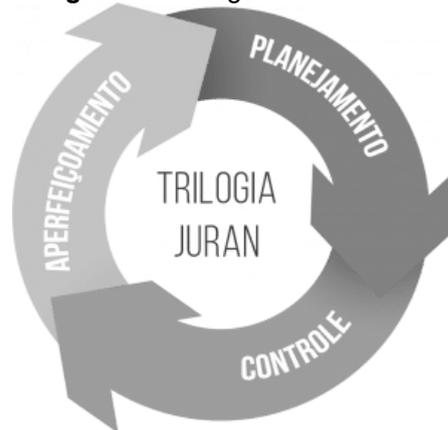
Neste capítulo, serão apresentados os principais fundamentos teóricos que embasam a condução metodológica deste trabalho. A abordagem contempla os conceitos essenciais relacionados à gestão da qualidade e às ferramentas aplicadas no contexto industrial, com ênfase nas normas e certificações exigidas no setor automotivo. Serão exploradas também as diretrizes do Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP) e do Processo de Aprovação de Peça de Produção (PPAP), considerando sua relevância para a padronização e validação de mudanças internas de produto e processo.

### 2.1 Gestão da qualidade

A gestão da qualidade é um dos pilares fundamentais para a competitividade e sustentabilidade das organizações, especialmente na indústria automotiva. Trata-se de um conjunto de práticas e princípios que visam garantir que os produtos e processos atendam, de forma consistente, aos requisitos e expectativas dos clientes, promovendo a melhoria contínua.

Segundo Juran (1992), a qualidade pode ser compreendida como a adequação ao uso, ou seja, a capacidade de um produto ou serviço em atender plenamente às necessidades dos clientes, considerando aspectos como desempenho, confiabilidade, durabilidade, segurança e conformidade com as especificações técnicas. Para o autor, um item pode estar dentro dos padrões técnicos estabelecidos, mas ainda assim não satisfazer o cliente, o que compromete sua qualidade.

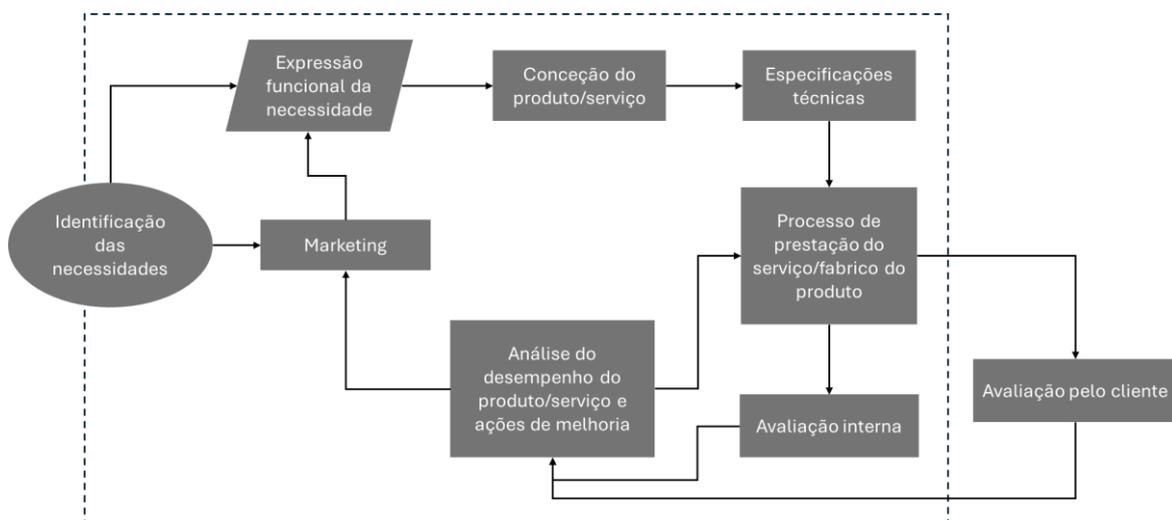
Além disso, Juran entende a qualidade como resultado de um processo gerencial estruturado, que deve ser planejado, controlado e continuamente aperfeiçoado. Essa visão é consolidada na chamada Trilogia da Qualidade, composta pelas etapas de planejamento da qualidade, controle da qualidade e aperfeiçoamento da qualidade. O planejamento visa identificar os clientes, compreender suas necessidades e desenvolver produtos e processos que atendam a essas exigências. O controle busca monitorar o desempenho em relação aos padrões estabelecidos e corrigir desvios. Já o aperfeiçoamento é voltado para a eliminação de causas crônicas de falhas e a promoção da evolução contínua dos processos.

**Figura 1 – Trilogia da Qualidade**

Fonte: Adaptado de *Blog da Qualidade* (2019)

Já Crosby (1979) definiu qualidade como “conformidade com os requisitos” e destacou que a prevenção de defeitos é mais eficaz e econômica do que a inspeção e correção após a ocorrência. Em sua abordagem, destacou os “quatorze passos para a melhoria da qualidade” e defendeu que a qualidade não tem custo, pois o custo real está na não qualidade, como retrabalho, desperdício e insatisfação do cliente.

A Figura 2 apresenta o Ciclo da Qualidade, que evidencia as etapas fundamentais do processo de desenvolvimento e entrega de um produto ou serviço com foco na satisfação dos stakeholders. Esse ciclo reforça a importância de garantir a qualidade em todas as fases — desde a identificação das necessidades do cliente até a avaliação pós-entrega, sendo fortemente alinhado aos princípios da metodologia PPAP (*Production Part Approval Process*).

**Figura 2 – “O Ciclo da Qualidade”**

Fonte: Adaptado de Pires, A.R. (2007). *Qualidade, Sistemas de Gestão da Qualidade*. Edições Sílabo, 3ª ed., 26.

Segundo Paladini (2012), a gestão da qualidade depende da aplicação disciplinada de métodos e técnicas que possibilitem compreender as causas dos problemas e estabelecer soluções sustentáveis, assegurando a melhoria contínua nos processos. Nesse contexto, ferramentas como os 5 porquês e o 5G assumem papel fundamental. Enquanto os 5 porquês auxiliam na identificação da causa raiz das falhas, evitando que os problemas se repitam, o 5G orienta a análise prática da situação no local de ocorrência, com base em dados reais. Ambas as ferramentas fortalecem a padronização e a eficácia do sistema, contribuindo para decisões mais assertivas e para a redução de desperdícios, em consonância com os princípios do WCM.

Conforme destacado por Kumar et al. (2024), o PPAP é uma das ferramentas fundamentais do Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP) e contribui diretamente para a redução de variações nos processos, padronização da produção, melhoria contínua da qualidade e aumento da confiança do cliente. Sua implementação permite que mudanças de produto ou processo sejam validadas de forma estruturada, garantindo que a produção em série seja capaz de manter os padrões de qualidade esperados ao longo do ciclo de vida do produto. Assim, o PPAP estabelece uma ponte entre o desenvolvimento e a produção, promovendo a conformidade sistemática desde a fase de planejamento até a entrega ao cliente final.

## 2.2 Normas e certificações de qualidade no setor automotivo

As normas e certificações são fundamentais nos sistemas de gestão da qualidade, elas padronizam processos, garantem conformidade legal e asseguram o atendimento às exigências dos clientes (Gonzalez & Martins, 2007). Além disso, também são vistas como exigências estratégicas dos clientes para aumentar a qualificação técnica dos fornecedores e garantir melhores resultados operacionais.

A norma ISO 9001, amplamente adotada em diferentes segmentos industriais, estabelece os requisitos para um sistema de gestão da qualidade com foco na melhoria contínua, na satisfação do cliente e na padronização dos processos. Embora seja genérica, ela é a base para outras normas mais específicas, como a IATF 16949, voltada exclusivamente à cadeia automotiva global. Conforme Laskurain-Iturbe et al. (2020), a ISO 9001 representa um ponto de partida para a gestão da qualidade, mas carece de mecanismos mais robustos voltados à prevenção de falhas e controle de mudanças, essenciais em ambientes industriais complexos.

A IATF 16949:2016, elaborada pela *International Automotive Task Force*, integra os requisitos da ISO 9001 com exigências adicionais específicas da indústria automotiva. Entre seus pilares estão o foco em prevenção de defeitos, redução de variabilidade e desperdícios, rastreabilidade, controle de mudanças e desenvolvimento de fornecedores. Essa norma exige, por exemplo, a aplicação do APQP, FMEA, MSA, SPC e PPAP como ferramentas obrigatórias de gestão da qualidade. De acordo com Kumar et al. (2024), essas ferramentas promovem uma abordagem sistemática para antecipação de falhas, monitoramento estatístico dos processos e validação técnica da produção, contribuindo para maior previsibilidade e estabilidade operacional.

Além das normas, existem manuais técnicos elaborados por entidades como o AIAG (*Automotive Industry Action Group*) e o VDA (*Verband der Automobilindustrie*), que padronizam metodologias de validação e controle. A convergência desses padrões, como evidenciado na publicação conjunta do manual PPAP VDA-AIAG 4ª edição, fortalece a uniformização das exigências entre montadoras de diferentes regiões. Segundo Müller et al. (2021), a harmonização entre os requisitos do VDA e do AIAG não apenas facilita o intercâmbio global de componentes e fornecedores, como também contribui para a maturidade do sistema de gestão da qualidade das organizações envolvidas.

Dessa forma, a aplicação das normas e certificações, como a IATF 16949, são úteis para garantir a competitividade e a conformidade técnica das empresas automotivas, sendo consideradas, inclusive, um pré-requisito para atuação nesse mercado (El Affaki et al., 2025). Elas contribuem significativamente para o alinhamento estratégico, a melhoria contínua e o controle de mudanças internas em produtos e processos, elementos essenciais para alcançar a excelência operacional, uma vez que exigem um sistema de gestão da qualidade robusto.

### 2.3 Planejamento avançado da qualidade do produto (APQP)

O Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP) surgiu como uma exigência do setor automotivo norte-americano, inicialmente desenvolvido pelas montadoras *Ford*, *General Motors* e *Chrysler* nos anos 1980. Com o passar do tempo, foi padronizado pelo AIAG (*Automotive Industry Action Group*) e tornou-se uma das ferramentas mais relevantes para garantir o atendimento aos requisitos do cliente desde a concepção do produto até sua produção em série. Em 2024, foi publicada a

3ª edição do manual APQP, refletindo atualizações significativas frente às novas demandas industriais, como maior ênfase em mitigação de riscos, gestão por etapas (*stage-gate*), rastreabilidade e indicadores de desempenho (AIAG, 2024).

De acordo com Campos (1992), o planejamento da qualidade é uma função estratégica que deve ser abordada com rigor técnico e participação integrada de diferentes áreas organizacionais. Para Juran (1990), o planejamento eficaz reduz retrabalho e assegura a satisfação do cliente a partir da prevenção de falhas.

A 3ª edição do APQP manteve a estrutura básica de cinco fases, agora com maior clareza nos entregáveis e *checkpoints (gates)* de controle:

1. Planejamento e definição do programa – envolve o entendimento das necessidades do cliente, análise de riscos iniciais, formação da equipe e definição de cronogramas;
2. Projeto e desenvolvimento do produto – abrange atividades como FMEA de projeto, prototipagem e validação técnica do design;
3. Projeto e desenvolvimento do processo – estrutura o processo de manufatura com foco em robustez, definição de layouts, FMEA de processo e plano de controle;
4. Validação do produto e processo – inclui testes de produção piloto, ensaios laboratoriais, medições de capacidade e elaboração do PPAP;
5. Feedback, avaliação e ações corretivas – contempla o monitoramento da produção inicial, coleta de dados e implementação de melhorias contínuas com base em indicadores.

Essas fases são interligadas por *gates* que funcionam como marcos decisórios, exigindo a validação formal de cada etapa. Isso permite maior controle do progresso do projeto, rastreabilidade e mitigação de riscos. Segundo Slack et al. (2009), a integração entre Engenharia, Qualidade, Produção e Suprimentos desde a concepção do produto é essencial para garantir eficácia no lançamento e redução de custos operacionais.

A adoção adequada do APQP permite que as empresas antecipem riscos, padronizem as práticas de desenvolvimento e garantam maior robustez técnica nas entregas ao cliente. Essa abordagem é bastante adequada em ambientes industriais

complexos, como o setor de acumuladores de energia, onde o controle rigoroso das mudanças internas é essencial.

#### 2.4 Processo de aprovação de peça de produção

A adoção de um sistema de validação estruturado é importante para garantir a eficácia das mudanças internas em produtos e processos, especialmente em setores de alta exigência como o automotivo.

A norma IATF 16949, aplicada à indústria automotiva, exige práticas rigorosas de controle e validação de processos, as quais são amplamente respaldadas pela metodologia PPAP (*Production Part Approval Process*). Segundo Kumar, Parshad e Pardeep (2024), o PPAP tem o objetivo de assegurar que o fornecedor compreenda plenamente as especificações de engenharia do cliente e que o processo de produção seja capaz de fabricar produtos que atendam consistentemente a esses requisitos. Essa padronização permite maior confiabilidade nos processos e reduz a variabilidade na produção, sendo essencial para ambientes industriais que buscam excelência operacional.

Ainda de acordo com os autores, a aplicação do PPAP não se limita à homologação de novos produtos, mas também se estende a qualquer alteração significativa em métodos de produção, o que o torna uma ferramenta fundamental na gestão e validação de mudanças internas (Kumar et al., 2024). Este aspecto é especialmente relevante no contexto de fabricantes de baterias automotivas em que a robustez do processo influencia diretamente a segurança e o desempenho dos produtos.

Segundo Silva (2017), o PPAP funciona como uma ferramenta de verificação formal que permite a transição entre o desenvolvimento do produto e o início da produção regular, documentando tecnicamente a conformidade do processo produtivo e assegurando a rastreabilidade de alterações.

A padronização do PPAP foi estabelecida pelo AIAG (*Automotive Industry Action Group*) e consolidada em sua 4ª edição em conjunto com o VDA, incorporando práticas comuns entre montadoras norte-americanas e europeias. A estrutura documental exigida para a submissão varia conforme o nível acordado com o cliente, sendo o nível 3 o mais frequente. Independentemente disso, há um conjunto mínimo de evidências obrigatórias para garantir a robustez do processo.

Dentre os documentos mais relevantes que compõem o dossiê PPAP, destacam-se:

- Registro de Projeto: documentação técnica que descreve todas as características do produto a ser fabricado. Conforme a norma IATF 16949, a existência de registros técnicos completos e atualizados é essencial para garantir a rastreabilidade e a conformidade dos produtos com os requisitos dos clientes (Laskurain-Iturbe et al., 2020).
- Documentos de Alteração de Engenharia: alterações de engenharia que impactam a versão do produto aprovado. Segundo o AIAG (2020), qualquer modificação de projeto deve ser formalmente documentada e validada antes da implementação, como parte integrante da gestão de mudanças técnicas.
- DFMEA e PFMEA: ferramentas de análise de modos de falha aplicadas ao projeto e ao processo produtivo. Essas ferramentas são exigidas pela IATF 16949 como parte do planejamento avançado da qualidade (APQP), com o objetivo de antecipar falhas potenciais e propor ações preventivas (Kumar et al., 2024).
- Diagrama de Fluxo de Processo: representação gráfica do fluxo de processo, evidenciando as etapas críticas. O fluxo de processo é um requisito do PPAP e deve refletir com precisão as operações reais de manufatura, contribuindo para a compreensão e o controle do processo (AIAG, 2020).
- Plano de Controle: plano de controle que define os parâmetros de inspeção e monitoramento do processo. Conforme estabelecido no Manual PPAP (AIAG, 2020), o plano de controle documenta as características especiais, métodos de medição e frequência de monitoramento, servindo como guia de controle sistemático da produção.
- MSA (Análise de Sistema de Medição): estudo de confiabilidade dos sistemas de medição, como repetibilidade e reprodutibilidade. A norma IATF 16949 requer que os sistemas de medição sejam avaliados quanto à sua precisão e consistência para garantir a validade dos dados coletados (Laskurain-Iturbe et al., 2020).
- Resultados dimensionais e funcionais: evidenciam o atendimento aos critérios de projeto e desempenho. Esses resultados fazem parte do pacote de submissão do PPAP e devem demonstrar que as peças produzidas atendem às especificações técnicas estabelecidas (Kumar et al., 2024).

- Estudos de Capabilidade de Processo (Cp, Cpk): comprovam a estabilidade estatística da produção. A análise de capabilidade é um requisito fundamental para validar se o processo é capaz de produzir consistentemente dentro das tolerâncias especificadas (AIAG, 2020).
- Certificado de Submissão de Peça (PSW - Part Submission Warrant): documento-síntese que formaliza a submissão e a responsabilidade técnica do fornecedor. Este certificado resume todos os elementos do PPAP e declara que os requisitos foram atendidos, sendo uma exigência formal no âmbito da IATF 16949 (Laskurain-Iturbe et al., 2020).

Silva (2017) ressalta que a utilização eficaz do PPAP não apenas assegura conformidade documental, mas também melhora a comunicação entre as áreas envolvidas (engenharia, qualidade, produção e clientes) e contribui para a prevenção de falhas ainda nas fases iniciais de desenvolvimento. Além disso, sua correta aplicação reduz retrabalhos, custos com não conformidades e falhas em campo.

No contexto da indústria de acumuladores de energia, em que alterações internas de processo e produto ocorrem com frequência, a aplicação sistemática do PPAP representa uma estratégia fundamental para garantir que cada mudança seja aprovada com base em critérios técnicos sólidos e evidências objetivas de conformidade e desempenho.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo, são descritos os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento deste trabalho, cujo objetivo é propor a estruturação e implementação de um sistema mais eficaz de validação de mudanças internas de produto e processo, baseado na metodologia PPAP, em uma empresa do setor automotivo. A abordagem metodológica foi delineada com foco na resolução prática dos problemas observados na aplicação atual da ferramenta, buscando maior padronização, clareza e eficiência no processo de aprovação.

#### 3.1 Classificação da pesquisa

Neste trabalho, adotou-se uma abordagem metodológica aplicada, de natureza qualitativa e com caráter descritivo-exploratório, voltada à proposição de melhorias no sistema de validação de mudanças internas de produto e processo em uma fábrica de acumuladores de energia. A pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimentos voltados à solução de problemas específicos, visando à aplicação prática dos resultados no ambiente estudado (Gil, 2010). A abordagem qualitativa, por sua vez, busca compreender fenômenos a partir da perspectiva dos participantes, valorizando o contexto em que ocorrem e permitindo uma análise aprofundada das percepções, experiências e interações envolvidas (Minayo, 2014). Os estudos descritivos-exploratórios permitem o mapeamento e detalhamento de fenômenos pouco compreendidos, além disso, favorece o levantamento de hipóteses e identificação de padrões que orientem a formulação de soluções (Vergara, 2016).

A investigação teve início com a análise dos impactos causados por mudanças mal executadas na organização em estudo, as quais resultaram em aumento de custos, retrabalho, perda de produtividade e falhas de comunicação entre áreas técnicas. Para embasar a proposta de reestruturação, foi realizado um levantamento documental, com análise de registros de validações anteriores e de ocorrências de não conformidades. Além disso, foram conduzidas entrevistas com colaboradores das áreas de Qualidade, Central de Projetos, Gestão de Fornecedores, Engenharia de Produto, Engenharia de Processo e Manufatura, com o objetivo de compreender os entraves no uso da metodologia PPAP e identificar os principais pontos críticos do fluxo atual.

Dessa forma, a pesquisa configura-se como um estudo de caso, o qual, segundo Yin (2015), é uma estratégia apropriada para investigar um fenômeno dentro de seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Essa abordagem permitiu uma compreensão detalhada da realidade da organização, a identificação de falhas no processo de validação e o desenvolvimento de uma proposta prática, adaptada às necessidades específicas da empresa.

### 3.2 Procedimentos metodológicos

A metodologia adotada neste estudo está alinhada com os princípios da melhoria contínua e da gestão da qualidade automotiva, conforme preconizado pela norma IATF 16949:2016.

A primeira etapa metodológica consistiu na identificação do problema, por meio da análise de registros históricos de mudanças previamente validadas que resultaram em impactos negativos, como retrabalhos, atrasos e falhas não detectadas. Essa abordagem está em consonância com o pensamento baseado em risco, introduzido pela ISO 9001:2015 e reforçado pela IATF 16949:2016, que enfatiza a prevenção de defeitos e a análise crítica de processos (IATF, 2016).

Em seguida, foi realizada a coleta de dados primários, por meio de entrevistas semiestruturadas com profissionais diretamente envolvidos na validação de mudanças. Essa etapa permitiu compreender o grau de domínio técnico sobre os documentos exigidos pelo PPAP, como FMEA, plano de controle e estudos de capacidade.

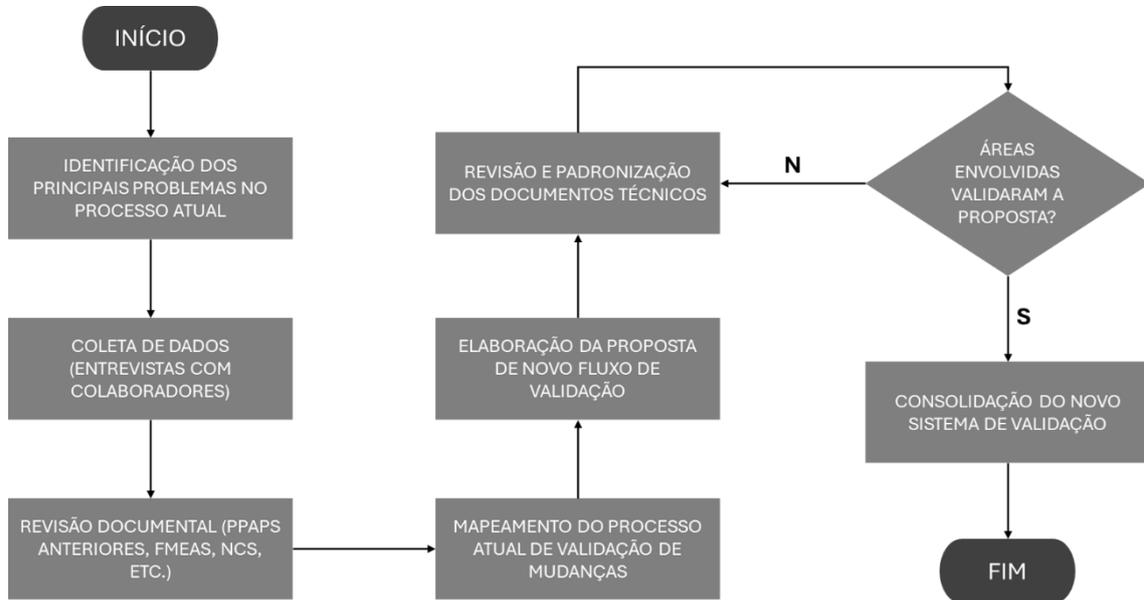
Paralelamente, foi conduzido um levantamento documental, envolvendo submissões anteriores e registros de não conformidades.

A etapa seguinte envolveu a modelagem e redesenho do fluxo de validação, com base nos requisitos do manual PPAP (AIAG, 2006). Foram definidos os responsáveis por cada etapa, prazos, pontos de controle e documentos de suporte. Essa abordagem está alinhada com o conceito de *Advanced Product Quality Planning (APQP)*, que visa garantir que todos os requisitos do cliente sejam atendidos desde o planejamento até a produção em série (APQP, 2008).

Por fim, o novo fluxo foi validado junto às áreas envolvidas, por meio de revisões colaborativas. Essa prática está em conformidade com o requisito de envolvimento

multidisciplinar previsto na IATF 16949:2016, que exige que todas as partes interessadas participem da definição de características especiais e da validação de processos (IATF, 2016)

**Figura 3 - Metodologia da pesquisa**



Fonte: Autoria própria

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 Caracterização da empresa

A indústria analisada neste estudo atua no segmento de fabricação de acumuladores de energia e se destaca como uma das principais referências do setor na América Latina. Com mais de 60 anos de atuação no mercado, a empresa conta com um corpo funcional superior a 3.000 colaboradores e diversas unidades fabris distribuídas pelo território brasileiro, além de uma planta internacional localizada na Argentina. Seu portfólio de produtos é amplo e diversificado, contemplando aplicações em setores como automotivo, ferroviário, naval, telecomunicações e sistemas estacionários.

Além de atender com robustez o mercado nacional, a companhia possui presença consolidada no mercado internacional, exportando seus produtos para diferentes países e adaptando suas soluções às exigências de cada cliente e segmento. Essa amplitude de atuação exige um elevado nível de controle dos processos produtivos, bem como agilidade e consistência na gestão de mudanças técnicas que possam afetar o desempenho e a confiabilidade dos produtos.

No contexto de um mercado altamente competitivo e regulado por padrões técnicos rigorosos, especialmente no setor automotivo, torna-se imprescindível garantir a eficácia das mudanças internas de produto e processo. Mudanças não validadas adequadamente podem acarretar prejuízos significativos, como retrabalho, aumento de custos, não conformidades técnicas, insatisfação do cliente e comprometimento da imagem da empresa.

Dessa forma, este trabalho surge da necessidade de estruturar um sistema que torne a validação mais eficaz, previsível e rastreável, contribuindo para a melhoria contínua dos processos e o fortalecimento da competitividade da empresa no cenário global.

### 4.2 Identificação do problema real

Embora a empresa possua um procedimento formal baseado na metodologia PPAP (*Production Part Approval Process*), conforme estabelecido pelo manual da AIAG (2006) e exigido pela norma IATF 16949:2016, observou-se que sua aplicação

prática apresenta lacunas significativas. A análise de projetos anteriores evidenciou falhas na padronização das etapas de validação, na clareza dos critérios técnicos e na definição dos documentos e testes necessários para a liberação de mudanças internas de produto e processo.

Segundo o manual PPAP (AIAG, 2006), o processo de aprovação deve assegurar que os requisitos de projeto e especificações do cliente sejam plenamente compreendidos e que o processo de manufatura seja capaz de produzir peças conformes de forma consistente. No entanto, a ausência de uma estrutura técnica consolidada compromete esse objetivo. Um dos principais fatores críticos identificados foi a inexistência de uma matriz padronizada de testes técnicos, capaz de orientar os gestores na seleção de evidências com base nos riscos apontados nos documentos DFMEA e PFMEA, ferramentas essenciais para a prevenção de falhas e a gestão de riscos (AIAG, 2008; Santos, 2021).

Sem esse suporte técnico, muitas validações ocorriam de forma subjetiva e incompleta, resultando em falhas não detectadas durante a Corrida Piloto, o que gerava impactos operacionais relevantes, como retrabalhos, desperdícios e atrasos na liberação de novos produtos. Essa situação contraria os princípios da metodologia 5G, que enfatiza a observação direta do processo, a análise objetiva dos dados e a tomada de decisão baseada em evidências concretas (Rossetti, 2024; Queiroz et al., 2018).

Além disso, constatou-se a ausência de uma plataforma digital estruturada e integrada para submissão, controle e rastreabilidade do processo de PPAP. A gestão era realizada por meio de ferramentas informais, como e-mails e planilhas avulsas, o que dificultava a fluidez entre as áreas envolvidas, comprometia o controle dos marcos decisórios e prejudicava a preservação do histórico técnico dos projetos. De acordo com Silva (2019), a digitalização dos processos é um dos pilares técnicos do modelo *World Class Manufacturing* (WCM), sendo essencial para garantir a confiabilidade e a eficiência operacional.

Diante dessas deficiências, torna-se evidente a necessidade de estruturar um sistema de validação mais robusto, automatizado e tecnicamente fundamentado, que contemple desde a solicitação da mudança até a emissão do PSW (*Part Submission Warrant*). Tal sistema deve garantir transparência, rastreabilidade e padronização,

promovendo maior alinhamento com os requisitos normativos e com as boas práticas da qualidade automotiva.

#### 4.3 Aplicação da metodologia 5G

Com o objetivo de identificar as causas das falhas recorrentes na validação de mudanças técnicas em projetos submetidos ao processo de aprovação de peças de produção (PPAP), foi aplicada a metodologia 5G. Essa abordagem é reconhecida por sua capacidade de promover a melhoria contínua por meio da análise direta e estruturada dos processos produtivos (Santos, 2021; Rossetti, 2024).

A metodologia 5G é composta por cinco princípios fundamentais que orientam a investigação da causa raiz dos problemas: Gemba, que consiste na observação direta do local onde o problema ocorre; Gembutsu, que envolve a análise do objeto ou produto afetado; Genjitsu, que examina as condições reais do processo; Genri, que avalia o alinhamento entre a prática e os requisitos técnicos e normativos; e Gensoku, que verifica a conformidade com os procedimentos estabelecidos (Queiroz et al., 2018; Rossetti, 2024).

A aplicação dessa metodologia permite que a equipe técnica abandone suposições e tome decisões com base em dados concretos, obtidos por meio de observação direta e análise crítica do ambiente de produção. Segundo Rossetti (2024), o 5G promove uma abordagem prática e eficaz para a identificação de não conformidades, sendo especialmente útil em contextos industriais que exigem precisão, rastreabilidade e padronização.

A seguir, são descritos os cinco elementos da abordagem 5G, conforme estruturados por Santos (2021):

##### 4.3.1 Gemba (Local Real)

A análise foi conduzida diretamente nas áreas envolvidas nos processos de mudança técnica: Engenharia, Controle da Qualidade e Gestão de Projetos, na fábrica de acumuladores de energia. Observou-se que, apesar da existência de um procedimento formal baseado no PPAP, sua aplicação prática apresentava inconsistências. Foram identificados atrasos, retrabalho e ausência de padronização nas liberações, comprometendo a eficácia do processo.

#### 4.3.2 Genbutsu (Objeto Real)

Foram analisadas documentações reais de projetos anteriores, incluindo dossiês de PPAP. As evidências revelaram falhas como: ausência de testes funcionais críticos, rastreabilidade deficiente de alterações, documentação incompleta e, em alguns casos, ausência de aprovações formais em etapas essenciais como Corrida Piloto e PSW.

#### 4.3.3 Genjitsu (Fatos Reais)

A investigação dos fatos demonstrou que a ausência de um fluxo sistematizado e de uma matriz de testes técnicos levava à subjetividade na seleção de evidências. Cada gestor adotava critérios próprios, gerando variações entre projetos, insegurança na validação técnica e dificuldade de responsabilização em caso de falhas. A comunicação descentralizada, baseada em e-mails e planilhas não integradas, dificultava o controle e a rastreabilidade das informações.

#### 4.3.4 Genri (Princípios Fundamentais)

Ao comparar a prática observada com os princípios do APQP e do PPAP, foi-se constatado que o processo anterior não seguia integralmente os fundamentos técnicos esperados. Faltava a aplicação sistemática de conceitos como: prevenção de falhas, gestão do conhecimento técnico, integração interfuncional e uso de dados históricos para embasamento das decisões. A ausência desses princípios comprometia a robustez do processo de validação.

#### 4.3.5 Gensoku (Padrões ou Normas)

A análise revelou não conformidade com os requisitos da norma IATF 16949 e com as diretrizes da 4ª edição do manual PPAP AIAG-VDA. Elementos obrigatórios como plano de controle, DFMEA, PFMEA e resultados dimensionais eram frequentemente entregues de forma incompleta ou fora do prazo adequado. A inexistência de um sistema digital dificultava a auditoria e a conformidade documental com os padrões exigidos pelo setor automotivo.

**Figura 4** - Principais problemas identificados nas etapas do 5G

<b>Gemba</b> (Local Real)		Observação direta nas áreas envolvidas revelou atrasos, retrabalhos e falta de padronização, apesar da existência de um sistema formal.
<b>Genbutsu</b> (Objeto Real)		Documentos de projetos anteriores evidenciaram a ausência de testes críticos, rastreabilidade deficiente e aprovações incompletas.
<b>Genjitsu</b> (Fatos Reais)		A ausência de um fluxo estruturado e de uma matriz de testes gerava subjetividade e critérios de validações divergentes por gestor, ademais, a comunicação mantinha-se de forma descentralizada.
<b>Genri</b> (Princípios fundamentais)		O sistema implementado não seguia integralmente a norma APQP/PPAP, tendo em vista que foi-se constatado a ausência de práticas como prevenção de falhas e integração técnica.
<b>Gensoku</b> (Padrões ou Normas)		Não conformidade com a IATF16949, tendo em vista que foi-se identificado a presença de documentos incompletos em determinados projetos aprovados.

Fonte: Autoria própria

Logo, as falhas na validação de mudanças técnicas estavam diretamente relacionadas à falta de padronização, ausência de critérios técnicos claros, comunicação descentralizada e não utilização de ferramentas fundamentais da qualidade. A proposta de melhoria apresentada neste trabalho busca corrigir essas lacunas por meio da implementação de um sistema estruturado, com base em uma matriz de testes derivada dos documentos DFMEA e PFMEA.

#### 4.4 Análise dos 5 porquês

Com o intuito de aprofundar a identificação das causas que resultaram em falhas na validação de projetos anteriores à reestruturação do fluxo de PPAP, foi aplicada a técnica dos 5 Porquês, uma ferramenta de análise de causa raiz desenvolvida por Taiichi Ohno no contexto do Sistema Toyota de Produção. Essa metodologia consiste em formular sucessivas perguntas do tipo “por quê?”, com o objetivo de investigar de forma sistemática e progressiva os fatores que originaram o problema até alcançar sua causa primária (Ohno, 1997; Weiss, 2011). Embora tradicionalmente se utilize cinco iterações, o número de perguntas pode variar conforme a complexidade do problema, sendo ajustado até que não se identifiquem mais causas subjacentes (Weiss, 2011).

A aplicação da ferramenta dos 5 Porquês está alinhada aos princípios da norma IATF 16949:2016, que enfatiza a prevenção de falhas e a melhoria contínua por meio da identificação e eliminação de causas sistêmicas. Conforme Costa e Mendes (2018), essa metodologia se destaca pela simplicidade e profundidade, permitindo que

equipes multidisciplinares revelem causas estruturais não evidentes à primeira vista. Na análise realizada (Figura 5), foram priorizadas as duas principais causas identificadas como mais relevantes para o problema, direcionando os esforços corretivos de forma mais eficaz.

**Figura 5 - Análise dos 5 porquês**

Causa	1º PORQUÊ	2º PORQUÊ	3º PORQUÊ	4º PORQUÊ	5º PORQUÊ
Aprovação de PPAPs de projetos mal sucedidos	Aplicação prática do PPAP apresenta deficiências	O processo é fragmentado, depende da interpretação individual de cada gestor	Há falhas na padronização e falta de clareza nos critérios técnicos	Os documentos de análise de risco não são utilizados como base para definir critérios técnicos de mudança	Não existe uma matriz padronizada de testes técnicos que oriente os gestores na seleção de evidências
Falta de controle e padronização nas etapas de validação	As etapas formalmente definidas não eram plenamente seguidas	O processo era gerido manualmente e centralizado no gestor do PPAP	Não existe uma plataforma comunicada	A digitalização do processo não era prioridade	Não há sistema digital integrado para gestão dos PPAPs

Fonte: Autoria própria

Essas análises reforçam a necessidade da proposta implementada, com a criação da matriz de testes e a implantação do aplicativo desenvolvido no *Power Apps*, os quais solucionam diretamente as causas identificadas.

#### 4.5 Proposta desenvolvida para implementação

A ausência de um sistema integrado e automatizado para a submissão e validação das mudanças revela uma lacuna crítica no atendimento aos requisitos da IATF 16949. De acordo com Laskurain-Iturbe et al. (2020), a conformidade com esta norma exige não apenas a formalização documental, mas também a capacidade de comprovar, de forma objetiva, a eficácia das mudanças implementadas e sua rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva.

Para viabilizar a automatização do processo, foi desenvolvido um aplicativo no *Power Apps*, que centraliza todas as etapas do fluxo e permite o acompanhamento e a rastreabilidade das ações em tempo real. Essa ferramenta contribui para a redução do tempo de resposta, minimiza falhas de comunicação e promove maior transparência entre os setores envolvidos.

**Figura 6 - Tela inicial do aplicativo “Gestão de PPAP”**



Fonte: Autoria Própria

O aplicativo desenvolvido para gestão de mudanças internas de produto e processo conta com campos específicos que organizam e direcionam cada etapa da validação. Inicialmente, o gestor do projeto preenche informações como título, escopo, objetivo e ganhos esperados da mudança. Com base nessas informações, os representantes do Controle de Qualidade indicam os documentos obrigatórios para a realização da Corrida Piloto e definem o gestor responsável pelo PPAP.

O campo “Documentos” permite que os gestores visualizem os itens exigidos e façam o upload diretamente na plataforma, facilitando a análise pelo Controle de Qualidade. Após a validação documental, o campo “Comunicação da Corrida Piloto” é utilizado para solicitar o “de acordo” das áreas envolvidas, autorizando a execução da Corrida Piloto. Concluída essa etapa, o gestor do PPAP registra os resultados no campo “Relatório”, que é enviado para análise dos envolvidos. Caso aprovado, o campo “PSW” é utilizado para formalizar a solicitação de aprovação final junto ao Gerente da Planta e ao Gestor do Projeto.

Além do aplicativo, foi elaborada uma matriz de testes necessários para validação, construída em conjunto com o time de engenharia. Essa matriz orienta os gestores de PPAP, da área de Controle da Qualidade, na definição padronizada de quais documentos e ensaios são exigidos conforme o tipo de mudança proposta.

**Figura 7** - Exemplo genérico da matriz de testes

Logo da empresa	Cód. do documento	Matriz de Testes para Alterações de Produto e Processo - Baterias de Chumbo-Ácido										Ed. 01	mm/aa
CATEGORIA DE COMPONENTE	COMPONENTE	Teste X	Teste Y	Teste Z	Análise X	Análise Y	Análise Z	Ensaio X	Ensaio Y	Ensaio Z	Estudo X	Estudo Y	Estudo Z
CATEGORIA (AA) Materiais de base	Componente A	X	X			X							
	Componente B	X		X								X	
	Componente C							X					
CATEGORIA (A) Materiais que participam diretamente das reações básicas da bateria	Componente D	X						X			X		X
	Componente E	X	X		X								
	Componente F									X			X
	Componente G	X	X	X					X		X		
CATEGORIA (B) Materiais que dão suporte, limitam ou regulam as reações e funções básicas da bateria	Componente H	X	X								X		X
	Componente I	X	X			X		X					
	Componente J	X	X	X									
	Componente K	X	X								X		
	Componente L							X			X	X	
CATEGORIA (C) Materiais com participação estrutural ou acessória na função essencial da bateria ou sem participação na função, mas com impacto em característica de severidade alta	Componente M			X		X			X				X
	Componente N			X	X		X						
	Componente O												
	Componente P	X	X	X				X			X		X
	Componente Q					X			X	X			
	Componente R										X	X	X
CATEGORIA (D) Materiais sem participação na função essencial da bateria e sem impacto em característica de alta severidade	Componente S			X	X			X					
	Componente T	X											X
	Componente U			X					X				
	Componente V					X				X			X
	Componente W		X									X	
	Componente X							X					
Componente Y	X	X	X							X		X	

Fonte: Autoria Própria

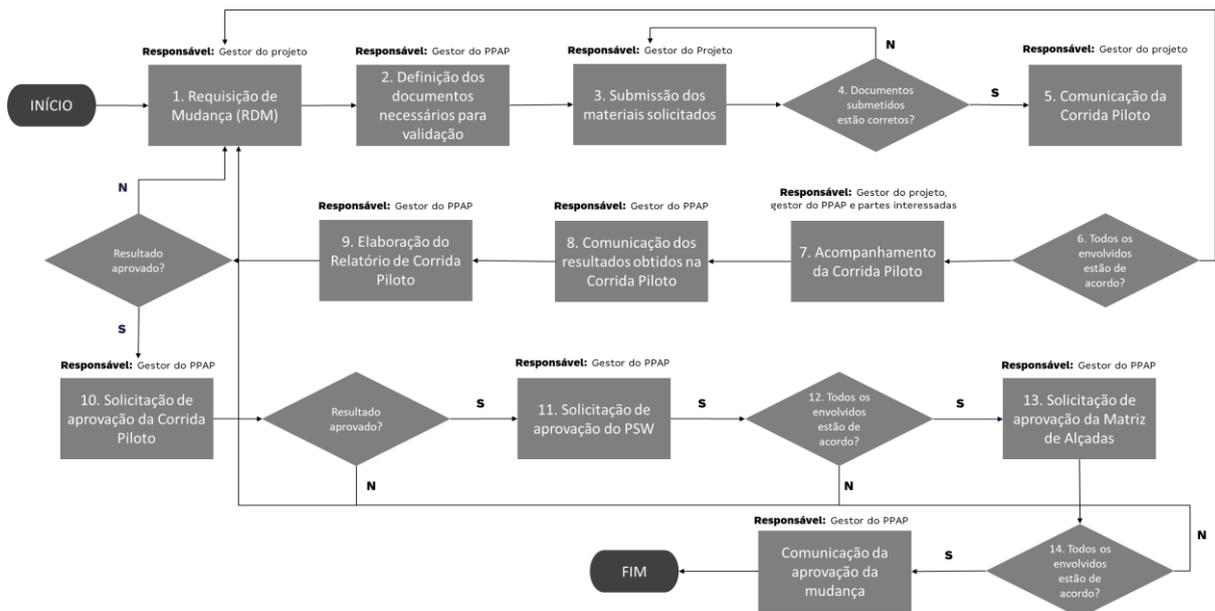
Dessa forma, garante-se que todas as evidências técnicas necessárias sejam solicitadas de forma coerente e padronizada, reduzindo o risco de omissões e reforçando a rastreabilidade do processo.

Segundo Gonçalves (2000), a modelagem eficaz de processos exige não apenas uma visão sistêmica das operações, mas também a participação ativa dos agentes diretamente envolvidos nas atividades e a realização de uma análise crítica dos fluxos já existentes. Com base nessa abordagem, foram promovidas reuniões técnicas multidisciplinares, reunindo profissionais das áreas de Qualidade, Central de Projetos, Gestão de Fornecedores, Engenharia de Produto, Engenharia de Processo e Manufatura. Para viabilizar a construção coletiva de soluções, foi aplicado o método brainstorming, técnica amplamente utilizada no âmbito da engenharia de produção por estimular o pensamento criativo e colaborativo na resolução de problemas (SLACK et al., 2009). Nesse contexto, foram discutidas e avaliadas diversas possibilidades, com foco em alinhar os objetivos estratégicos da organização às expectativas dos stakeholders internos e externos. Como resultado desse processo, foi desenvolvido um novo fluxo de validação de mudanças internas de produto e processo, composto por 14 etapas sequenciais, organizadas de forma lógica, padronizada e alinhada às diretrizes da metodologia PPAP (Production Part Approval Process), conforme orientações do AIAG (2006):

1. Requisição de mudança: o gestor do projeto realiza a solicitação via aplicativo, indicando escopo, objetivos e resultados esperados.
2. Definição dos documentos necessários para validação: o gestor do PPAP utiliza a matriz de testes para definir os documentos e evidências cabíveis.
3. Submissão dos materiais solicitados: o gestor do projeto insere os materiais solicitados na plataforma.
4. Avaliação dos documentos: o gestor do PPAP verifica a conformidade dos materiais submetidos.
  - Aprovado: segue-se para a próxima etapa;
  - Reprovado: retorno ao gestor do projeto para ajustes.
5. Comunicação da Corrida Piloto: preenchimento do formulário e definição dos aprovadores por área.
6. Avaliação da Corrida Piloto: análise de viabilidade pelos aprovadores. ○ Aprovado por todos: segue-se; ○ Reprovado por qualquer um: retorno ao gestor do projeto.
7. Acompanhamento da Corrida Piloto: realizado em conjunto entre gestor de PPAP, gestor do projeto e demais áreas envolvidas. Essa etapa é crucial para coleta de evidências sobre o comportamento da mudança na prática, incluindo desempenho de processo, parâmetros críticos, e eventuais desvios.
8. Comunicação dos Resultados: a partir desta etapa, o gestor do PPAP assume a condução completa do processo, emitindo um OPR (One Page Report) com os principais resultados obtidos na Corrida Piloto. Este relatório é encaminhado por e-mail a todos os stakeholders envolvidos, garantindo ampla visibilidade dos dados.
9. Elaboração do Relatório de Corrida Piloto: o gestor do PPAP consolida as informações coletadas, define o status da validação (aprovado, aprovado com ressalvas ou reprovado) e atribui responsáveis por eventuais pendências.
10. Avaliação do Relatório de Corrida Piloto: os aprovadores definidos previamente analisam o conteúdo e decidem sobre o prosseguimento da mudança.

11. Emissão do PSW (Part Submission Warrant): sendo todas as etapas anteriores aprovadas, o gestor do PPAP elabora e emite o PSW, documento que formaliza a submissão da mudança para produção regular.
12. Avaliação do PSW: os aprovadores revisam tecnicamente tanto o PSW quanto o Relatório de Corrida Piloto para validar ou reprová-la.
13. Solicitação de aprovação conforme Matriz de Alçadas: o gestor do PPAP verifica os responsáveis conforme a norma interna que determina os níveis hierárquicos que podem aprovar a alteração ao final do fluxo.
14. Avaliação final da mudança: etapa de decisão definitiva, com base nos documentos gerados e evidências coletadas. Caso aprovado, a mudança é liberada para produção. Se reprovado, o processo é reiniciado com os ajustes necessários.

**Figura 8 - Fluxo de Validação de Mudanças Internas proposto para a empresa em estudo**



Fonte: Autoria própria

A implementação dessa proposta visa mitigar os principais problemas identificados no sistema anterior, como retrabalhos, falhas de rastreabilidade, ausência de padronização e atrasos na liberação de projetos. Parte essencial da melhoria proposta foi a criação de uma matriz de testes técnicos, elaborada com base no mapeamento dos riscos identificados nos documentos PFMEA (Process Failure Mode and Effects Analysis) e DFMEA (Design Failure Mode and Effects Analysis)

vigentes na empresa. Essa matriz foi desenvolvida em conjunto com o time de engenharia e passou por validação cruzada com o setor de Controle da Qualidade.

O objetivo desse material é proporcionar aos gestores de PPAP um guia técnico padronizado que relacione o tipo de mudança (produto, processo, fornecedor, layout, matéria-prima, entre outros) com os testes obrigatórios ou recomendados para cada caso. Os testes foram selecionados considerando os modos de falha com maior criticidade e impacto nos requisitos funcionais e de segurança do produto. Dessa forma, a matriz atua como um elemento de prevenção e de controle proativo, alinhado aos princípios da qualidade avançada.

Ao utilizar esse recurso, o gestor do PPAP ganha respaldo técnico para cobrar evidências completas durante a validação e reduz o risco de aprovações com base em análises subjetivas ou incompletas. Isso também facilita a auditoria do processo e a rastreabilidade das decisões técnicas tomadas em cada submissão.

Com o uso do aplicativo e da matriz técnica, o processo se torna mais ágil, confiável e transparente, fortalecendo a gestão da qualidade e promovendo maior segurança e previsibilidade nos lançamentos de novos produtos e processos. Além disso, a condução centralizada das etapas por um gestor de PPAP a partir da Corrida Piloto garante maior controle técnico sobre as decisões, promovendo responsabilização clara e integração entre as áreas técnicas envolvidas, ausência de padronização e atrasos na liberação de projetos. Com o uso do aplicativo e da matriz técnica, o processo se torna mais ágil, confiável e transparente, fortalecendo a gestão da qualidade e promovendo maior segurança e previsibilidade nos lançamentos de novos produtos e processos. Além disso, a condução centralizada das etapas por um gestor de PPAP a partir da Corrida Piloto garante maior controle técnico sobre as decisões, promovendo responsabilização clara e integração entre as áreas técnicas envolvidas.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo propor a estruturação e implementação de um sistema de validação de mudanças internas de produto e processo, com base na metodologia PPAP, em uma empresa fabricante de acumuladores de energia. A proposta surgiu da necessidade de corrigir falhas recorrentes no processo de aprovação de projetos, como retrabalhos, ausência de padronização, atrasos, falhas de rastreabilidade e subjetividade nas decisões técnicas.

A partir da análise do cenário atual da empresa e da aplicação das ferramentas da qualidade, como a metodologia 5G e os 5 Porquês, foi possível identificar as causas principais dos problemas enfrentados, como a inexistência de uma matriz técnica estruturada para definição de testes e a ausência de uma plataforma digital que organizasse e integrasse as etapas do processo de validação. Com base nesses levantamentos, foi desenvolvida uma proposta prática composta por três pilares principais: a elaboração de uma matriz de testes técnicos baseada nos riscos identificados nos documentos DFMEA e PFMEA, o desenvolvimento de um aplicativo no Power Apps para gerenciamento digital do fluxo de validação, e a reformulação completa do fluxo operacional, distribuído em 14 etapas e com responsabilização clara para cada fase.

A implementação da proposta demonstrou-se eficaz em solucionar os principais pontos de falha, ao promover maior padronização, rastreabilidade, agilidade e confiabilidade na validação de mudanças. A matriz técnica permite decisões mais fundamentadas e transparentes, enquanto a digitalização do processo reduziu significativamente o uso de meios informais e a possibilidade de perda de informações. A centralização da condução do fluxo nas mãos do gestor de PPAP a partir da Corrida Piloto também fortaleceu o controle técnico e a integração entre as áreas envolvidas.

### 5.1 Contribuições do estudo

Este trabalho contribui tanto para o aprimoramento dos processos internos da empresa quanto para o campo acadêmico da Engenharia de Produção, ao apresentar uma aplicação prática da metodologia PPAP adaptada à realidade de uma indústria brasileira de grande porte. O estudo também reforça a importância da análise crítica dos sistemas já institucionalizados, pois mesmo ferramentas consagradas podem

apresentar lacunas quando não aplicadas com os devidos ajustes ao contexto operacional.

## 5.2 Limitações

Como limitação, destaca-se que o trabalho foi aplicado a um único polo industrial da organização, não abrangendo diretamente outras unidades da empresa. Além disso, embora tenha sido validado em conjunto com representantes de diversas áreas técnicas, o novo sistema ainda deverá passar por um ciclo completo de uso em larga escala para avaliação quantitativa de indicadores como tempo de aprovação, número de retrabalhos evitados e índice de reprovação.

## 5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Como continuidade a este estudo, recomenda-se que futuras pesquisas avaliem o desempenho do novo fluxo após sua consolidação e comparem os resultados com o modelo anterior, com base em indicadores específicos de qualidade e produtividade. Também seria relevante explorar a possibilidade de integração do sistema com outras ferramentas corporativas, como o ERP da empresa, e ampliar a análise para outras unidades fabris do grupo.

## REFERÊNCIAS

- AIAG – Automotive Industry Action Group. *Production Part Approval Process (PPAP)*. 4. ed. Southfield, Michigan: AIAG, 2006.
- AIAG – Automotive Industry Action Group. *Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan*. 3. ed. Southfield, Michigan: AIAG, 2024.
- AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. de. *Implantação de sistemas de gestão da qualidade: estudo de casos em empresas do setor de autopeças*. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 115–128, jan./abr. 2006.
- CAMPOS, V. F. *TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. 9. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- CHASE, Richard; AQUILANO, Nicholas J.; D'ESPINEY, Sérgio. *Gestão da produção e das operações: perspectiva do ciclo de vida*. 1995.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro et al. *Gestão da qualidade*. EDa Atlas SA, 2012.
- COSTA, T. B. S.; MENDES, M. A. *Análise da causa raiz: utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura*. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 10., 2018, São Cristóvão, SE. Anais [...]. São Cristóvão, SE, 2018. p. 1 - 11.
- EL AFFAKI, Oumaima; BENHADOU, Mariam; HADDOUT, Abdellah. *Operational Excellence supported by Lean Management Tools, IATF 16949 Automotive Standard, and Industry 4.0 Pillars: Evidence from Automotive Companies in Morocco*. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, v. 15, n. 3, p. 22718–22724, 2025.
- GONÇALVES, José Ernesto Lima. *As empresas são grandes coleções de processos*. São Paulo: Atlas, 2000.
- GONZALEZ, M. E. Q.; MARTINS, R. A. *Certificação ISO 9001: estudo exploratório sobre impactos na competitividade de empresas brasileiras*. *Revista Gestão & Produção*, v. 14, n. 3, p. 481–493, 2007.
- IATF. *IATF 16949:2016 – Quality Management System Requirements*. International Automotive Task Force, 2016.

JURAN, J. M. *Juran na Liderança pela Qualidade: uma visão para executivos*. São Paulo: Pioneira, 1990.

KUMAR, R.; PARSHAD, H.; PARDEEP. *An overview of Production Part Approval Process in automotive manufacturing industry*. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 2024.

LASKURAIN-ITURBE, I.; ARANA-LANDÍN, G.; HERAS-SAIZARBITORIA, I.; BOIRAL, O. *How does IATF 16949 add value to ISO 9001? An empirical study*. Total Quality Management & Business Excellence, 2020.

MELO, T. F. *Adequação das ferramentas essenciais para a qualidade automotiva na IATF 16949 e nos requisitos específicos das montadoras*. UFSC, 2017.

MÜLLER, A.; RICHTER, A.; MÜLLER, C. *Harmonized PPAP standards in the global automotive industry: the role of VDA and AIAG convergence*. Journal of Automotive Quality Systems, 2021.

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

PALADINI, Edson C. *Gestão da Qualidade: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

QUEIROZ, A. B.; OLIVEIRA, L. B. *A Ferramenta Kaizen na Solução de Problemas em uma Indústria Automobilística*. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 2018.

ROCHA, H. M.; SALERNO, M. S. *Gestão da qualidade em ambientes de produção enxuta: práticas e resultados*. Revista Produção Online, 2014.

ROSSETTI, G. *Conheça a Ferramenta 5G e sua Importância na Melhoria Contínua*. Voitto, 2024.

SANTOS, E. M. *Análise de Aplicação do Método 5G do WCM para Elevar a Performance em uma Indústria Cerâmica*. ENEGEP, 2021.

SILVA, J. F. M. *Otimização do processo de fabricação de estantes metálicas: estudo de caso da metodologia WCM*. 2019.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WEISS, A. E. *Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know*. Pearson Education Limited, 2011.