



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANA ISABELA FERREIRA MACIEL DE LIRA

**APLICAÇÃO DO BALANCEMANETO DE MÃO DE OBRA E PADRONIZAÇÃO
DO TRABALHO EM UMA LINHA DE ACABAMENTO DE BATERIAS
AUTOMOTIVAS**

Caruaru

2025

ANA ISABELA FERREIRA MACIEL DE LIRA

**APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DE MÃO DE OBRA E PADRONIZAÇÃO
DO TRABALHO EM UMA LINHA DE ACABAMENTO DE BATERIAS
AUTOMOTIVAS**

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 monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão de Processos

Orientador(a): Lucimário Gois de Oliveira Silva

Caruaru

2025

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

Lira, Ana Isabela Ferreira Maciel de.

Aplicação do balanceamento de mão de obra e padronização do trabalho em uma linha de acabamento de baterias automotivas / Ana Isabela Ferreira Maciel de Lira. - Caruaru, 2025.

52 : il., tab.

Orientador(a): Lucimário Gois de Oliveira Silva

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

Inclui referências.

1. Balanceamento de mão de obra. 2. Operação padronizada. 3. Eficiência geral da linha. 4. Desempenho operacional. I. Silva, Lucimário Gois de Oliveira. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

ANA ISABELA FERREIRA MACIEL DE LIRA

**APLICAÇÃO DO BALANCEAMENTO DE MÃO DE OBRA E PADRONIZAÇÃO DO
TRABALHO EM UMA LINHA DE ACABAMENTO DE BATERIAS AUTOMOTIVAS**

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 monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 07/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Lucimário Gois de Oliveira Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Leão e Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Lúcio Câmara e Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pois d'Ele, por Ele e para Ele são todas as coisas. Reconheço que, sem Sua bondade e misericórdia, nada disso seria possível.

Aos meus avós paternos, Ana Tereza e Roberto Lira, expresso profunda gratidão por todo o apoio e orientação durante minha trajetória de vida, especialmente no âmbito educacional.

Ao meu esposo, Janielson, e aos meus filhos, João Miguel e João Gabriel, agradeço por serem fonte diária de motivação para enfrentar os desafios que a vida apresenta. Ao meu esposo, pela paciência, incentivo e suporte incondicional; e aos meus filhos, pelo amor e inspiração para me tornar uma pessoa e profissional melhor.

Aos meus pais, Márcia Barbosa e Roberto Lira Filho, sou grata por todo direcionamento e ensinamentos transmitidos, que sempre reforçaram em mim a certeza de que é possível alcançar nossos objetivos por meio de dedicação e perseverança.

Aos meus tios, tias e demais familiares, registro meu agradecimento, pois cada um, à sua maneira, contribuiu para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos professores e mestres que fizeram parte da minha formação, agradeço pelos ensinamentos transmitidos e pelo papel essencial que desempenham na vida acadêmica e social de todo cidadão. Em especial, ao meu orientador Lucimário Gois, pelo direcionamento dado para que se tornasse possível a conclusão deste trabalho.

Por fim, agradeço ao meu empenho e resiliência ao longo desta caminhada, reconhecendo que somos responsáveis pela construção da nossa própria história e devemos buscar constantemente o nosso melhor e o de todos que amamos.

RESUMO

A competitividade no setor industrial está diretamente relacionada à capacidade das empresas de se manterem eficazes em mercados globais e locais, sendo este fator dependente de diversos elementos que impactam a eficiência, inovação e adaptação às mudanças do mercado. Com o aumento da intensidade da competitividade industrial, as empresas necessitam buscar constantemente maneiras inovadoras de estabilizar e padronizar seus processos produtivos. O presente estudo tem como objetivo melhorar a eficiência geral da linha (OLE) de uma linha de acabamento automotiva, especialmente com foco no desempenho operacional, por meio da aplicação do trabalho padronizado. Para tanto, foram adotadas práticas do Sistema Toyota de Produção (STP) voltadas a eficiência de mão de obra, seguindo etapas fundamentais, como a análise do cenário atual, a redistribuição das tarefas e a padronização das atividades entre os postos de trabalho, com o auxílio de treinamentos e documentações específicas. Foram realizadas cronoanálises em cada posto de trabalho, aplicados conceitos de Kaizen e promovidas melhorias no layout da linha de produção, com o objetivo de balancear e padronizar as atividades. A implementação da padronização operacional resultou em ganhos significativos, no qual indicador de desempenho obteve um crescimento de 10 pontos percentuais, superando a meta estabelecida pela fábrica para essa linha de produção. Como benefícios adicionais, a empresa conseguiu operar com um operador a menos na linha de acabamento, permitindo a realocação desse colaborador para outras funções, e obteve um crescimento significativo no volume de produção.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção; Operação Padronizada; Balanceamento; OLE; Desempenho; Baterias Automotivas.

ABSTRACT

Industrial competitiveness is closely tied to a company's ability to remain effective in both global and local markets. This capability depends on several factors that influence efficiency, innovation, and adaptability to market changes. As competition in the sector intensifies, organizations must continuously explore new approaches to stabilize and standardize their production systems. The present study focuses on enhancing the overall line efficiency (OLE) of an automotive finishing line, with particular emphasis on operational performance, using standardized work practices. Drawing on principles of the Toyota Production System (TPS), the research followed key steps that included assessing the current situation, redistributing tasks, and standardizing activities across workstations, supported by training initiatives and tailored documentation. Work measurement studies were conducted at each station, Kaizen practices were introduced, and adjustments were made to the production line layout in order to balance workloads and establish consistent procedures. The adoption of these measures led to significant improvements: the performance indicator rose by 10 percentage points, surpassing the factory's target for the line. In addition, the company was able to run the finishing line with one fewer operator, reallocating that worker to other tasks, while also achieving a noticeable increase in production output.

Keywords: Toyota Production System; Standardized Work; Line Balancing; Overall Line Efficiency (OLE); Performance; Automotive Batteries.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Etapas da aplicação do trabalho padronizado	22
Figura 2 –	Padronização da mão de obra no acabamento de baterias leves	27
Figura 3 –	Estrutura interna da bateria chumbo ácido	30
Figura 4 –	Fabricação de baterias chumbo ácido e entrega ao cliente	31
Figura 5 –	Etapas para o acabamento da bateria automotiva	32
Figura 6 –	Layout inicial da linha de acabamento	34
Figura 7 –	Ocupação inicial por posto de trabalho (gráfico de Gantt adaptado)	35
Figura 8 –	Ocupação inicial por posto de trabalho (gráfico de colunas)	36
Figura 9 –	Layout da linha de acabamento antes da melhoria	39
Figura 10 –	Layout da linha de acabamento após a melhoria	40
Figura 11 –	Ocupação final por posto de trabalho (gráfico de Gantt adaptado)	41
Figura 12 –	Ocupação final por posto de trabalho (gráfico de colunas)	41
Figura 13 –	Procedimento operacional padrão	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Os sete desperdícios identificados por Taiichi Ohno	16
Tabela 2 –	Antes x depois dos indicadores da linha	45
Tabela 3 –	Impressão dos colaboradores	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	JUSTIFICATIVA.....	10
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO.....	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos Específicos.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	A INDÚSTRIA DE BATERIAS AUTOMOTIVAS.....	14
2.2	O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	15
2.3	KAIZEN.....	16
2.4	PADRONIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA.....	17
2.4.1	O takt time.....	18
2.4.2	Tempo de ciclo.....	19
2.4.3	Sequência de Trabalho.....	20
2.4.4	Passos para a aplicação do trabalho padronizado.....	20
2.5	OLE (EFICIÊNCIA GLOBAL DA LINHA).....	22
2.6	REVISÃO DA LITERATURA.....	23
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	TIPO DE PESQUISA.....	25
3.2	OBJETO OU SUJEITO DE ESTUDO.....	25
3.3	COLETA DE DADOS.....	26
3.4	ANÁLISE DE DADOS.....	27
4	ESTUDO DE CASO.....	28
4.1	A EMPRESA.....	28
4.2	ANÁLISE DO PRODUTO.....	30
4.3	O PROCESSO DE ACABAMENTO DA BATERIA AUTOMOTIVA LEVE....	31
4.4	INDICADORES ATUAIS DA LINHA DE ACABAMENTO.....	36
4.5	BALANCEAMENTO DOS POSTOS DE TRABALHO.....	37
4.6	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO.....	42
4.7	RESULTADOS OBTIDOS.....	44
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A busca pela melhoria contínua nos processos é algo rotineiro e cada vez mais constante em meio ao ambiente industrial. Ohno (1988) destaca que a verdadeira melhoria ocorre quando há capacidade de eliminar desperdícios dentro das fases do processo produtivo, mantendo o foco no valor entregue e percebido pelo cliente. Nesse contexto, a competitividade industrial não se limita à redução de custos, mas exige sistemas produtivos eficientes que sejam capazes de responder rapidamente às mudanças do mercado.

A falta de padronização e o desequilíbrio na distribuição de tarefas entre postos de trabalho podem gerar perdas significativas, como desperdícios de materiais, retrabalhos e paradas não programadas. Esse cenário foi identificado na linha de acabamento automotiva analisada neste estudo, onde o indicador de eficiência geral da linha (OLE) encontrava-se abaixo da meta estabelecida pela empresa, impactando diretamente a produtividade e o atendimento à demanda do mercado.

A padronização do trabalho, nesse sentido, torna-se um elemento essencial para assegurar repetibilidade e previsibilidade no processo produtivo. Para Rother (1999), a melhoria contínua só é possível quando existe uma base estável sobre a qual as mudanças possam ser implementadas e testadas. Da mesma forma, Liker (2004) reforça que a padronização é fundamental para eliminar desperdícios e criar um fluxo contínuo, permitindo a entrega de valor ao cliente sem interrupções e facilitando a capacitação dos operadores por meio de procedimentos claros e bem definidos.

O Sistema Toyota de Produção (STP) é reconhecido pela eficácia na aplicação da padronização e na eliminação sistemática de desperdícios, com foco na maximização do valor agregado aos processos (OHNO, 1997). No setor de baterias automotivas, a padronização e a eficiência operacional representam fatores críticos para o aumento da competitividade. Este mercado consolidou-se de forma estratégica no Brasil, impulsionado pelo crescimento da frota de veículos e pela crescente demanda por soluções sustentáveis. Em 2024, a produção total de autoveículos no Brasil alcançou 2,55 milhões de unidades, representando uma alta de 9,7% em comparação com o ano anterior. Esse crescimento fez com que o país retomasse o posto de oitavo maior produtor de veículos do mundo, superando a Espanha, conforme levantamento divulgado pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) em coletiva de imprensa realizada em 14 de janeiro de 2025. Além disso, os emplacements

no Brasil atingiram 2,635 milhões de unidades, volume 14,1% superior ao de 2023, destacando-se como o maior aumento no ritmo de vendas internas desde 2007 e superando significativamente a média global de crescimento, que foi de apenas 2%. Esses números evidenciam a robustez do mercado automotivo brasileiro e indicam uma crescente demanda por componentes essenciais, como as baterias automotivas, fator relevante para a indústria nacional e para a cadeia produtiva relacionada (REVISTA FATOR BRASIL, 2025).

Diante desse cenário e do problema identificado, este estudo tem como objetivo aplicar os princípios de padronização operacional do STP para melhorar o desempenho e, conseqüentemente, a eficiência geral (OLE) de uma linha de acabamento de baterias automotivas. A proposta inclui análise do cenário atual, redistribuição das tarefas, padronização das atividades e melhorias no layout da linha, com o propósito de reduzir desperdícios, balancear o fluxo de trabalho e contribuir para a competitividade e sustentabilidade da empresa.

1.1 JUSTIFICATIVA

A fabricante de baterias automotivas em estudo tem apresentado crescimento significativo no mercado, impulsionado pela demanda crescente por baterias leves. Apesar do sucesso comercial, a empresa enfrenta desafios importantes no processo de acabamento dessas baterias. Observa-se que a padronização dos procedimentos é um tema que apresenta fragilidade, o que resulta em variabilidade operacional, redução do ritmo de produção, problemas de qualidade e aumento dos desperdícios de matéria-prima.

Além disso, há desbalanceamento na distribuição da mão de obra entre os postos de trabalho, causando sobrecarga em algumas etapas e ociosidade em outras, o que contribui para a ineficiência global da linha de produção. Esse problema é refletido no indicador de Desempenho (fator componente do OLE), que atualmente registra 75%, abaixo da meta de 90% estabelecida pela empresa. O OLE é uma adaptação do conceito de Eficiência Global do Equipamento (OEE – Overall Equipment Effectiveness), conforme Nakajima (1988), sendo amplamente utilizado para medir a eficiência produtiva de equipamentos e processos industriais.

A padronização do trabalho é reconhecida como componente essencial para garantir

estabilidade operacional e eliminação de desperdícios. Conforme Liker e Convis (2013), processos padronizados asseguram repetibilidade e previsibilidade das operações, além de fornecerem uma estrutura sólida para o avanço da melhoria contínua, possibilitando a identificação rápida de desvios e oportunidades de aperfeiçoamento. Processos bem padronizados promovem também maior eficiência no uso dos recursos, otimização do tempo de produção e redução da necessidade de mão de obra adicional.

Conceitos do Sistema Toyota de Produção, enfatizam que a eficiência operacional só pode ser alcançada quando as atividades são definidas e estruturadas, permitindo que os operadores sigam procedimentos claros e consistentes. Segundo Liker (2004), sem padrões claros, qualquer melhoria é prejudicada, pois não é possível determinar se os resultados são decorrentes das mudanças implementadas ou da variabilidade dos processos existentes.

Diante disso, a aplicação da padronização e do balanceamento das tarefas na linha de acabamento das baterias automotivas se justifica pela necessidade de aumentar o desempenho operacional, reduzir desperdícios, equilibrar a carga de trabalho e criar as condições necessárias para a melhoria contínua e para o crescimento sustentável da empresa.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar o balanceamento de mão de obra e padronização do trabalho em uma linha de acabamento de baterias automotivas a fim de reduzir a ociosidade operacional e elevar a eficiência.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Mapear e analisar as atividades atuais do processo de acabamento de materiais automotivos leves, identificando oportunidades de padronização operacional e melhorias;
- Elaborar uma adaptação do gráfico de Gantt que compile os dados das atividades de cada posto de trabalho, permitindo visualizar o percentual de ocupação;
- Implementar ações de melhoria contínua para aumentar a eficiência e padronização do trabalho em linha de produção;
- Reestruturar o documento "Procedimento Operacional Padrão" (POP) para

formalizar e documentar as melhorias realizadas, assim como treinar os envolvidos;

- Avaliar a eficácia da implementação do trabalho padronizado e o impacto no indicador de Desempenho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A INDÚSTRIA DE BATERIAS AUTOMOTIVAS

Nas últimas décadas, o mercado de baterias automotivas tem apresentado um crescimento contínuo e notável por todo o mundo. De acordo com a Allied Market Research (2022), o mercado global de materiais de baterias automotivas foi avaliado em US\$ 48,8 bilhões em 2020, e espera-se que atinja US\$ 83,83 bilhões até 2030, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 5,9%. Esse crescimento reflete uma demanda crescente impulsionada pela evolução tecnológica dos veículos, a adoção de carros elétricos e a necessidade de maior eficiência, durabilidade e sustentabilidade nos componentes automotivos.

O Brasil destaca-se como um dos maiores mercados de baterias automotivas da América Latina, ainda que os dados oficiais de produção total não sejam amplamente divulgados. O segmento é majoritariamente composto por baterias de chumbo-ácido para veículos leves. A Acumuladores Moura, maior empresa no setor na América Latina, “possui sete fábricas ... e uma capacidade de produção anual que ultrapassa dez milhões de unidades” (MOURA, s.d.). Já a marca Heliar, da Clarios, produz atualmente “10 milhões de unidades/ano em sua unidade de Sorocaba (SP), a maior fábrica de baterias da América do Sul” e abastece tanto o mercado automotivo OEM quanto o de reposição no Brasil e Mercosul (HELIAR, 2021).

A indústria de baterias no Brasil começou a dar os primeiros passos nas décadas de 1940 e 1950, acompanhando o crescimento da frota automotiva nacional, impulsionado pela instalação de montadoras de veículos. Inicialmente, a maior parte das baterias era importada, mas, com o aumento da demanda local, surgiram fábricas nacionais que contribuíram para a consolidação da base industrial. Em 2021, o mercado nacional de reposição recebeu cerca de 384,8 mil toneladas de baterias de chumbo-ácido (IBER, 2021), o que equivale a uma produção estimada entre 19,2 milhões e 25,6 milhões de unidades anualmente, considerando o peso médio das baterias entre 15 e 20 kg. O Brasil possui uma robusta capacidade de produção, com destaque para os estados de São Paulo, Paraná e Pernambuco, que concentram grande parte da produção deste setor, atendendo ao mercado interno e à exportação (IBER, 2021).

Este segmento no Brasil mantém-se como um dos mais relevantes no cenário global, especialmente com o crescimento da demanda por baterias para veículos elétricos e híbridos. A transição para a mobilidade elétrica no Brasil está impulsionando a modernização do setor de baterias, exigindo avanços tecnológicos que proporcionem maior densidade energética e maior vida útil dos dispositivos. Esse cenário reforça a importância do país na cadeia global de fornecimento de baterias, destacando seu potencial de crescimento contínuo na indústria. Conforme Sausen, Hammerschmitt e Capeletti (2024), as baterias de íons de lítio, que apresentam alta densidade energética e eficiência superior, são fundamentais para o desenvolvimento sustentável da mobilidade elétrica, demandando contínuas inovações para aumentar sua durabilidade e desempenho.

2.2 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Para dar seguimento ao presente trabalho, é necessário realizar uma breve revisão do contexto STP, assim como de seus principais princípios e objetivos fundamentais. Taiichi Ohno foi o chefe de produção da Toyota Motor Corporation após a Segunda Guerra Mundial, e foi ele quem desenvolveu este paradigma produtivo. Durante as décadas de 1950 e 1960, o STP foi estruturado gradativamente sob a direção de Ohno, espalhando-se em seguida por toda a cadeia de fornecedores, especialmente nas décadas de 1960 e 1970 (LEAN INSTITUTE BRASIL, s.d.).

Essa filosofia de gestão da produção visa aumentar a eficiência e reduzir desperdícios em todos os processos produtivos. Desenvolvido no período pós-guerra, o sistema revolucionou a indústria automotiva e, com o passar dos anos, espalhou-se para diversos setores da economia. O sistema baseia-se em dois princípios fundamentais: a eliminação de desperdícios e a produção contínua de valor, com foco em atender à necessidade do cliente (Ohno, 1997; Womack et al., 1990).

O STP foi inicialmente implementado na Toyota na década de 1950, em um contexto de escassez de recursos e com a necessidade urgente de aumentar a competitividade frente aos grandes fabricantes de automóveis, especialmente os americanos. Para isso, a Toyota adotou o conceito de just-in-time (JIT), que consiste em produzir apenas o necessário, no momento certo e na quantidade exata. O JIT elimina estoques excessivos, reduz custos e melhora a eficiência. Além disso, o STP fundamenta-se na automatização com autonomia humana, conceito conhecido como jidoka. Esse princípio permite que qualquer operador

interrompa a linha de produção ao detectar um problema, garantindo a manutenção da qualidade durante todo o processo (Ohno, 1997; Liker, 2004).

O foco principal está na eliminação de desperdícios, ou *muda*, definidos como quaisquer atividades que não agreguem valor ao produto final. Taiichi Ohno identificou sete tipos de desperdício que devem ser eliminados, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Os sete desperdícios identificados por Taiichi Ohno

Tipo de desperdício	Descrição
Superprodução	Produzir mais que o necessário
Inventário	Peças semiacabadas entre as operações
Transporte	Movimento excessivo de peças, pessoas e informações
Processo desnecessário	Passos não necessários no processo
Defeitos	Peças que necessitam retrabalho ou sucata
Manuseio	Movimentos desnecessários do colaborador
Espera	Tempo de espera por máquinas ou peças

Fonte: Adaptado de OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de produção: além da produção em massa.

Porto Alegre: Bookman, 1997

Ao reduzir ou eliminar esses desperdícios, o STP busca sanar as perdas no uso dos recursos e aumentar a produtividade, mantendo o foco na melhoria contínua (Liker, 2004; Womack et al., 1990).

2.3 KAIZEN

O conceito de Kaizen é de suma importância dentro do Sistema Toyota de Produção se refere a melhoria contínua dos processos por meio de pequenas mudanças gradativas as quais, ao longo do tempo, geram resultados significativos. Essa metodologia baseia-se na ideia de que, em vez de focar em mudanças radicais ou inovações abruptas, a organização deve concentrar-se na melhoria constante de suas operações. Essa abordagem é amplamente

aplicada tanto em grandes quanto em pequenas empresas (Imai, 1986; Liker, 2004).

Neste contexto, o Kaizen envolve todos os níveis da organização, desde a alta gestão até o operacional, operadores da linha de produção, promovendo a participação ativa de todos os colaboradores da empresa. Por meio dessa abordagem, o Kaizen incentiva a inovação constante e a busca por soluções ágeis, eficientes e eficazes.

Em muitas organizações, o Kaizen é considerado uma das engrenagens para a melhoria da qualidade, aumento da produtividade e redução de perdas, fatores essenciais para a competitividade a longo prazo (Womack & Jones, 1996). Ao engajar todos os funcionários, essa prática torna-se uma poderosa ferramenta, pois fortalece o espírito de trabalho em equipe e a cultura da melhoria contínua na organização, resultando em aumento significativo no desempenho global da empresa.

2.4 PADRONIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA

A padronização da força de trabalho permite às empresas reduzirem custos operacionais, elevar a qualidade dos produtos e/ou serviços e aumentar o engajamento dos colaboradores, alinhando-os aos objetivos organizacionais (Chiavenato, 2014). Segundo Spear (2001), a implementação do STP resulta não apenas em maior produtividade, mas também em uma participação mais ativa dos colaboradores na resolução de problemas e busca pela melhoria contínua.

Neste contexto, a realocação estratégica dos recursos humanos está atrelada à execução do “trabalho padronizado”. Em vez de reduzir o número de colaboradores, as organizações devem dispor de esforços na otimização dos processos e no desenvolvimento dos profissionais, assegurando que cada colaborador desempenhe um papel que agregue maior valor à empresa. Essa abordagem propicia um ambiente de trabalho mais dinâmico, eficiente e preparado para responder às demandas do mercado de modo ativo. Liker (2004) destaca que a promoção de uma cultura organizacional voltada para o aprendizado contínuo e a capacitação dos colaboradores é fundamental para o sucesso do STP, pois os funcionários são os principais agentes de melhoria dentro do sistema.

O conceito de padronização da mão de obra envolve três principais fatores: o takt-time, que estabelece o ritmo de produção para que seja possível atender à demanda; a

sequência de trabalho, que organiza a ordem ideal para a execução das tarefas; e o estoque em processo, que controla a quantidade de itens em produção, garantindo o equilíbrio e a eficiência operacional. Juntos, esses elementos formam a base para a otimização dos recursos humanos e a melhoria do desempenho global da produção. Conforme Womack e Jones (2003), esses elementos são imprescindíveis para a criação de um sistema de produção sem desperdícios, no qual cada atividade é ajustada à demanda real, evitando as perdas e promovendo o aumento contínuo da produtividade.

2.4.1 O takt time

O conceito de takt-time é fundamental no gerenciamento da produção e consiste em sincronizar o ritmo das operações com a demanda dos clientes. Essa métrica estabelece a cadência necessária para que o fluxo de trabalho atenda aos requisitos do mercado de forma equilibrada e eficiente (Liker, 2004). O cálculo do takt time é feito através da divisão do tempo disponível para a produção pelo número de unidades demandadas neste período, conforme evidencia a Equação 1.

$$Takt\ time\ (TK) = \frac{\text{Tempo disponível de operação diária}}{\text{Quantidade demandada por dia}} \quad (1)$$

Essa relação permite ajustar os processos produtivos para que cada etapa da linha opere em conformidade com a demanda real, evitando desperdícios como excesso de produção ou tempos ociosos (Ohno, 1988).

Além de orientar o ritmo de produção, o takt time serve como parâmetro para o balanceamento de linha e a padronização do trabalho. No balanceamento, ele é um fator utilizado para distribuir as tarefas entre os postos de trabalho de modo que nenhum operador fique sobrecarregado ou ocioso. Já na padronização, este define o tempo de ciclo ideal para cada atividade, garantindo execução constante e facilitando a identificação de desvios e oportunidades de melhoria (Womack & Jones, 2003).

2.4.2 Tempo de ciclo

O tempo de ciclo é uma variável importante na gestão de processos produtivos, representando o tempo efetivamente utilizado para concluir uma unidade ou tarefa específica em um processo. O cálculo desse tempo engloba todas as etapas, desde o início até a finalização da operação/atividade, incluindo tarefas manuais, automáticas e tempos de espera. O monitoramento do tempo de ciclo é fundamental para a identificação de gargalos e a otimização do fluxo produtivo, garantindo o uso adequado dos recursos (LIKER, 2004).

A análise dessa métrica possibilita que as organizações ajustem suas operações para atender à demanda, sem comprometer a qualidade ou ocasionar atrasos, sendo amplamente aplicada em sistemas de produção enxuta (WOMACK et al., 1990).

O tempo de ciclo pode ser calculado pela relação entre o tempo total utilizado para a realização da operação e a quantidade produzida durante esse período, conforme pode-se avaliar na Equação 2.

$$\text{Tempo de ciclo (TC)} = \frac{\text{Tempo utilizado para realizar a operação}}{\text{Quantidade produzida na operação}} \quad (2)$$

O desequilíbrio entre o tempo de ciclo e o takt-time compromete a eficiência operacional. Quando o tempo de ciclo é superior ao takt-time, há de existir gargalos que impedem a produção de atender à demanda; de modo contrário, quando o tempo de ciclo é inferior, há risco de superprodução e desperdícios, o que também vai de encontro com os princípios do Sistema Toyota de Produção.

Conforme ressalta OHNO (1997), o takt-time deve nortear o ritmo da produção, de modo a atender à demanda do cliente com o mínimo de desperdício. Dessa forma, o alinhamento entre esses dois fatores é imprescindível para assegurar a continuidade e a estabilidade do processo.

Portanto, o objetivo do trabalho padronizado é sincronizar os tempos acima citados, tornando o takt-time um parâmetro regulador da produção. Por exemplo, se o takt-time é de 10 minutos, deve-se produzir uma unidade de produto a cada 10 minutos no final da linha produtiva, de modo a atender à demanda prevista e evitando excesso ou falta de produção.

2.4.3 Sequência de trabalho

A sequência de trabalho se refere à organização e à ordem em que as tarefas são executadas ao longo do processo produtivo. Sua definição busca otimizar o tempo de execução, reduzir a complexidade operacional e eliminar atividades que não agregam valor ao produto/serviço (OHNO, 1988). Uma sequência bem estruturada fornece uma previsibilidade, a qual cada etapa deve ocorrer no momento apropriado, evitando interferências entre operações e garantindo o uso eficiente dos recursos disponíveis.

No contexto do Sistema Toyota de Produção, a padronização da sequência de trabalho é essencial para manter a estabilidade do fluxo e possibilitar a identificação de desvios ou desperdícios. De acordo com Liker (2004), estabelecer rotinas claras e repetíveis contribui para a previsibilidade dos processos e facilita a implementação de melhorias contínuas.

A definição da sequência de trabalho está diretamente relacionada ao takt time e ao tempo de ciclo, uma vez que ambos orientam o ritmo e a capacidade produtiva da linha. Para que o processo seja eficiente, é necessário que o somatório dos tempos de ciclo das tarefas dentro da sequência esteja alinhado ao takt time; caso contrário, podem surgir desequilíbrios, como gargalos ou superprodução. Esse alinhamento entre takt time e tempo de ciclo é essencial para sincronizar o fluxo produtivo e evitar desperdícios (ALVAREZ; ANTUNES JR., 2001). Portanto, padronizar a sequência de trabalho não apenas organiza as atividades, mas também garante que cada operação contribua para manter o ritmo produtivo desejado para a linha, reduzindo perdas e aumentando a confiabilidade.

Essa integração entre sequência de trabalho, takt time e tempo de ciclo é uma das frentes para atingir a fluidez operacional e sustentar práticas de melhoria contínua, sendo amplamente utilizada em sistemas Lean e no STP (LIKER, 2004; DENNIS, 2008).

2.4.4 Passos para a aplicação do trabalho padronizado

Com base nos princípios do Sistema Toyota de Produção, a aplicação do trabalho padronizado segue etapas estruturadas que buscam garantir estabilidade operacional e impulsionar a melhoria contínua.

O primeiro passo consiste na definição do processo, momento em que são mapeadas as

atividades, identificadas as tarefas e compreendida a função de cada uma no fluxo produtivo. É fundamental que cada etapa seja descrita de maneira clara, de modo que todos os colaboradores entendam exatamente o que precisa ser realizado (OHNO, 1988).

Em seguida, ocorre o estabelecimento dos padrões de desempenho, considerando parâmetros como o tempo necessário para execução das tarefas (takt time), o consumo de recursos e os requisitos de qualidade do produto, os quais são desejados pelo cliente final. Esses indicadores são essenciais para avaliar a aderência do processo aos objetivos de produção e à correta alocação dos recursos (WOMACK; JONES, 2003).

Posteriormente, são elaborados os procedimentos e instruções de trabalho, que devem ser documentados de forma objetiva e detalhada, contemplando os passos operacionais, as ferramentas, os equipamentos e os métodos necessários para sua execução (LIKER, 2004).

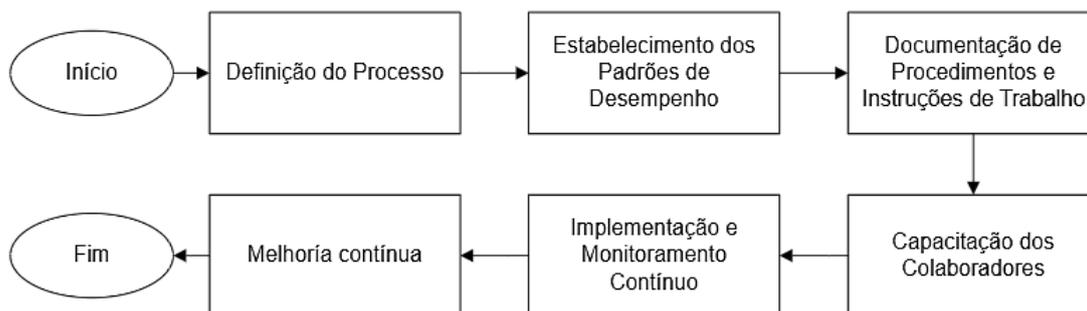
A capacitação dos colaboradores é uma etapa indispensável para assegurar que os padrões definidos sejam seguidos de forma consistente. Treinamentos bem estruturados e eficazes promovem o alinhamento da equipe aos procedimentos e reduzem a ocorrência de erros durante a operação (SHINGO, 1989).

Após a implementação, torna-se imprescindível o monitoramento contínuo do processo para verificar a conformidade da operação com os padrões estabelecidos e identificar oportunidades de ajustes (OHNO, 1988). Esse monitoramento deve estar alinhado ao conceito de melhoria contínua (Kaizen), que propõe a revisão constante dos procedimentos de trabalho, incorporando ajustes que elevem a eficiência e reduzam desperdícios (LIKER, 2004).

Por fim, toda alteração implementada deve ser registrada na documentação atualizada dos procedimentos, garantindo que as práticas mais eficientes sejam seguidas por toda a equipe (SHINGO, 1989). Além disso, é fundamental incentivar o engajamento dos colaboradores na criação e revisão desses padrões, pois seu conhecimento prático é essencial para identificar falhas e propor soluções que fortaleçam o processo produtivo (WOMACK; JONES, 2003).

A figura 1, abaixo representada, evidencia as etapas para a aplicação do trabalho padronizado.

Figura 1 – Etapas da aplicação do trabalho padronizado



Fonte: Elaborado pelo autora (2025)

2.5 OLE (EFICIÊNCIA GLOBAL DA LINHA)

A Overall Line Efficiency (OLE) é uma métrica fundamental no contexto do STP, utilizada para mensurar a eficiência global de uma linha de produção. Essa métrica é composta por três elementos principais: disponibilidade, desempenho e qualidade, conforme ilustrado na equação 3.

$$OLE (\%) = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (3)$$

A disponibilidade representa o tempo efetivo em que os equipamentos permanecem em operação, desconsiderando interrupções planejadas e não planejadas, como manutenções programadas ou falhas inesperadas. Esse indicador é otimizado por meio da Manutenção Produtiva Total (TPM), metodologia que visa maximizar a utilização dos equipamentos e reduzir ao mínimo as paradas não programadas, promovendo maior estabilidade e confiabilidade ao processo produtivo (Nakajima, 1988). A composição desse indicador pode ser expressa na Equação 4, que sintetiza a relação entre o tempo disponível e o tempo efetivamente produtivo.

$$\text{Disponibilidade} (\%) = \frac{\text{Tempo de Operação Real Total}}{\text{Tempo de Operação Programado Total}} \quad (4)$$

O desempenho mensura a eficiência do processo em comparação com o tempo de ciclo ideal, levando em conta perdas ocasionadas por lentidão e microparadas. Esse

indicador pode ser aprimorado por meio do balanceamento de linha, técnica que distribui de forma equilibrada as atividades entre os postos de trabalho, assegurando um fluxo contínuo, eliminando os gargalos e evitando sobrecarga operacional (Liker, 2004). A formulação desse indicador é apresentada na Equação 5.

$$Desempenho (\%) = \frac{\text{Peças Produzidas Totais} \times \text{Tempo de Ciclo Ideal Unitário}}{\text{Tempo Real de Produção Total}} \quad (5)$$

A qualidade representa a quantidade de produtos conformes em relação ao total produzido, sendo um indicador fundamental para identificar perdas relacionadas ao retrabalho ou refugo. Essa métrica possibilita às organizações avaliarem a eficiência de seus processos produtivos e implementar melhorias que minimizem desperdícios e aumentem a satisfação do cliente (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2010). Nesse contexto, destaca-se a aplicação do Jidoka, princípio fundamental do Sistema Toyota de Produção que possibilita a parada automática da linha sempre que uma anomalia é detectada, permitindo correções imediatas e garantindo a manutenção dos padrões de qualidade (Ohno, 1988). A Equação 6 expressa esse cálculo, relacionando o número de produtos conformes com o total produzido para determinar o percentual de peças livres de defeitos.

$$Qualidade (\%) = \frac{\text{Peças Conformes}}{\text{Peças Produzidas Totais}} \quad (6)$$

A análise conjunta desses três componentes fornece uma visão ampla e precisa do desempenho operacional da linha, a qual contribui para o alinhamento da operação ao takt time, ou seja, ao ritmo de produção necessário para atender de forma à demanda do cliente (Ohno, 1988; Womack; Jones, 2003).

2.6 REVISÃO DE LITERATURA

O balanceamento de linha é reconhecido na Engenharia Industrial como um recurso indispensável para melhorar a eficiência dos processos produtivos. Essa técnica busca

equilibrar a distribuição das atividades entre os postos de trabalho, reduzindo períodos ociosos e aprimorando o fluxo produtivo como um todo. Ferreira (2019), em um estudo voltado para o setor de confecções, demonstrou que a aplicação do balanceamento facilita a identificação de gargalos e contribui para uma produção mais previsível, focando principalmente nos aspectos operacionais.

Andrade (2019), por sua vez, investigou empresas do polo de confecção do Agreste Pernambucano e utilizou ferramentas matemáticas para propor o balanceamento de células produtivas aliado à reorganização do layout. O estudo evidenciou reduções expressivas de desperdícios e aumentos na produtividade, destacando o potencial de métodos analíticos mesmo em negócios de menor porte. Diferentemente da abordagem manual de Ferreira (2019), Andrade (2019) aposta na modelagem computacional para apoiar decisões mais precisas e consistentes.

Complementando essa visão, Melo (2023) aplicou o balanceamento de linha na fabricação de ventiladores, associando-o a mudanças no arranjo físico. O autor mostrou que a combinação dessas estratégias favorece não apenas a eficiência, mas também a capacidade de adaptação a variações na demanda — um desafio frequente em ambientes de produção seriada. Essa abordagem integrada oferece uma visão sistêmica que avança em relação a estudos anteriores, que costumavam tratar cada aspecto de forma isolada.

Observa-se, portanto, uma evolução na forma de tratar o balanceamento de linha, que passou de análises descritivas restritas ao processo para propostas que unem ferramentas quantitativas e uma visão ampla do sistema produtivo (Andrade, 2019; Melo, 2023). No entanto, ainda existe uma lacuna no que diz respeito à aplicação conjunta do balanceamento, da padronização de atividades e da capacitação de equipes.

A partir dessa lacuna, a presente pesquisa propõe uma abordagem que integra esses elementos de forma adaptada à realidade produtiva estudada, com o objetivo de alcançar ganhos de eficiência sustentáveis e replicáveis para outras empresas do mesmo porte, fortalecendo a competitividade de um segmento relevante para a economia regional.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa adota uma abordagem quantitativa, a qual utiliza dados numéricos para descrever, analisar e interpretar os fenômenos estudados. Por meio de medições objetivas, essa abordagem permite identificar tendências, padrões e relações entre as variáveis, assegurando maior clareza e consistência nos resultados (Creswell & Creswell, 2022).

Este estudo traz consigo uma perspectiva explicativa, pois busca compreender as causas e os fatores que influenciam o desempenho do processo produtivo. Segundo Gil (2008), a pesquisa explicativa busca identificar as razões e os mecanismos que determinam os fenômenos observados, permitindo um entendimento mais profundo das relações entre as variáveis do contexto estudado.

Os procedimentos técnicos adotados neste estudo compreendem:

(I) Pesquisa bibliográfica: realizada ao longo de todas as etapas da pesquisa, consiste na revisão e análise de livros, artigos e demais fontes acadêmicas que fundamentam teoricamente o trabalho, ampliando o referencial e contribuindo para a compreensão aprofundada do objeto de estudo (Gil, 2022).

(II) Pesquisa documental: envolve a coleta e análise quantitativa de documentos, relatórios e registros da empresa selecionada, fornecendo dados primários essenciais para o diagnóstico da situação atual das atividades e para o embasamento das análises estatísticas (Marconi & Lakatos, 2017).

(III) Estudo de caso quantitativo: consiste na investigação detalhada e focada em dados numéricos coletados no contexto específico da empresa, possibilitando compreender as particularidades do processo produtivo a partir de evidências numéricas e análises quantitativas (Yin, 2015).

3.2 OBJETO OU SUJEITO DE ESTUDO

O presente estudo tem como foco a linha de acabamento de baterias automotivas

leves em uma empresa do setor de acumuladores elétricos. O objetivo é analisar detalhadamente as etapas do processo produtivo, destacando a identificação de oportunidades para melhoria e revisão de procedimentos que contribuam para o crescimento do desempenho operacional. Para tanto, será realizado um mapeamento detalhado das operações atuais, seguido da atualização e validação do POP proposto, que inclui a aplicação de testes práticos e a avaliação dos impactos junto aos colaboradores diretamente envolvidos no processo (SLACK; BRANDON-JONES; BURGESS, 2014).

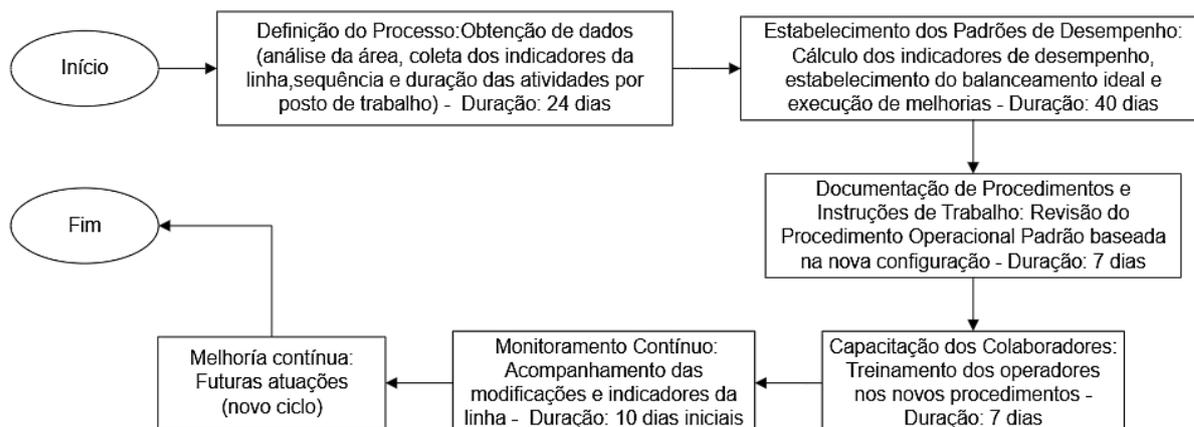
3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados deste estudo será estruturada para abranger informações objetivas do processo produtivo, assegurando uma análise precisa e fundamentada das operações da linha de acabamento de baterias automotivas. Serão utilizadas fontes primárias e secundárias para garantir a confiabilidade e a abrangência das informações levantadas. No âmbito das fontes primárias, será conduzida observação in loco com acompanhamento direto do fluxo produtivo, registrando de forma empírica e em tempo real o padrão de execução das atividades, a duração de cada etapa e a identificação de possíveis desvios em relação aos padrões estabelecidos. Essa coleta permitirá mapear gargalos, movimentações desnecessárias e variações no ritmo de produção, fornecendo subsídios para análises de balanceamento e melhoria de processos (MARCONI; LAKATOS, 2017).

As fontes secundárias abrangerão a análise de documentos internos da empresa, como procedimentos operacionais, instruções de trabalho, documentos de qualidade e demais relatórios técnicos referentes ao acabamento das baterias. Essa análise viabilizará comparar as práticas observadas com as diretrizes formais, permitindo avaliar o grau de padronização existente na linha e aderência da operação. Além disso, serão levantados os indicadores de desempenho da linha que compõem o OLE, oferecendo uma base quantitativa para avaliar a eficiência global e apoiar a proposição de melhorias.

Pode-se visualizar o fluxograma com as etapas a serem desenvolvidas, assim como com a duração estimada de cada uma delas na Figura 2.

Figura 2 –Padronização da mão de obra no acabamento de baterias leves



Fonte: Elaborado pelo autora (2025).

3.4 ANÁLISE DE DADOS

A presente pesquisa adota uma abordagem exclusivamente quantitativa para a análise dos dados, com ênfase na mensuração do desempenho do processo de acabamento de baterias automotivas leves. Esse desempenho será avaliado a partir da métrica de OLE, composta pelos indicadores, obtidos por meio da análise sistemática de registros operacionais da empresa. De forma complementar, será realizada a coleta detalhada dos tempos de execução e das sequências das atividades operacionais, o que possibilitará mapear o fluxo real do processo, identificar variações no ritmo de produção e confrontar os resultados observados com os padrões previamente estabelecidos. A aplicação de métricas padronizadas assegura a consistência, comparabilidade e confiabilidade dos dados obtidos para análise.

Conforme ressaltam Marconi e Lakatos (2017), a utilização de métodos quantitativos favorece comparações objetivas entre diferentes períodos ou setores, além de fornecer subsídios concretos para a tomada de decisões baseadas em evidências. Assim, espera-se que os resultados obtidos revelem o desempenho atual da linha, ao mesmo tempo em que subsidiem diagnósticos precisos e propostas de melhorias operacionais fundamentadas em dados reais.

4 ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso tem como objetivo principal aplicar padronização operacional em uma linha de acabamento de baterias automotivas a fim de elevar o desempenho operacional. A padronização das operações é essencial para assegurar estabilidade, previsibilidade e eficiência no processo produtivo, uma vez que reduz variações, garante a qualidade do produto e serve como base para a identificação e eliminação sistemática de desperdícios.

Alinhado aos procedimentos metodológicos definidos, este estudo busca atualizar e validar um POP voltado à fabricação de baterias automotivas leves. O foco principal é a melhoria do índice de eficiência da linha de produção, com ênfase especial no componente do desempenho, visando impulsionar a produtividade e a competitividade da empresa no mercado.

Para atingir esses objetivos, será realizado um mapeamento detalhado do processo atual, incluindo a análise das atividades, dos tempos de ciclo e dos gargalos existentes. Com base nesse diagnóstico, serão propostas melhorias práticas e concretas para elevar o desempenho da linha de produção. Os resultados esperados contemplam não apenas a descrição do cenário atual e das melhorias sugeridas, mas também a contribuição para o aprimoramento contínuo da produção e para o fortalecimento da posição competitiva da organização no setor. Assim, o estudo visa não só aumentar o nível de padronização das operações, mas também ampliar a capacidade de adaptação da linha frente às demandas diárias, promovendo uma produção mais flexível e alinhada às melhores práticas industriais.

4.1 A EMPRESA

O foco deste trabalho está em uma multinacional líder na produção de baterias automotivas, com mais de 60 anos de experiência no mercado. Reconhecida por sua excelência em qualidade e inovação, a empresa fornece baterias tanto para montadoras de veículos quanto para o mercado de reposição, atendendo a um amplo campo de veículos, desde automóveis de passeio até veículos comerciais pesados. A organização foi fundada na década de 1950 em Pernambuco, a qual iniciou suas operações com uma pequena planta

industrial familiar e, ao longo dos anos, experimentou um crescimento substancial, ampliando sua área fabril e aumentando a quantidade de produtos do seu portfólio. Atualmente, possui sete unidades fabris e está presente com o fornecimento em mais de 20 países.

Inicialmente focada apenas no setor automotivo, a empresa com o passar dos anos diversificou sua atuação, vindo a produzir baterias e sistemas de armazenamento de energia para diversas aplicações, incluindo motocicletas, embarcações, empilhadeiras, nobreaks, sistemas de transporte ferroviário, e até estações de telefonia. Seus principais clientes incluem montadoras de veículos, tanto locais quanto internacionais, que valorizam sua alta confiabilidade e capacidade de atender grandes volumes de produção. Além disso, a empresa tem uma sólida presença no mercado de reposição, atendendo oficinas e distribuidores em diversas partes do mundo.

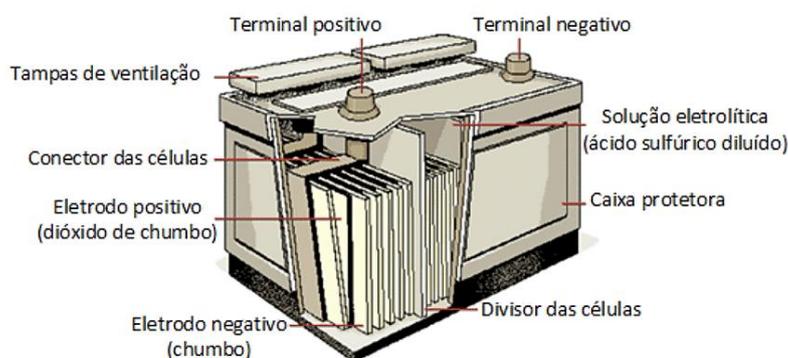
O setor automotivo, caracterizado por forte competitividade e constantes pressões, impõe desafios diários à organização, como a necessidade contínua de inovação, redução de custos e manutenção de elevados padrões de qualidade. Nesse cenário, a empresa busca aprimorar continuamente seus processos produtivos para preservar sua competitividade global. Um dos principais focos estratégicos da gestão é a adoção das práticas do Sistema Toyota de Produção (STP), visando aumentar a estabilidade das linhas de produção e padronizar as atividades operacionais. Embora a empresa já tenha iniciado a implementação dessas práticas, agora busca consolidá-las de forma mais robusta, a fim de alcançar resultados ainda mais significativos em termos de eficiência.

Além disso, a organização vem buscando soluções sustentáveis e adaptação às novas tecnologias de energias renováveis, temas que se tornaram cada vez mais estratégicos diante da crescente procura por produtos mais ecológicos e eficientes no setor automotivo. O compromisso com a sustentabilidade e inovação tecnológica visa atender à demanda por produtos mais eficientes e ambientalmente responsáveis, garantindo que a empresa se mantenha alinhada às tendências globais e continue sendo uma organização relevante no mercado.

4.2 ANÁLISE DO PRODUTO

A fabricação de uma bateria automotiva envolve várias etapas essenciais, começando com a preparação dos materiais, como placas de chumbo (usadas nas partes positivas e negativas), ácido sulfúrico (como eletrólito) e separadores de material poroso. As placas de chumbo são fundidas, moldadas e tratadas com uma pasta de óxido de chumbo nas placas positivas e chumbo puro nas negativas, seguindo para o processo de ativação, que converte o óxido de chumbo em dióxido de chumbo nas placas positivas. Em seguida, as placas ativadas são empilhadas, intercaladas com separadores, e imersas em eletrólito diluído. A montagem final inclui a conexão das placas em um conjunto, inserção em uma caixa resistente à corrosão, adição de terminais e testes de carga e desempenho, garantindo que a bateria tenha a capacidade de fornecer energia de forma eficiente e segura para os veículos. A figura 3 ilustra a estrutura interna de uma bateria de chumbo ácido.

Figura 3 – Estrutura Interna Bateria de Chumbo Ácido

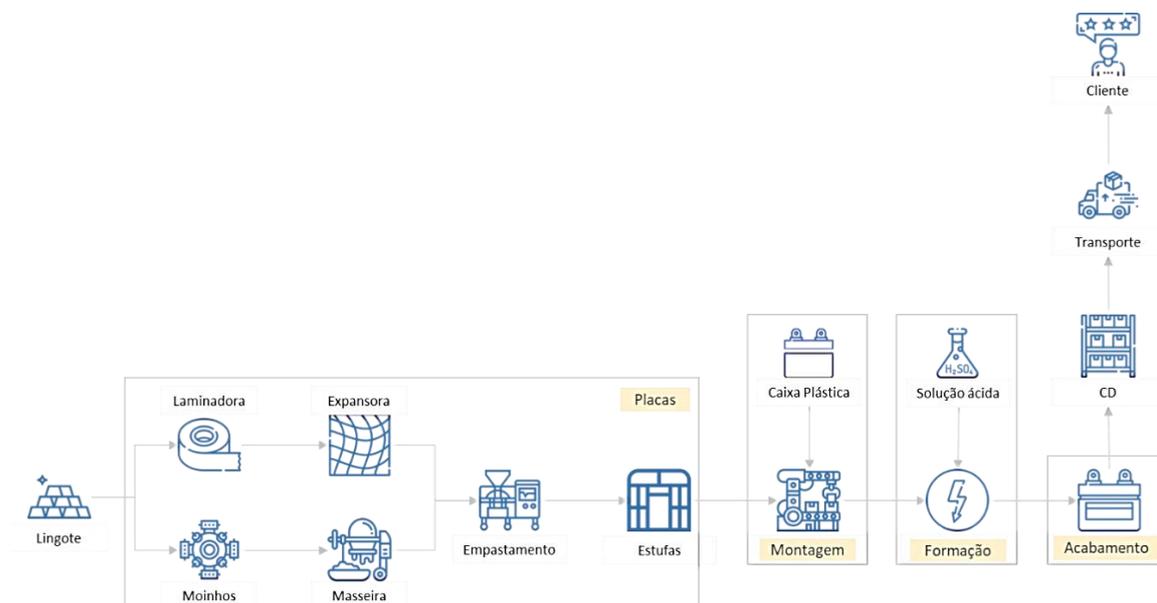


Fonte: Adaptado de EMBARCADOS. Baterias de chumbo-ácido. Disponível em:
<https://embarcados.com.br/baterias-de-chumbo-acido/>.

Para que o processo de fabricação da bateria seja realizado de forma eficiente e conforme, é essencial que quatro processos principais sejam executados com precisão e consistência. Esses processos incluem a fabricação das placas, a montagem da bateria, a adição de solução e a aplicação de carga, e, por último, o acabamento do produto, que

representa o foco deste trabalho. Cada uma dessas fases desempenha um papel crucial na criação de uma bateria funcional e podem ser visualizadas na figura 4.

Figura 4 – Fabricação de baterias chumbo ácido e entrega ao cliente

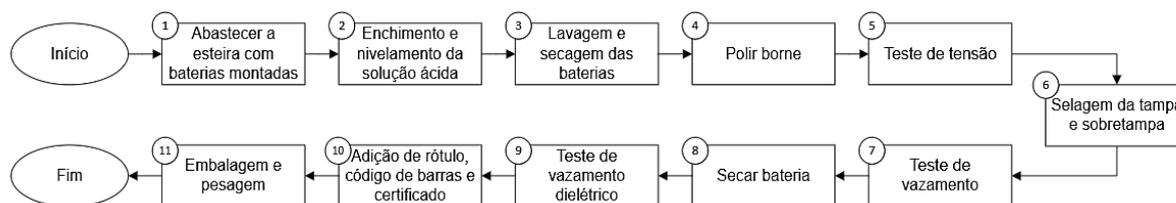


Fonte: Elaborado pelo autora (2025)

4.3 O PROCESSO DE ACABAMENTO DA BATERIA AUTOMOTIVA LEVE

O acabamento das baterias automotivas é executado em uma linha de produção composta por 11 etapas principais. Essas etapas estão organizadas em um fluxograma operacional, apresentado na Figura 5, que ilustra de forma detalhada cada fase do processo. Destaca-se que um mesmo colaborador pode ser responsável por mais de uma atividade, característica que será evidenciada em seguida. Essa multifuncionalidade é um fator relevante, pois contribui para a flexibilidade da operação e para a redução de tempos ociosos, otimizando o uso da força de trabalho. Além disso, todos os materiais, ferramentas e insumos necessários para a execução das atividades estão estrategicamente posicionados nas proximidades dos postos de trabalho, minimizando deslocamentos e favorecendo a fluidez do processo produtivo.

Figura 5 – Etapas para o acabamento da bateria automotiva leve



Fonte: Elaborado pelo autora (2025)

A equipe responsável pela execução das atividades da linha de acabamento é composta por oito profissionais qualificados, atuando sob a coordenação direta de um líder de manufatura. A seguir, apresenta-se a descrição sequencial e numerada dos postos, com as respectivas funções desempenhadas por cada colaborador:

- Posto 01 – Abastecimento e Nivelamento (abrange as etapas 1 e 2 da figura 5):

O palete contendo as baterias oriundas da etapa de formação (após aplicação da solução eletrolítica e processo de carga) é posicionado sobre uma plataforma de ferro para a despalletização. O operador alocado neste posto é responsável por alimentar a esteira com as baterias, direcionando-as às máquinas de enchimento e nivelamento. Após esse processo, o colaborador valida se os parâmetros foram atendidos corretamente, autorizando a continuidade do fluxo.

- Posto 02 – Adição da Capa de Lavagem (abrange a etapa 3 da figura 5):

Neste posto, o operador adiciona a capa de lavagem sobre a tampa das baterias, item essencial para evitar a entrada de água ou sabão durante a passagem pela Máquina de Lavar e Secar (MLS). Essa proteção é necessária, pois as baterias ainda não estão completamente seladas nesta fase do processo.

- Posto 03 – Selagem da Sobretampa e Testes de Qualidade (abrange as etapas 4, 5, 6 e 7 da figura 5):

O colaborador deste posto executa a instalação da sobretampa e conduz os testes de alta descarga (TAD), selagem (SLR) e teste de vazamento (TVZ). Sua responsabilidade inclui garantir a conformidade do produto com os critérios de qualidade estabelecidos antes do encaminhamento à próxima etapa.

- Posto 04 – Rotulagem e Certificação (abrange as etapas 8 e 9 da figura 5):

Neste posto, o operador atua junto às máquinas MSB (Máquina de Secar Bateria), TVD (Teste de Vazamento Dielétrico) e à rotuladora. As atividades envolvem a verificação da limpeza da bateria, aplicação dos rótulos, e fixação do certificado de garantia, além de acompanhar os testes de conformidade.

- Posto 05 – Plastificação (abrange a etapa 11 da figura 5):

Este colaborador é responsável pela operação da plastificadora (PLT), onde garante o correto embalamento das baterias. Também é sua função repor o filme plástico na máquina e, quando necessário, adicionar alguns componentes específicos, conforme o modelo e ficha técnica da bateria ou solicitações do controle de qualidade.

- Posto 06 – Adição de Alças e Inspeção Final (abrange a etapa 11 da figura 5):

O operador deste posto instala as alças na sobretampa, assegurando que estejam firmemente fixadas. Além disso, realiza a verificação final de embalagem, pesagem, codificação e limpeza da bateria, garantindo a integridade do produto acabado.

- Posto 07 – Paletização (abrange a etapa 11 da figura 5):

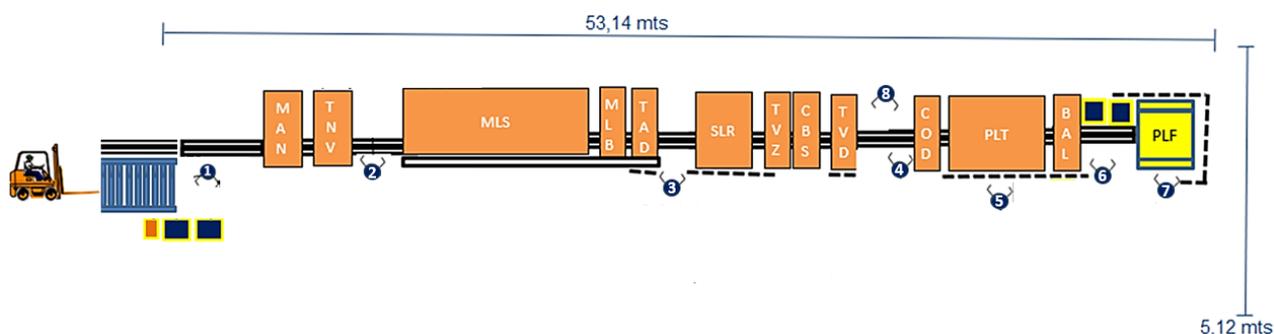
Na etapa final do processo, as baterias são organizadas em paletes, empilhadas em camadas de 24 unidades separadas por folhas de papelão. Após a organização, os paletes são encaminhados para o setor de expedição.

- Posto 08 – Apoio Operacional:

O colaborador deste posto desempenha uma função de apoio, atuando de forma flexível em diferentes pontos da linha conforme a demanda ou necessidade. Suas atribuições incluem cobrir ausências, realizar ajustes, acompanhar setups, auxiliar na organização e oferecer suporte geral às demais etapas do processo.

A figura 6 representa o layout inicial da linha de acabamento em análise neste estudo, assim como o posicionamento dos oito colaboradores em seus respectivos postos de trabalho:

Figura 6 – Layout inicial da linha de acabamento



Fonte: Elaborado pelo autora (2025)

No que se refere à organização dos operadores e à distribuição e execução das atividades ao longo do turno, inicialmente foi realizada uma coleta de todas as documentações operacionais da linha de acabamento, e analisado os padrões que nelas continham, a fim de que se pudesse realizar uma comparação posterior a coleta de dados.

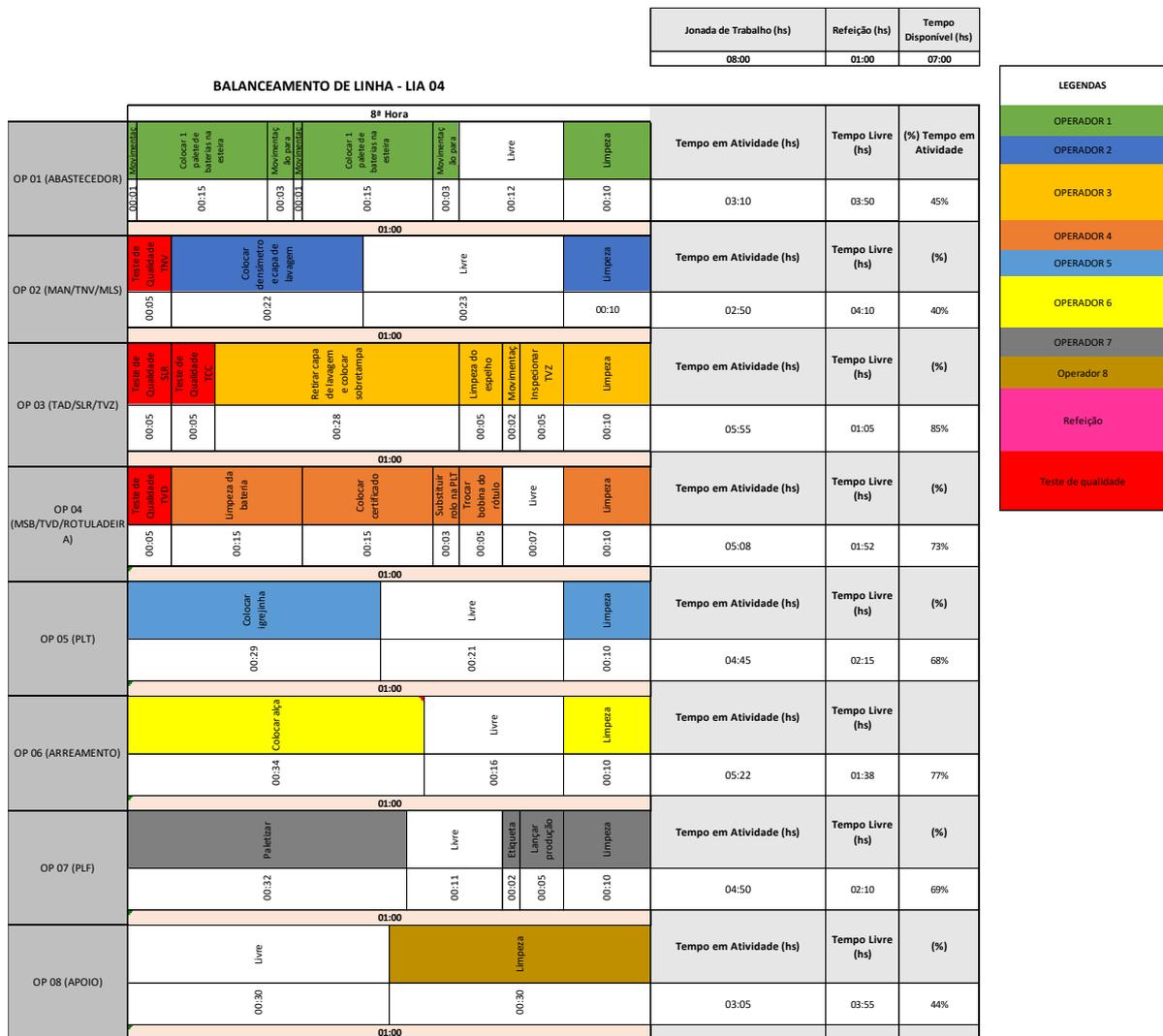
In loco, realizou-se uma cronoanálise detalhada de cada posto de trabalho, coletando sequência de atividades executada, a duração de cada tarefa e a repetibilidade. Esse levantamento consistiu no registro sequencial das tarefas executadas por todos os postos de trabalho ao longo do turno de 8 horas diárias. Considerando que, inicialmente, a linha contava com 8 operadores alocados, foi realizada uma coleta média de dados por 3 dias em cada posto de trabalho, assim como a estruturação, validação e consolidação das informações junto à área responsável.

Os dados obtidos foram organizados de forma clara e sistemática com o apoio de uma adaptação do Gráfico de Gantt, utilizado como ferramenta visual para representar a programação das atividades ao longo do tempo. Nesse gráfico, a coluna à esquerda identifica os postos de trabalho analisados, enquanto as atividades são representadas por faixas coloridas que ilustram graficamente a ocupação dos operadores. A duração de cada tarefa é indicada abaixo de cada faixa, no qual este dado é composto de toda a soma da atividade dentro daquela hora, permitindo uma leitura intuitiva da sequência e do tempo despendido em cada atividade.

O gráfico está segmentado em oito intervalos de 60 minutos, representando de forma integral o turno de trabalho e totalizando oito horas de operação contínua. Essa divisão permite uma análise mais precisa da alocação de recursos humanos, favorecendo a

identificação de períodos de ociosidade e de oportunidades de balanceamento da linha de produção. Na Figura 7, a estrutura do gráfico é apresentada de maneira resumida, com a marcação da 8ª hora destacada apenas para fins visuais, visto que o percentual de ocupação considera a totalidade das oito horas efetivamente trabalhadas. Vale ressaltar, que o fluxo real das atividades é em linha. Logo, como o tempo de cada atividade foi representado por uma barra contínua (a fim de praticidade na formatação dos dados) contendo o somatório da duração de cada tarefa dentro daquela hora, o tempo livre na prática não se estende continuamente, mas de forma fracionada.

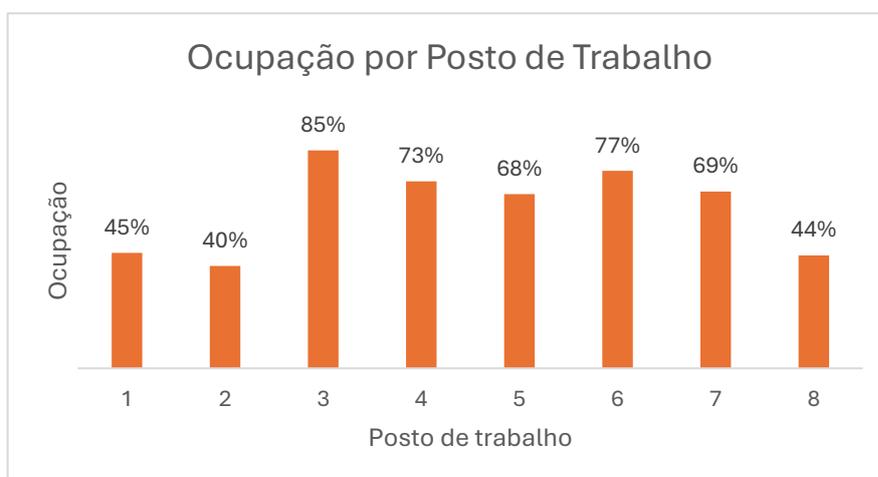
Figura 7 – Ocupação inicial por posto de trabalho (gráfico de Gantt adaptado)



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Como resultado da análise acima realizada e evidenciada, foi possível calcular o percentual de ocupação de cada posto de trabalho ao longo do turno. Esses valores permitem classificar cada posto quanto ao seu nível de utilização, identificando se apresenta ociosidade, equilíbrio operacional ou sobrecarga. A Figura 8, apresentada a seguir, ilustra graficamente os percentuais de ocupação, permitindo uma avaliação comparativa entre os diferentes postos da linha.

Figura 8 – Ocupação inicial por Posto de Trabalho (gráfico de colunas)



Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Logo, verifica-se um desbalanceamento na distribuição das atividades em relação à mão de obra disponível, evidenciado pela sobrecarga de alguns operadores e a ociosidade de outros. Esse cenário decorre, em grande parte, da falta de padronização nas rotinas operacionais, constatada ao comparar os procedimentos documentados, anteriormente coletados, com a prática diária na produção. Além disso, o desequilíbrio na alocação das tarefas entre os postos contribui para essa disparidade, fazendo com que certas etapas exijam maior esforço, impactando negativamente o desempenho geral da linha.

4.4 INDICADORES ATUAIS DA LINHA DE ACABAMENTO

Com o aumento da demanda produtiva, torna-se essencial revisar e otimizar os processos operacionais do setor de acabamento, visando o alinhamento às metas estratégicas e aos indicadores de desempenho definidos pela organização. Nesse contexto, impõe-se a

necessidade de reestruturar os POPs, com foco na eficiência, na padronização das atividades e na eliminação de desperdícios.

Atualmente, a linha de acabamento opera com uma média diária de 3.126 baterias produzidas, e conta com oito operadores e um líder de produção. A expectativa da diretoria é que este estudo contribua para a padronização do processo produtivo, resultando em um fluxo mais ágil. Entre os ganhos esperados, destacam-se o aumento do conforto operacional, crescimento da produção e a eliminação de perdas operacionais.

Além disso, a implementação de um novo modelo de produção, baseado nos princípios da melhoria contínua, tem potencial para gerar uma notável redução nos custos de fabricação. A padronização dos fluxos de trabalho e a eliminação das perdas permitirão, inclusive, a redução do quadro operacional, sem comprometer a produtividade da linha.

A meta central desse esforço é elevar o OLE de 65% para 80%, conforme estabelecido pela gestão. Para isso, é fundamental promover avanços nos três componentes do indicador:

- Disponibilidade: atualmente em 85%, deverá atingir 90%, por meio da redução de paradas e maior estabilidade operacional;
- Desempenho: hoje em 80%, precisa evoluir para 90%, mediante o rebalanceamento das atividades entre os postos de trabalho e o uso mais eficiente dos recursos;
- Qualidade: com desvio atual de 4% em relação ao ideal, deve manter-se em 99%, reforçando o controle de defeitos e a política de retrabalho zero.

Para este trabalho, o estudo e ações estão voltados especificamente para a melhoria do indicador de desempenho (performance) da linha de produção. Paralelamente, os indicadores de disponibilidade e qualidade estão sendo tratados por outras iniciativas em curso na organização, garantindo uma atuação integrada e abrangente sobre a eficiência geral da linha.

4.5 BALANCEAMENTO DOS POSTOS DE TRABALHO

Com base nos dados levantados, dá-se início ao processo de balanceamento das atividades entre os postos de trabalho, com o objetivo de distribuir as tarefas de forma mais equilibradas ao longo da linha produtiva. O primeiro passo para essa reorganização é o cálculo do Takt Time, indicador fundamental que define o ritmo ideal de produção necessário para

atender à demanda do cliente. Esse valor é obtido pela divisão do tempo disponível de produção diária pelo volume de unidades demandadas, servindo como referência para alinhar a capacidade produtiva ao ritmo do mercado.

Considerando uma demanda média diária de 3.126 baterias e uma jornada de trabalho de 7,33 horas por turno, com dois turnos diários (já deduzido o intervalo de descanso), o cálculo do Takt Time é realizado da seguinte forma:

$$Takt\ Time = \frac{7,33 \times 2 \times 60}{3.126} = 0,28\ min/bateria \quad (ou\ 16,8\ s/bateria) \quad (7)$$

A seguir, procede-se à definição do número ideal de postos de trabalho, com base no balanceamento da linha. Este cálculo é fundamental para garantir a distribuição equilibrada das tarefas entre os operadores, otimizando o tempo produtivo e minimizando desperdícios. A metodologia utilizada é amplamente reconhecida na literatura de gestão da produção (CHASE et al., 2013), e utiliza a seguinte fórmula:

$$N^{\circ}\ de\ Postos\ de\ Trabalho = \frac{Tempo\ de\ Ciclo}{Takt\ Time} \quad (8)$$

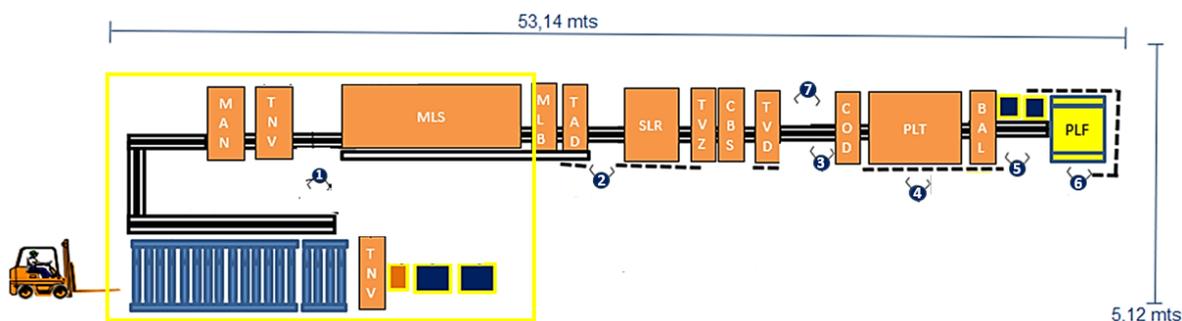
O tempo de ciclo desse processo é de 94,7 segundos, o que corresponde ao intervalo entre o início da produção de uma unidade e o início da produção da unidade seguinte na mesma etapa da linha de acabamento. Logo, aplicando-se os dados da linha de produção, temos que a quantidade ideal de postos é:

$$N^{\circ}\ de\ Postos\ de\ Trabalho = \frac{94,7\ segundos}{16,8\ segundos} = 5,64 \sim 6\ operadores \quad (9)$$

A partir da definição da quantidade de postos, é necessário identificar gargalos e ociosidades, com o objetivo de promover um balanceamento mais eficiente das atividades. Essa análise pode ser visualizada por meio da adaptação do gráfico de Gantt (figura 7) e de

do novo layout:

Figura 10 – Layout da linha de acabamento após a melhoria



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Após a implementação da melhoria no layout e a reconfiguração dos postos de trabalho, a linha de produção passou a operar com sete operadores, sendo seis diretamente alocados nos postos produtivos e um designado para funções de apoio operacional, como requisitado pela gestão.

Com a integração das atividades do início de linha e a nova disposição dos postos, foi possível redistribuir e padronizar as tarefas entre os seis operadores restantes da linha de forma equilibrada, promovendo uma equalização da carga de trabalho. Procedimentos foram revistos e comparados com a realidade de execução, estabelecendo-se deste modo, a melhor forma de execução das atividades para cada posto de trabalho. Essa redistribuição contou com a colaboração da produção, áreas de apoio e engenharia de processo, a fim de definir o melhor formato para os colaboradores. Este movimento integrado de diversas áreas contribuiu para a melhoria do fluxo operacional, evitando sobrecargas em determinadas etapas e reduzindo significativamente os tempos de espera entre processos.

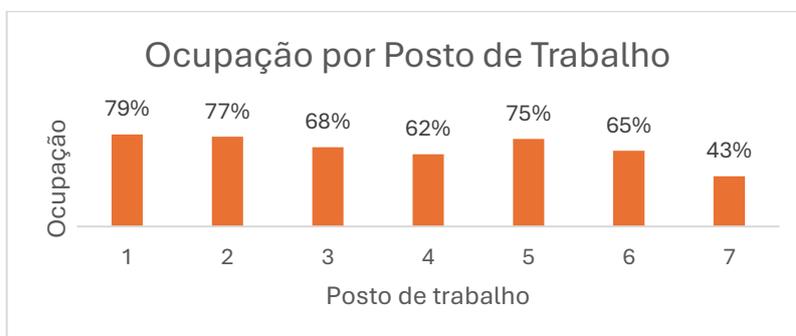
Essa nova configuração proporciona uma utilização mais eficiente dos recursos humanos, refletindo diretamente no aumento do desempenho da linha, na redução de desperdícios e na maior estabilidade do processo produtivo. Além disso, a padronização das tarefas facilita o treinamento de novos colaboradores e amplia a flexibilidade operacional, criando uma base mais sólida para a sustentação da melhoria contínua. Abaixo, pode-se visualizar o gráfico com a distribuição de atividades de acordo com a nova configuração na figura 11, assim como em seguida o gráfico com os percentuais de ocupação de cada posto neste novo formato na figura 12.

Figura 11 – Ocupação Final por Posto de Trabalho (gráfico de Gantt adaptado)

		Jonada de Trabalho (hs)	Refeição (hs)	Tempo Disponível (hs)
		08:00	01:00	07:00
BALANCEAMENTO DE LINHA - LIA 04 (reposição)				
		8ª Hora		
OP 01 (Abastecedor/MAN/TNV /MLS)	Teste de Qualidade TNV	00:05		
	Movimentação do palleto	00:03		
	Colocar 280 baterias na estufa	00:22		
	Desagitar do papaleto	00:04		
	Colocar capa de lavagem	00:12		
	livre	00:04		
	Limpeza	00:20		
		Tempo em Atividade (hs)	Tempo Livre (hs)	(%) Tempo em Atividade
		05:33	01:27	79%
		01:10		
OP 02 (TAD/SLR/TVZ)	Teste de Qualidade SLR	00:03		
	Teste de Qualidade	00:03		
	Reabastecer sobretampa	00:04		
	Retirar capa de lavagem e colocar sobretampa (280 bat)	00:28		
	Movimentar TVZ	00:02		
	Inspeccionar TVZ	00:03		
	Limpeza do espelho	00:05		
	livre	00:02		
	Limpeza	00:10		
		Tempo em Atividade (hs)	Tempo Livre (hs)	(%)
		05:24	01:36	77%
		01:00		
OP 03 (MSB/TVD/ROTULADORA)	Teste de qualidade TVD	00:03		
	Limpeza de 280 baterias	00:14		
	Colocar 280 certificados	00:14		
	Substituir rolina PLT	00:05		
	Trocar bobina do rótulo	00:05		
	livre	00:09		
	Limpeza	00:10		
		Tempo em Atividade (hs)	Tempo Livre (hs)	(%)
		04:46	02:14	68%
		01:00		
OP 04 (PLT)	Reabastecer rigrejinha	00:04		
	Colocar 280 igrejinhas	00:28		
	livre	00:18		
	Limpeza	00:10		
		Tempo em Atividade (hs)	Tempo Livre (hs)	(%)
		04:20	02:40	62%
		01:00		
OP 05 (Arreamento)	Reabastecer raias	00:04		
	Inspeccionar 280 baterias e colocar alças	00:30		
	livre	00:16		
	Limpeza	00:10		
		Tempo em Atividade (hs)	Tempo Livre (hs)	(%)
		05:15	01:45	75%
		01:00		
OP 06 (PLF)	Palletizar	00:30		
	livre	00:11		
	Etiquetar	00:02		
	Lançar produção	00:05		
	Limpeza	00:10		
		Tempo em Atividade (hs)	Tempo Livre (hs)	(%)
		04:34	02:26	65%
		00:58		
OP 07 (APOIO)	Recolher scraps	00:10		
	livre	00:20		
	Limpeza final	00:30		
		Tempo em Atividade (hs)	Tempo Livre (hs)	(%)
		03:02	03:58	43%
		01:00		

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Figura 12 – Ocupação Final por Posto de Trabalho (gráfico de colunas)



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Na nova configuração da linha, as atividades dos postos “Abastecimento e Nivelamento” e “Adição da Capa de Lavagem” foram integradas, passando a ser executadas

por um único operador. Para que fosse possível esta melhoria, como mencionado anteriormente, foram realizadas adequações no layout e implementada a padronização das atividades, garantindo que o operador pudesse desempenhar as funções de forma eficiente e sem sobrecarga.

Atualmente, o operador é responsável por alimentar a esteira com as baterias, garantindo o direcionamento correto para as máquinas de enchimento (MAN) e nivelamento (TNV), além de monitorar e validar os parâmetros operacionais desses equipamentos em tempo real. Em seguida, o mesmo colaborador executa a colocação da capa de lavagem sobre a tampa das baterias, assegurando a proteção contra a entrada de água ou sabão durante a passagem pela Máquina de Lavar e Secar (MLS).

Para os demais postos, constatou-se que após a nova cronoanálise, o percentual de ocupação foi reduzido, constatando que a realização da padronização dos procedimentos promoveu melhor fluidez e consistência no processo produtivo, eliminando perdas relacionadas a movimentações desnecessárias e tempos de espera. Como resultado, houve maior equilíbrio nos postos de trabalho e aproveitamento mais eficiente da mão de obra disponível na linha.

4.6 PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

Após a implementação da nova configuração das atividades na linha de produção, assim como a padronização das atividades nos postos de trabalho, tornou-se essencial documentar essas alterações, de modo a garantir a sustentabilidade e a continuidade das melhorias alcançadas. A padronização é um dos princípios centrais do STP, pois assegura a repetibilidade das operações, facilita o treinamento de novos colaboradores, promove a estabilidade do processo e contribui para a redução de variações e desperdícios (SHINGO, 1996).

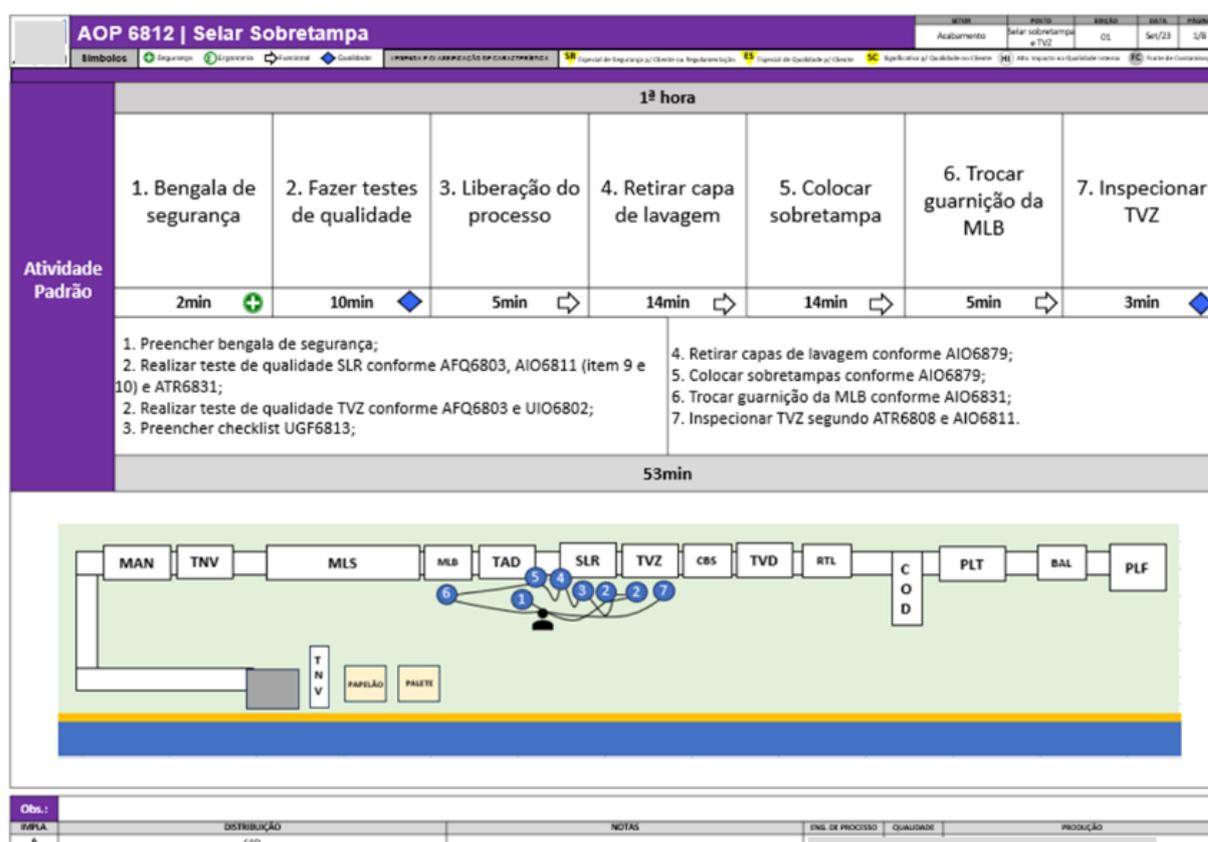
Nesse contexto, constatou-se que o procedimento prévio existente para a operação da linha de acabamento encontrava-se obsoleto, pois havia sido elaborado há um bom tempo e não passara por revisões periódicas. Como resultado, já não refletia a realidade atual do processo produtivo.

Diante dessa necessidade, foi desenvolvido um novo POP, apresentado na Figura 13,

contemplando os elementos essenciais para o balanceamento e a padronização das atividades. Entre seus principais componentes destacam-se: a sequência padronizada das tarefas, a repetibilidade esperada de cada ação, os documentos de referência necessários para execução, a duração de cada atividade e o layout atualizado do posto de trabalho.

Essa nova estrutura possibilita alocar os colaboradores de forma mais eficiente, elevando o desempenho operacional em termos de produtividade, qualidade e competitividade. A integração entre a nova configuração operacional, o layout otimizado e a formalização por meio do POP fortalece os resultados obtidos e assegura a sustentabilidade das melhorias implementadas ao longo do tempo.

Figura 13 – Procedimento Operacional Padrão



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Para cada posto de trabalho foram elaborados “POP’s” específicos, totalizando sete procedimentos operacionais diferentes. Cada documento reúne todas as informações necessárias para a execução das atividades, organizadas de acordo com a sequência operacional do planejamento hora a hora. Esse detalhamento garante clareza na execução das tarefas,

uniformidade na realização e eficiência ao longo de toda a linha de produção.

Por fim, visando consolidar a padronização e garantir a sustentabilidade das ações, foram realizados treinamentos operacionais em todos os postos de trabalho e turnos dentro de um período de 7 dias, ministrados pelo apoio e a engenharia de processos. Tais momentos de capacitação asseguram que os colaboradores estejam plenamente capacitados para operar conforme os novos procedimentos estabelecidos.

4.7 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos com a padronização das atividades e o balanceamento da força de trabalho demonstram, de forma clara e consistente, os benefícios da abordagem integrada adotada ao longo deste trabalho. Essa constatação foi possível tanto por meio da análise de indicadores quantitativos — como a quantidade de operadores na linha, desempenho operacional e volume de produção — quanto por meio de feedbacks colhidos junto aos operadores da linha, que relataram maior clareza nas tarefas e fluidez nas rotinas de trabalho.

A definição assertiva das tarefas, somada à integração entre layout, sequenciamento das atividades e os POPs, contribuíram significativamente para uma utilização mais eficiente da mão de obra disponível na linha, mesmo diante das variações de tempo entre as diferentes etapas da linha de produção. A aplicação do balanceamento de linha possibilitou uma melhor distribuição das tarefas, evitando sobrecargas, ociosidades e gargalos.

Com base nessa análise e nas oportunidades identificadas, a carga de trabalho entre os postos foi redistribuída estrategicamente. Os novos POPs foram fixados fisicamente em cada posto de trabalho, assegurando a uniformidade e a padronização das rotinas operacionais, além de facilitar a curva de aprendizado de novos colaboradores e a constância dos veteranos. Para garantir a execução correta das atividades padronizadas e promover o engajamento da equipe, foram realizadas rodadas de treinamento práticos com todos os operadores da linha.

A seguir, são apresentados os principais resultados antes e após a implementação das melhorias na tabela 2.

Tabela 2 – Antes x Depois dos Indicadores

Indicador	Antes da Melhoria	Depois da Melhoria	Variação
Número de operadores	8	7	- 12,5%
Produção diária (unidades)	3.126	3.359	+ 7,4 p.p.
Desempenho da linha (%)	80%	91%	+11 p.p.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Esses ganhos são atribuídos às intervenções propostas neste trabalho, no qual o principal objetivo do estudo — elevar o índice de desempenho da célula produtiva para 90% — foi atingido, representando um avanço de 11 pontos percentuais.

Além dos resultados numéricos, foi possível observar uma melhoria qualitativa significativa na percepção dos colaboradores quanto à nova dinâmica de trabalho. A seguir, alguns dos comentários registrados na tabela 3.

Tabela 3 – Impressão dos Colaboradores

Comentário do Colaborador	Impressão
“As tarefas estão mais claras.”	Positiva
“Os POPs me ajudam no dia a dia.”	Positiva
“Ficou mais fácil ensinar alguém novo.”	Positiva
“Com menos pessoas, a gente trabalha mais organizado.”	Positiva

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Os relatos obtidos reforçam que a padronização e o balanceamento das atividades não apenas elevaram os índices de produtividade e desempenho, mas também contribuíram para o bem-estar da equipe e para a melhoria do ambiente de trabalho.

A integração entre o layout otimizado, o balanceamento da força de trabalho e a padronização das rotinas operacionais demonstrou-se altamente eficaz para atingir os resultados planejados. Além dos ganhos tangíveis em produtividade e estabilidade operacional, foi possível observar melhor aproveitamento da mão de obra e maior engajamento dos colaboradores nas atividades da linha.

Esses resultados evidenciam o potencial da abordagem adotada e indicam que ela pode ser replicada em outras linhas ou setores da organização, fortalecendo de forma estratégica a competitividade e a sustentabilidade do sistema produtivo como um todo.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como propósito aplicar os conceitos do Sistema Toyota de Produção na linha de acabamento de baterias automotivas, com ênfase na padronização do trabalho e no balanceamento da força de trabalho. A partir do diagnóstico inicial, que evidenciou desequilíbrios na distribuição de tarefas, ausência de padronização e impacto negativo nos indicadores de desempenho, foram propostas e implementadas ações estruturadas que envolveram o mapeamento detalhado das atividades, a reconfiguração do layout, a elaboração de novos Procedimentos Operacionais Padrão e a capacitação da equipe.

Os resultados obtidos foram expressivos: o indicador de desempenho da linha evoluiu de 80% para 91%, superando a meta estabelecida pela organização; houve redução de 12,5% na quantidade de operadores necessários na linha e um aumento de 7,4% na produção diária. Além dos ganhos quantitativos, foram observadas melhorias qualitativas no engajamento da equipe, na clareza das tarefas e na organização do processo produtivo. Esses resultados evidenciam a eficácia da abordagem adotada e reforçam a aplicabilidade do STP como ferramenta para a melhoria contínua e para a competitividade industrial.

Este estudo mostra, pela perspectiva da Engenharia de Produção, que juntar o balanceamento, a padronização e o uso de indicadores como o OLE podem trazer melhorias duradouras sem precisar de grandes investimentos em infraestrutura. O que foi realizado pode servir de modelo para outras linhas de produção dentro da mesma empresa (o que já está sendo realizado) e para outras companhias ou setores que tenham desafios parecidos.

Além disso, abre caminho para novas pesquisas que avaliem como essas melhorias se comportam a longo prazo, não só no desempenho operacional, mas também em aspectos como qualidade e disponibilidade. Neste aspecto, pode-se avaliar como o balanceamento de linha e padronização do trabalho pode influenciar na redução de horas paradas e eliminação do refugo.

Também vale a pena investigar como essas práticas influenciam a motivação e o desenvolvimento da equipe, tendo em vista os ganhos em satisfação dos colaboradores mencionados anteriormente. Como um ambiente de trabalho mais organizado, atividades definidas e bem distribuídas, e suporte operacional podem fornecer um ambiente mais agradável ao desenvolvimento das atividades em linha.

Por fim, deixa-se a possibilidade de avaliar os impactos do balanceamento de linha e padronização do trabalho com as tecnologias da Indústria 4.0, a fim de acompanhar o processo em tempo real, a ligação entre esses dois fatores e como podem ser integrados de forma harmônica a fim de reduzir os custos e elevar a eficiência do processo. Esses pontos ajudam a entender melhor como essas ações podem beneficiar as empresas de forma ampla e sustentável.

REFERÊNCIAS

ALLIED MARKET RESEARCH. **Battery Materials Market by Type, Material Type, and Application: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021–2030**. Disponível em: <https://www.alliedmarketresearch.com/battery-materials-market-A11838>. Acesso em: 2 ago. 2025.

ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES JR., José Antonio Valle. Takt time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Gestão & Produção**, v. 8, n. 1, abr. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/RZFdSpRQdjVmWcjT6ZCLJnM/>. Acesso em: 2 ago. 2025.

ANDRADE, J. N. **Balanceamento de células de produção em uma empresa do polo de confecção**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/43734>. Acesso em: 1 ago. 2024.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas J. **Operations management for competitive advantage**. 13. ed. New York: McGraw Hill, 2013.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2022.

DENNIS, P. **Produção lean simplificada: um guia rápido para o entendimento e implementação do sistema de produção mais eficiente do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

EMBARCADOS. **Baterias de chumbo-ácido**. Disponível em: <https://embarcados.com.br/baterias-de-chumbo-acido/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

FERREIRA, K. A. B. **Proposta para o planejamento e balanceamento da linha de produção de uma indústria de confecções**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/43759/1/FERREIRA%2c%20Kamylla%20Atayza%20Bezerra.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HELIAR. Heliar completa 90 anos. **AutoIndústria**, 27 abr. 2021. Disponível em: <https://www.autoindustria.com.br/2021/04/27/heliar-completa-90-anos/>. Acesso em: 2 ago. 2025.

IMAI, M. **Kaizen: the key to Japan's competitive success**. New York: McGraw-Hill, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ENERGIA RECICLÁVEL – IBER. **IBER cada vez mais presente e atuante junto à cadeia produtiva de baterias do Brasil**. São Paulo, 2 set. 2021. Disponível em: <https://iberbrasil.org.br/blog/2021/09/02/iber-cada-vez-mais-presente-e-atuante-junto-a-cadeia-produtiva-de-baterias-do-brasil/>. Acesso em: 2 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ENERGIA RECICLÁVEL – IBER. **Raio-x do setor de baterias chumbo-ácido: confirma o desempenho do mercado em 2021**. São Paulo, 21 jun. 2022. Disponível em: <https://iberbrasil.org.br/blog/2022/06/21/raio-x-do-setor-de-baterias-chumbo-acido-confirma-o-desempenho-do-mercado-em-2021/>. Acesso em: 2 ago. 2025.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

LIKER, Jeffrey K.; CONVIS, Gary L. **O modelo Toyota de liderança lean: como conquistar e manter a excelência pelo desenvolvimento de lideranças**. Tradução de Raul Rubenich. Porto Alegre: Bookman, 2013.

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

MELO, L. B. A. **Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em linha de produção de ventiladores**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50302>. Acesso em: 1 ago. 2025.

MOURA. **Grupo Moura: sobre nós. Baterias Moura**. Disponível em: <https://www.moura.com.br/sobre-nos>. Acesso em: 2 ago. 2025.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM: total productive maintenance**. Portland, OR: Productivity Press, 1988.

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

OHNO, T. **Toyota production system: beyond large-scale production**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

REVISTA FATOR BRASIL. Produção de autoveículos fecha 2024 com alta de 9,7%, diz Anfavea. *Revista Fator Brasil*, 15 jan. 2025. Disponível em: <https://www.revistafatorbrasil.com.br/2025/01/15/producao-de-autoveiculos-fecha-2024-com-alta-de-97-diz-anfavea/>. Acesso em: 2 ago.

2025ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SAUSEN, Jordan Passinato; HAMMERSCHMITT, Bruno Knevez; CAPELETTI, Marcelo Bruno. Avanços na tecnologia de baterias de íons de lítio para mobilidade elétrica sustentável: um foco na degradação. In: **ENGRENHARIAS: DESAFIOS E SOLUÇÕES NAS MÚLTIPLAS FRONTEIRAS DO CONHECIMENTO**, 2024, p. 137-149. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/download-post/87577>. Acesso em: 2 ago. 2025.

SHINGO, S. **A revolution in manufacturing: the SMED system**. Cambridge: Productivity Press, 1989.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SPEAR, Steven. Learning to lead at Toyota. **Harvard Business Review**, v. 82, n. 5, p. 78–86, maio 2004. Disponível em: <https://hbr.org/2004/05/learning-to-lead-at-toyota>. Acesso em: 2 ago. 2025.

SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (TOYOTA PRODUCTION SYSTEM - TPS). **Lean Institute Brasil**. Disponível em: <https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-%28toyota-production-system---tps%29>. Acesso em: 2 ago. 2025.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; BURGESS, Nicola. **Operations management**. 7. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2014.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations management**. 6. ed. Pearson Education, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Free Press, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world**. New York: Rawson Associates, 1990.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2003.

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