

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TAMIRES ALMADA DO NASCIMENTO

ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UM FORNECEDOR DE PEÇAS METÁLICAS DE UM NOVO MODELO DE MOTOCICLETA: Um estudo de caso em uma indústria de duas rodas do polo industrial de Manaus.

MANAUS
2025

TAMIRES ALMADA DO NASCIMENTO

ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UM FORNECEDOR DE PEÇAS METÁLICAS DE UM NOVO MODELO DE MOTOCICLETA: Um estudo de caso em uma indústria de duas rodas do polo industrial de Manaus.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Nadja Polyana Felizola Cabete

MANAUS
2025

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

N244a Nascimento, Tamires Almada do
Análise da capacidade produtiva de um fornecedor de peças metálicas de um novo modelo de motocicleta : Um estudo de caso em uma indústria de duas rodas do Polo industrial de Manaus. / Tamires Almada do Nascimento . Manaus : [s.n], 2025.
59 f.: color.: 21,0 cm.

TCC - Graduação em Engenharia de Produção- Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2025.
Orientador: Cabete, Nadja Polyana Felizola.

1. Capacidade Produtiva. 2. Fornecedor Automotivo. 3. Takt Time. 4. soldagem. 5. Polo Industrial de Manaus. I. Cabete, Nadja Polyana Felizola (Orient.) II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Título

CDU(1997)658.5

TAMIRES ALMADA DO NASCIMENTO

ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UM FORNECEDOR DE PEÇAS METÁLICAS PARA UM NOVO MODELO DE MOTOCICLETA: um estudo de caso em uma indústria de duas rodas do polo industrial de Manaus

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data de aprovação: Manaus (AM), 10 de junho de 2025.

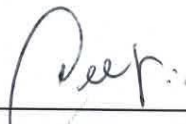
Banca examinadora:



Profa. Dra. Nadja Polyana Felizola Cabete
Universidade do Estado do Amazonas



Prof. Dr. Juvenal Pinheiro da Costa Filho
Universidade do Estado do Amazonas



Prof. Me. Carly Pinheiro Trindade
Universidade do Estado do Amazonas

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar e guiar em todas as conquistas e vitórias que tem sido alcançada em minha vida.

A minha mãe Rosena Almada e ao meu pai Alonso Sousa pela criação, orientação, amor, carinho, cuidado, torcida e incentivo para continuar e perseverar em todos os momentos.

As minhas amigas Nicole, Marcos e Ana Beatriz pelo apoio, incentivo e lealdade indiscutíveis durante todos os momentos importantes da graduação.

Aos meus chefes por acreditarem em mim, me ensinar, incentivar a crescer e aprender a cada novo desafio.

A professora Nadja Polyana Felizola Cabete e a professora Rejane Gomes Ferreira pela orientação, incentivo e ensinamentos constantes.

Por fim, gostaria de agradecer a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, mesmo que não mencionados nominalmente, mas que tiveram um papel importante em minha formação acadêmica.

“Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ontem e o outro se chama amanhã, portanto hoje é o dia certo para amar, acreditar, fazer e principalmente viver.”

Dalai Lama

RESUMO

Este estudo analisa os desafios enfrentados pelo fornecedor X, responsável pela produção de componentes metálicos para uma montadora de motocicletas no Polo Industrial de Manaus, em atender a demanda durante o lançamento de novos modelos. O objetivo central foi propor ações de melhoria para o planejamento de capacidade do fornecedor, garantindo o alinhamento entre sua produção e os requisitos da montadora. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso com abordagem quantitativa, utilizando dados históricos de produção, relatórios técnicos e medições operacionais coletados entre 2022 e 2024. Foram avaliadas as etapas críticas de estampagem e soldagem do Componente Z, peça estrutural essencial para o chassi das motocicletas. Os resultados evidenciaram que o gargalo produtivo se concentra na soldagem, com tempo de ciclo de 260 segundos por unidade, superior ao takt time requerido (236 segundos), além de ineficiências como paradas não planejadas e retrabalho. A análise comparativa entre capacidade instalada e demanda real revelou que a soldagem opera próxima à saturação, enquanto a estamparia apresenta folga significativa. Conclui-se que a avaliação tardia da capacidade (realizada apenas no PP3) limita a implementação de correções, sugerindo-se antecipar essa análise para três meses antes do início da produção. Recomenda-se a otimização do tempo de ciclo na soldagem por meio de revisão de layout, manutenção preventiva e treinamento de operadores, além de rebalancear a produção entre etapas. O trabalho contribui para a gestão de cadeias de suprimentos em ambientes dinâmicos, destacando a importância de alinhar capacidade produtiva a variações de demanda em projetos de novos produtos.

Palavras-chave: capacidade produtiva; fornecedor automotivo; *takt time*; soldagem; Polo Industrial de Manaus.

ABSTRACT

This study analyzes the challenges faced by Supplier X, responsible for producing metal components for a motorcycle manufacturer located in the Industrial Hub of Manaus, in meeting demand during the launch of new models. The main objective was to propose improvement actions for the supplier's capacity planning, ensuring alignment between its production and the manufacturer's requirements. The research is characterized as a case study with a quantitative approach, using historical production data, technical reports, and operational measurements collected between 2022 and 2024. The critical stamping and welding stages of Component Z—an essential structural part of the motorcycle chassis—were evaluated. The results revealed that the production bottleneck lies in the welding process, with a cycle time of 260 seconds per unit, exceeding the required takt time of 236 seconds, in addition to inefficiencies such as unplanned downtime and rework. A comparative analysis between installed capacity and actual demand showed that welding operates near saturation, while stamping has significant idle capacity. It is concluded that the late capacity assessment (conducted only at PP3) limits the implementation of corrective measures, suggesting that this analysis be anticipated to three months before the start of production. It is recommended to optimize the welding cycle time through layout revision, preventive maintenance, and operator training, as well as to rebalance production between stages. This study contributes to supply chain management in dynamic environments, highlighting the importance of aligning production capacity with demand fluctuations in new product development projects.

Keywords: *production capacity; automotive supplier; takt time; welding; Industrial Hub of Manaus.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Produção anual de motocicletas no Brasil (2020-2024).....	17
Figura 2 – Modelos de ajuste da capacidade	20
Figura 3 – Modelo de fluxograma de processo.....	28
Figura 4 – Diagrama de Pareto por itens defeituosos.....	29
Figura 5 – Diagrama de Ishikawa Fonte: Adaptado de Seleme e Stadler (2012).....	30
Figura 6 – Exemplo de aplicação de um gráfico de linhas.....	31
Figura 7 – Exemplo da aplicação de um gráfico de barras	32
Figura 8 – Análise da quantidade de ocorrências de atrasos	36
Figura 9 - Fornecedores com maiores tempos de atraso por área	37
Figura 10 – Ilustração dos componentes.....	42
Figura 11 – Demanda Diária Projetada	43
Figura 12 – Capacidade Diária da Prensa em Comparação a Demanda Diária Média de cada mês	44
Figura 13 – Capacidade Diária da Solda em Comparação a Demanda Diária Média de cada mês	44
Figura 14 - Plano de Produção Real do modelo estudado	46
Figura 15 – Capacidade Dia da Prensa com Rejeição x Demanda Real Ajustada ...	47
Figura 16 – Capacidade Diária de Solda x Demanda Real Ajustada.....	48
Figura 17 – Robô ABB utilizado na célula de solda	49
Figura 18 – Exemplo de peça com falha por respingo de solda	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência e quantidade de peças em atraso por componente	38
Tabela 2 – Demanda mensal prevista do novo modelo	39
Tabela 3 – Capacidade máxima de produção de peças por dia na prensa.	42
Tabela 4 – Capacidade máxima de produção de peças por dia na solda.....	43
Tabela 5 – Comparativo da demanda real <i>versus</i> demanda projetada.....	46

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Problema de Pesquisa	14
1.3	Justificativa da pesquisa	14
1.4	Objetivos	16
1.4.1	Objetivo Geral	16
1.4.2	Objetivos específicos	16
1.5	Estruturação do Trabalho	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Mercado de motos no Brasil	17
2.1.1	Desafios da previsão de demanda em novos modelos	18
2.1.2	Try-out's	18
2.1.3	Ramp – Up de produção	19
2.2	Capacidade produtiva	19
2.2.1	Tipos de capacidade	20
2.2.2	Restrições de produção para manufatura	23
2.3	Métricas de desempenho	23
2.3.1	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	23
2.3.2	Takt time	24
2.3.3	Tempo de Ciclo	25
2.4	Processo de fabricação	26
2.4.1	Stampagem	26
2.4.2	Soldagem	26
2.5	Ferramentas da qualidade	27
2.5.1	Fluxograma	27
2.5.2	Figura de Pareto	28
2.5.3	Diagrama de Ishikawa	29
2.6	Ferramentas de análise de dados	30
2.6.1	Gráfico de linhas	31
2.6.2	Gráfico de barras	32
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
3.1	Tipo de pesquisa	33
3.2	Definição da área e do alvo da pesquisa	33

3.3	Plano de análise dos dados	34
3.4	Descrição do caso na fabricante de motocicletas	35
3.4.1	<i>Descrição do problema e impactos na montadora de motocicletas</i>	35
3.4.2	<i>Tempo e Fases de desenvolvimento de um novo modelo</i>	38
3.4.3	<i>Projeção de Demanda e Takt Time</i>	39
3.5	Descrição do Caso no Fornecedor X.....	40
3.5.1	<i>Informações sobre o Fornecedor X</i>	40
3.5.2	<i>Descrição do Componente Z no fornecedor X.....</i>	41
3.5.3	<i>Descrição do processo produtivo do componente Z</i>	41
3.5.4	<i>Análise dos dados no desenvolvimento do item no fornecedor X</i>	42
3.5.5	<i>Comparativo da capacidade produtiva com a demanda diária projetada ...</i>	43
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	46
4.1.1	<i>Capacidade Efetiva da Estamparia.....</i>	47
4.1.2	<i>Capacidade Efetiva da Solda</i>	48
4.1.3	<i>Análise do Posto de Trabalho da Solda.....</i>	49
5	CONCLUSÃO.....	53

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A Indústria de Duas Rodas no Amazonas representa um dos pilares do desenvolvimento econômico da região Norte do Brasil, concentrando-se majoritariamente no Polo Industrial de Manaus (PIM). Estabelecido sob os incentivos fiscais da Zona Franca de Manaus, esse polo abriga as principais fabricantes de motocicletas do país, tornando-se referência nacional em volume de produção e geração de empregos.

A produção de motocicletas no Polo Industrial de Manaus depende de uma cadeia de fornecimento eficiente, onde os fornecedores de peças metálicas desempenham um papel crucial. O desenvolvimento de novos modelos de motocicletas não só impulsiona a inovação e competitividade no mercado, mas também aumenta significativamente a demanda por componentes específicos. Para atender a essa demanda de forma eficaz, é necessário que os fornecedores ajustem sua capacidade produtiva, garantindo que a produção em massa ocorra sem interrupções e que os novos modelos sejam entregues conforme o planejamento.

A produção em massa de novos modelos exige que o fornecedor de peças acompanhe de perto o aumento gradual da demanda e ajuste seu processo de produção de maneira flexível e eficiente. O sucesso no desenvolvimento de novos modelos está diretamente ligado à capacidade de um fornecedor atender rapidamente às necessidades de produção, garantindo que os componentes estejam disponíveis no tempo certo e em quantidade adequada. No entanto, muitos fornecedores enfrentam dificuldades em prever e adaptar sua capacidade produtiva a esse aumento de demanda e isso pode ocasionar gargalos e atrasos na produção, comprometendo prazos, qualidade do produto e o lançamento de novos modelos. (Slack; Chambers; Johnston, 2019)

Um dos principais desafios está no longo processo de desenvolvimento das peças, que exige testes, validações e ajustes solicitados pelo cliente final antes da produção em série, impactando diretamente os prazos de entrega. Além disso, a produção das novas peças pode competir por recursos com os itens de produção corrente, gerando gargalos produtivos e dificultando o atendimento simultâneo das demandas, muita das vezes as amostras realizadas antes da produção em massa são

realizadas fora da condição de produção. A falta de capacidade produtiva dos fornecedores, seja por limitação de mão de obra, maquinário ou infraestrutura, pode restringir a agilidade necessária para atender pedidos em grande volume, assim não atendendo a linha de montagem final dos novos modelos.

1.2 Problema de Pesquisa

O problema central deste estudo é o fato de que o fornecedor X de peças metálicas importantes para a montagem das motocicletas não consegue acompanhar o abastecimento da produção nos primeiros meses após o lançamento de novos modelos de motocicletas. A recorrência de atrasos e a falta de fornecimento adequado impactam diretamente a linha de montagem, comprometendo prazos, custos e a competitividade da montadora. Assim, a questão que norteia esta pesquisa é: Quais são as limitações de capacidade produtiva do fornecedor X que comprometem o atendimento da demanda nos primeiros meses de produção em massa de novos modelos de motocicletas?

1.3 Justificativa da pesquisa

A indústria de motocicletas no Polo Industrial de Manaus opera por meio de uma complexa rede de suprimentos, cuja eficiência é determinante para o cumprimento de prazos e metas de produção. Dentre os diversos elos dessa cadeia, os fornecedores de peças metálicas estampadas e soldadas exercem um papel essencial, especialmente durante o lançamento de novos modelos.

A justificativa para este estudo se sustenta na necessidade de aprimorar o planejamento e a gestão da capacidade produtiva dos fornecedores envolvidos nos processos iniciais de fabricação de novos modelos. A ausência de uma análise precisa da capacidade, somada à alta variação da demanda nos primeiros meses de produção, pode gerar desequilíbrios que comprometem o fluxo de abastecimento e resultam em atrasos significativos. Segundo Heizer, Render e Munson (2022), falhas no planejamento de capacidade podem acarretar aumento de custos operacionais, baixa utilização de recursos e impactos negativos no desempenho organizacional. Esses efeitos, quando não mitigados, comprometem a competitividade da montadora e a reputação de seus parceiros de fornecimento.

Este estudo visa, portanto, identificar os principais fatores que dificultaram o atendimento adequado da demanda por parte do fornecedor X, analisando criticamente o desenvolvimento de um item para novo modelo na sua estrutura de capacidade atual e o comportamento da demanda no início da sua produção em massa. A investigação pretende abordar aspectos como limitações físicas de maquinário, restrições de mão de obra, dificuldades no dimensionamento de recursos e nas falhas no acompanhamento do crescimento da demanda. A análise desses elementos permitirá propor soluções baseadas no balanceamento de capacidade, a flexibilização de recursos e o uso de projeções mais realistas para o planejamento da produção e reflexão para o desenvolvimento dos modelos futuros.

A relevância desta pesquisa também se justifica pelo papel estratégico da indústria de motocicletas na economia da região amazônica. O sucesso no lançamento de novos modelos depende da sincronização eficiente entre todos os agentes da cadeia produtiva, em especial os fornecedores de componentes críticos. Melhorar o desempenho desses fornecedores por meio de um planejamento de capacidade mais eficaz contribui para a estabilidade do setor, a redução de desperdícios e o aumento da confiabilidade nos processos. Além disso, conforme Corrêa, Giansesi e Caon (2017), a adoção de práticas avançadas de gestão da produção pode gerar vantagem competitiva sustentável, especialmente em ambientes produtivos com alta incerteza e variabilidade de demanda.

Dessa forma, o presente estudo se justifica não apenas pela sua relevância acadêmica, mas também pela sua contribuição prática e teórica ao propor alternativas inovadoras e metodologicamente embasadas para o aprimoramento do planejamento da capacidade produtiva do fornecedor X. Ao analisar criticamente os processos atuais e identificar as lacunas entre a capacidade instalada e a demanda real da montadora, esta pesquisa visa estabelecer um modelo mais robusto e adaptável, capaz de responder com maior precisão às flutuações do mercado. Além de abordar as causas fundamentais dos gargalos produtivos—sejam eles relacionados a limitações de maquinário, gestão de estoque ou alocação de recursos—o estudo propõe soluções baseadas em métodos consolidados, como a aplicação de técnicas de previsão de demanda e a otimização de processos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Analisar a capacidade produtiva do fornecedor X e propor ações corretivas que garantam o atendimento da demanda nos primeiros meses de produção de novos modelos de motocicletas.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Levantar a necessidade de capacidade para o fornecedor X de uma peça soldada para um novo modelo;
- b. Estimar o impacto das variações de demanda na capacidade produtiva do fornecedor de peças estampadas e soldadas para o item em estudo;
- c. Analisar a capacidade do fornecedor para atender aos picos de demanda nos primeiros meses de produção.

1.5 Estruturação do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco seções, organizados para conduzir o leitor desde a contextualização do problema até a apresentação dos resultados e conclusões. A primeira seção introduz o tema, apresentando a problemática enfrentada pelo fornecedor X no atendimento à demanda de novos modelos de motocicletas, bem como os objetivos, a justificativa e a relevância do estudo. A segunda seção é dedicada à fundamentação teórica, reunindo os principais conceitos e autores que embasam a pesquisa, com foco em capacidade produtiva, lançamento de novos produtos, processos de fabricação e ferramentas de análise da qualidade.

A terceira seção descreve os procedimentos metodológicos adotados, detalhando o tipo de pesquisa, o recorte do estudo, os métodos de coleta e análise dos dados, além da caracterização da montadora e do fornecedor analisado. Na quarta seção são apresentados os resultados da pesquisa, com a análise da capacidade instalada, efetiva e realizada do fornecedor X em comparação com a demanda projetada e real, destacando os principais gargalos produtivos e propondo ações de melhoria. A quinta seção apresenta as conclusões, retomando os objetivos do trabalho à luz dos resultados obtidos e as recomendações para futuras ações estratégicas e sugestões de pesquisas relacionadas ao tema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

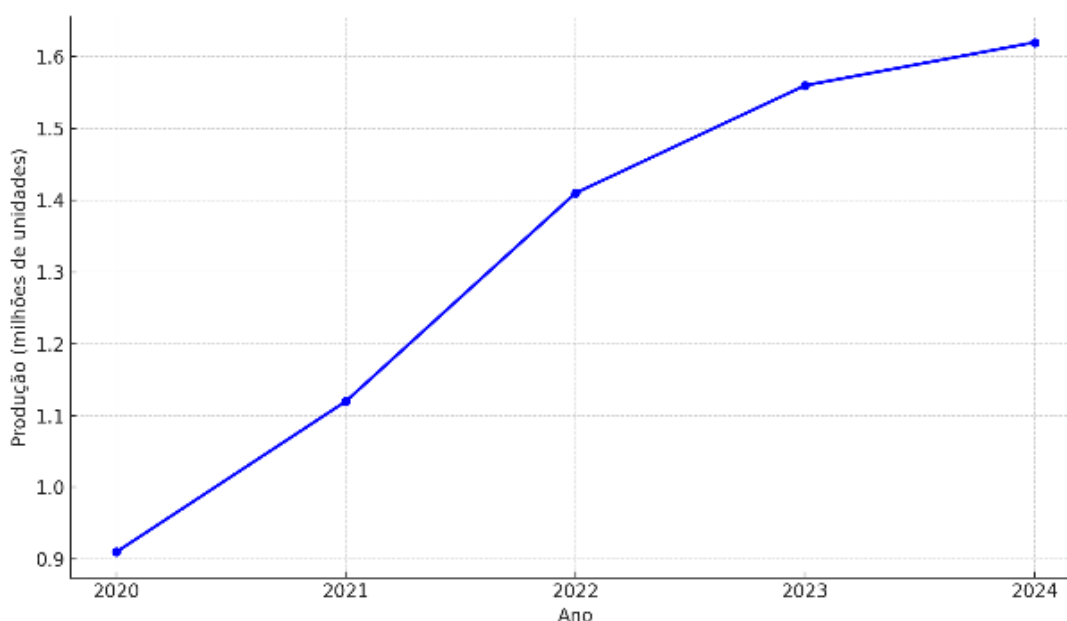
Este capítulo tem como objetivo apresentar os principais conceitos, teorias e estudos presentes na literatura, que servem de base para a compreensão e embasamento do tema abordado neste trabalho.

2.1 Mercado de motos no Brasil

O mercado de motocicletas no Brasil é um dos mais relevantes da indústria automotiva nacional, tanto pela sua expressiva participação econômica quanto pela complexidade de sua cadeia produtiva. O país ocupa atualmente a posição de 6º maior produtor mundial de motocicletas, sendo que mais de 98% da produção está concentrada no Polo Industrial de Manaus (ABRACICLO, 2024).

Em 2023, foram produzidas 1,56 milhão de motocicletas, representando um crescimento de 10,3% em comparação a 2022. Conforme apresentado na figura 1, ocorre o aumento é constante da produção de motocicletas e este cenário é impulsionado, pelo aumento da demanda urbana, crescimento dos serviços de entrega, e pela busca por alternativas mais econômicas de transporte individual.

Figura 1 – Produção anual de motocicletas no Brasil (2020-2024)



Fonte: Adaptado de ABRACICLO,2024.

Com esse panorama, o Brasil se consolida como um mercado em expansão e requer atenção contínua ao planejamento de capacidade e controle de estoques.

2.1.1 *Desafios da previsão de demanda em novos modelos*

A previsão de demanda para novos modelos de veículos, enfrenta desafios críticos que impactam diretamente no planejamento produtivo. Em longo prazo (acima de 3 anos), a incerteza regulatória, como mudanças em políticas de emissões de gases e incentivos fiscais, a dependência de uma infraestrutura complementar dificultam a estimativa de vendas, impactando os investimentos em linhas de produção e a aquisição de insumos estratégicos (Chopra; Sodhi, 2020). No médio prazo (6 meses a 2 anos), interrupções na cadeia de suprimentos, como escassez de componentes eletrônicos ou atrasos logísticos, comprometem a capacidade de ajustar volumes produtivos, gerando subutilização de recursos ou estoques excessivos (Fildes; Goodwin, 2023).

Já no curto prazo (até 6 meses), a volatilidade do mercado, influenciada por fatores sazonais ou crises econômicas, exige métodos ágeis, como algoritmos preditivos, para reprogramar produção e evitar rupturas (Slack *et al.*, 2022). Além disso, a concorrência global e a rápida obsolescência tecnológica exigem revisões frequentes das projeções, obrigando a cadeia produtiva a ter flexibilidade.

Diante desses desafios de previsão de demanda, as fases subsequentes ao desenvolvimento do novo modelo — como os *try-out's* e o *ramp-up* da produção — são diretamente impactadas. A incerteza quanto aos volumes reais de venda dificulta a definição precisa dos lotes-piloto e a calibração dos processos durante o *try-out*, comprometendo a validação de qualidade e o ajuste fino da linha produtiva. Já no *ramp-up*, quando se busca o aumento progressivo da capacidade até atingir o ritmo pleno de produção, falhas na previsão podem levar tanto à ociosidade de recursos quanto à sobrecarga não planejada, afetando prazos e custos.

2.1.2 *Try-out's*

Os *try-outs* constituem a etapa de validação final em que componentes, subconjuntos e processos de montagem são testados sob condições próximas à produção em série, certificando padrões de segurança funcional (ISO 26262:2018) e práticas de manufatura enxuta e digitalização (Lean 4.0, digital *twin*). Durante esta fase, identificam-se e corrigem-se problemas de montabilidade, qualidade dimensional, robustez de processos e integração de sistemas de segurança e controle preditivo, garantindo a confiabilidade do novo modelo de motocicleta antes do lançamento em série.

2.1.3 Ramp – Up de produção

O *ramp-up* é a fase inicial de aumento progressivo da produção após o desenvolvimento de um novo produto, visa atingir a capacidade normal de fabricação. Essa etapa é crítica, pois envolve a transição do projeto para a produção em escala, exigindo ajustes finos nos processos e identificação de falhas residuais. Segundo Haller *et al.* (2003), o *ramp-up* compreende atividades de qualificação e testes dos equipamentos, sobrepondo-se à definição de comissionamento, com o objetivo de verificar a confiabilidade operacional da planta conforme os requisitos estabelecidos no processo de desenvolvimento do produto.

Clark e Fujimoto (1991) identificaram duas estratégias distintas de *ramp-up* na indústria automotiva: uma abordagem gradual, que prioriza a estabilidade e controle das condições operacionais, e uma abordagem mais agressiva, que busca acelerar a produção mesmo com riscos maiores de instabilidade.

No contexto brasileiro, Sillos, Barbalho e Rojic (2012) realizaram um estudo de caso em uma empresa de base tecnológica, evidenciando que a gestão de configurações é uma ferramenta valiosa para o controle do *ramp-up*. A análise das curvas, atrelada à gestão das configurações, permite a aplicação de melhorias contínuas ao longo da fase de lançamento de novos produtos, para garantir a eficácia do processo e a estabilização da produção.

2.2 Capacidade produtiva

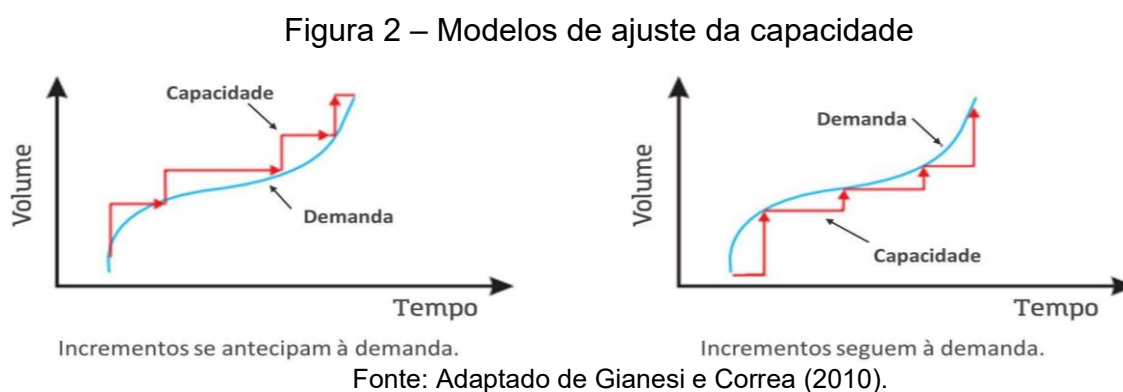
A capacidade produtiva refere-se ao número máximo de produtos ou serviços que uma fábrica é capaz de produzir dentro de um período (Moreira, 2009). A capacidade produtiva é entendida como o potencial máximo de produção de bens ou serviços que uma organização pode alcançar com os recursos disponíveis, servindo como base para o planejamento e o controle operacional. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), ela constitui o potencial produtivo de que a empresa tem, enquanto Kato, Takaki e Souza (2003) a descrevem como sendo o volume ideal de produção de produtos/serviços que a empresa pode realizar.

Compreender e gerenciar a capacidade produtiva é essencial para alinhar a produção à demanda do mercado, evitando tanto a ociosidade quanto a sobrecarga dos recursos. O planejamento e as decisões tomadas com relação à capacidade produtiva são estratégicos e vitais para a empresa, pois exercem forte influência sobre sua rentabilidade (Slack; Chambers; Johnston, 2002) Uma empresa com excesso de

capacidade produtiva — isto é, cuja demanda é inferior à sua capacidade máxima — pode ocorrer de incidir custos ociosos que reduzem sua margem de lucro, dado que os recursos não são totalmente utilizados (Kato; Takaki e Souza, 2003).

Por outro lado, quando a demanda potencial supera a capacidade instalada, há perda de produção e de participação de mercado, visto que a empresa não consegue atender a todo o volume demandado (Peinado; Graeml, 2007). Nessas duas situações, a rentabilidade das empresas não está sendo otimizada, pois há desequilíbrio entre os custos de manutenção de capacidade e as receitas efetivas (Watts *et al.*, 2009).

A esse respeito, um aspecto importante que as empresas devem levar em consideração é o instante em que se dá o incremento de capacidade, já que a definição do momento adequado para ampliar recursos produtivos pode equilibrar a relação entre oferta e demanda, mitigando custos de transição e assegurando o retorno sobre o investimento (Heizer e Render, 2001), conforme apresentado na figura 2, na qual dois modelos de ajuste da capacidade produtiva em relação à demanda ao longo do tempo:



A escolha entre antecipar ou reagir depende do custo de ajuste de capacidade versus o custo de oportunidade de não atender a produção pedida. Conforme Heizer e Render (2001), o ponto ótimo de incremento deve equilibrar o investimento em recursos e a variabilidade esperada da demanda.

2.2.1 Tipos de capacidade

A gestão da capacidade produtiva distingue quatro níveis de mensuração: instalada, disponível, efetiva e realizada, que variam do potencial teórico ao desempenho alcançado pela planta. Conforme será detalhado nas seções subsequentes.

2.2.1.1 Capacidade instalada

A capacidade instalada representa o volume máximo que o sistema poderia produzir se operasse 24 h por dia, todos os dias do período, sem qualquer interrupção ou perda operacional (Singh; Rathi; Kaswan, 2021). É calculada dividindo-se a carga horária teórica total (por exemplo, 24 h × nº de dias úteis) pelo tempo padrão de produção por unidade conforme a fórmula (1):

$$\text{Capacidade instalada} = \frac{\text{Carga Horária Total}}{\text{Tempo Padrão}} \quad (1)$$

(1)

Onde:

Capacidade Instalada = quantidade máxima de produção no período;

Carga Horária Total = total de horas disponíveis para produção;

Tempo Padrão = tempo necessário para produzir uma unidade.

Este indicador, embora raramente atingido na prática, serve de parâmetro de referência para investimentos em expansão e comparação entre plantas de diferentes portes (Ng Corrales *et al.*, 2020)

2.2.1.2 Capacidade Disponível

A capacidade disponível corresponde ao volume máximo de produtos que um recurso pode gerar ao longo de sua jornada de trabalho, descontadas apenas as pausas regulamentares e sem considerar quaisquer perdas operacionais. Tal definição equipara-se à de capacidade instalada nesse aspecto de não incluir ineficiências do processo (Staudt *et al.*, 2011)

Takaki e Souza (2003) propõem que essa métrica seja calculada pela razão entre a carga horária diária efetivamente programada, o total de horas de trabalho em um turno e o tempo padrão de produção de uma peça, que varia conforme o método de trabalho e as características de cada produto. A capacidade disponível é normalmente expressa em horas-peça, conforme a fórmula (2):

$$\text{Capacidade disponível} = \frac{\text{Carga Horária Programada}}{\text{Tempo Padrão}} \quad (2)$$

Onde:

Capacidade disponível = capacidade produtiva considerando o que foi efetivamente programado;

Carga horária programada = horas de trabalho previstas no período;

Tempo padrão = tempo necessário para fabricar uma unidade.

2.2.1.3 Capacidade efetiva

A capacidade efetiva é obtida a partir da capacidade disponível, descontando-se as paradas planejadas (manutenção preventiva, trocas de *setup* etc.). Primeiro, calcula-se as horas disponíveis subtraindo da carga horária de trabalho sendo o tempo utilizado pelas paradas programadas, conforme a fórmula (3):

$$\text{Horas Disponíveis} = \text{Carga Horária} - \text{Tempo de Paradas Planejadas} \quad (3)$$

Onde:

Horas Disponíveis = tempo efetivo para produção;

Carga Horária = total de horas previstas de trabalho;

Tempo de Paradas Planejadas = tempo reservado para manutenções e reuniões;

Em seguida, divide-se as horas disponíveis pelo tempo padrão de produção (de cada unidade para obter a capacidade efetiva (CE), conforme a fórmula (4):

$$CE = \frac{\text{Horas Disponíveis}}{\text{Tempo Padrão}} \quad (4)$$

Onde:

CE = Capacidade Efetiva;

Horas Disponíveis = tempo disponível para produção;

Tempo padrão = tempo necessário para produzir uma unidade.

Esse procedimento permite medir o volume de produção que o sistema pode efetivamente suportar em condições controláveis, servindo de base para o cálculo de indicadores de eficiência e para o planejamento de recursos (Staudt *et al.*, 2011).

2.3.1.4 Capacidade realizada

A capacidade realizada representa o volume efetivamente produzido por um sistema produtivo, considerando todas as perdas não planejadas que ocorrem durante o processo. Segundo Staudt *et al.* (2011), essa capacidade é obtida a partir da capacidade efetiva, subtraindo-se as horas perdidas devido a interrupções imprevistas, como quebras de máquinas, faltas de energia, absenteísmo e escassez de matéria-prima. Essas perdas são consideradas ineficiências operacionais que impactam diretamente na produtividade da empresa.

O cálculo da capacidade realizada é feito conforme a fórmula (5):

$$CR = \frac{HD - H_{np}}{\text{Tempo padrão}} \quad (5)$$

Onde:

CR: Capacidade realizada (unidades)

HD: Horas Disponíveis após descontar paradas planejadas (h)

H_{np}: Horas perdidas por paradas não planejadas (h)

TP: Tempo padrão unitário de produção (h/unidade)

Essa abordagem permite uma avaliação mais precisa da eficiência operacional, destacando a importância de monitorar e minimizar as perdas não planejadas para otimizar a produtividade.

2.2.2 Restrições de produção para manufatura

De acordo com a Teoria das Restrições (TOC) de Goldratt (1984), sistemas complexos possuem ao menos uma restrição que limita seu desempenho. Essas restrições podem ser internas, relacionadas às operações da organização, ou externas, ligadas a fatores como demanda de mercado e regulamentações ambientais (Fernandes, 2020; Souza *et al.*, 2022). Identificar a restrição crítica é essencial para atender futuras demandas, exigindo análise dos gargalos produtivos (Lacerda, 2019).

A TOC propõe um protocolo para mitigar restrições: identificar e explorar a restrição, alinhar processos à capacidade do gargalo, e aumentar a capacidade da restrição por meio de investimentos ou otimizações. Este ciclo se repete continuamente para novas limitações (Goldratt e Cox, 2016).

2.3 Métricas de desempenho

As métricas de desempenho são ferramentas quantitativas e qualitativas utilizadas para avaliar a eficiência, eficácia e produtividade de processos, produtos ou serviços em uma organização. Segundo Martins e Laugeni (2021), a escolha adequada dessas métricas permite identificar gargalos, alinhar operações às metas estratégicas e promover melhorias contínuas. A integração de dados em tempo real, via sistemas de gestão, amplia a precisão e a agilidade na tomada de decisão (Tubino, 2017).

2.3.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Uma das métricas amplamente utilizada é *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) – Eficiência Global dos Equipamentos, onde na gestão da produção é utilizada por integrar três dimensões essenciais: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Conforme Nakajima (1988), o conceito foi proposto como parte do *Total Productive*

Maintenance (TPM), visando quantificar a eficácia real dos equipamentos ao identificar perdas operacionais, como paradas não programadas, redução de velocidade e defeitos na produção (Hanson, 2019).

O cálculo do OEE é dado pela multiplicação das três variáveis, conforme a Fórmula (6):

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (6)$$

Onde:

OEE = Eficiência Global dos Equipamentos;

Disponibilidade = tempo em que o equipamento está disponível para produção;

Desempenho = taxa de produção em relação à capacidade máxima;

Qualidade = percentual de produtos conformes.

A Disponibilidade mede quanto tempo a operação está funcionando em comparação com o tempo planejado, sem incluir interrupções inesperadas. O Desempenho compara a produção real com a capacidade teórica, levando em conta pequenas paradas e redução de ritmo. A qualidade avalia a quantidade de unidades produzidas que não precisam de retrabalho ou não são rejeitadas (Hanson, 2019).

Estudos mostram que um OEE ideal se aproxima de 85%, mas a média global em setores industriais permanece próxima de 60%, refletindo oportunidades significativas de melhoria (Basso *et al.*, 2020). A implementação do OEE é destacada como uma ferramenta estratégica para otimização de processos, a redução de desperdícios e a análise de dados em tempo real.

2.3.2 *Takt time*

O *Takt Time*, termo originário do alemão *takt* (ritmo ou batida), representa o intervalo de tempo necessário para produzir uma unidade de produto, alinhando-se à demanda do cliente e garantindo fluxo contínuo (Tapping *et al.*, 2019). Na filosofia Lean, esse indicador sincroniza a capacidade produtiva com as necessidades do mercado, evitando desperdícios por superprodução ou subutilização de recursos (Liker, 2021). Conforme a ISO 22468 (2020), seu cálculo é definido como na fórmula (7):

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ operacional\ efetivo\ diário}{Demanda\ Diária} \quad (7)$$

Onde:

Takt Time = tempo disponível para produzir uma unidade, baseado na demanda do cliente;

Tempo Operacional Efetivo Diário = tempo de operação diário do sistema, considerando paradas e inatividade;

Demanda Diária = quantidade de unidades que precisam ser produzidas por dia para atender à demanda.

Por exemplo, para uma demanda mensal de 8.400 unidades, com 20 dias úteis e jornada diária de 420 minutos líquidos (25.200 segundos), tem-se:

$$Takt\ Time = \frac{25.200\ segundos}{420\ peças/dia} = 60\ segundos/peça$$

Nesse cenário, cada operação deve ser concluída em 60 segundos, assegurando produção nivelada e entrega contínua (Rother e Harris, 2021). Desvios desse ritmo podem resultar em desequilíbrios: excesso de estoque em alguns itens e escassez em outros, impactando prazos e aumentando custos (Shingo, 2019). No contexto de variedade de produtos, o *Takt Time* guia a produção em pequenos lotes, priorizando as sequências e quantidades demandadas, promovendo a flexibilidade e eficiência operacional (Womack e Jones, 2020).

2.3.3 Tempo de Ciclo

O tempo de ciclo corresponde ao intervalo máximo permitido em cada estação de trabalho para a conclusão de uma unidade antes de sua transferência à etapa subsequente (Peinado, 2007). Segundo Martins e Laugeni (2021), esse parâmetro é fundamental para o balanceamento de linhas de produção, devendo ser definido previamente. A fórmula para seu cálculo, conforme Tubino (2017), é expressa pela fórmula (08):

$$TC = \frac{TD}{D} \tag{8}$$

Onde:

TC = tempo de ciclo (minutos/unidade);

TD = tempo disponível para produção diária (minutos/dia);

D = demanda média diária (unidades/dia).

A precisão no dimensionamento do TC assegura a sincronização das operações, evitando gargalos e otimizando a eficiência produtiva (Martins e Laugeni, 2021).

2.4 Processo de fabricação

Os processos de fabricação compreendem as técnicas empregadas para transformar matérias-primas em produtos acabados ou semiacabados, atendendo às exigências de diferentes setores industriais. Dentre esses processos, destacam-se a estampagem e a soldagem, amplamente utilizados na indústria automotiva e de motocicletas pela sua relevância na conformação e união de componentes estruturais.

2.4.1 Estampagem

Entre os processos de conformação de materiais, a estampagem de chapas metálicas destaca-se por sua ampla utilização na indústria metalomecânica atual. O processo é amplamente adotado devido à sua elevada produtividade, ao baixo custo de produção em larga escala e à capacidade de gerar peças com geometrias complexas e variadas (Silva *et al.*, 2023). A estampagem consiste basicamente na transformação da geometria plana de uma chapa metálica em uma forma tridimensional, por meio da aplicação de tensões externas. Essa transformação é realizada utilizando-se uma matriz e um punção, que moldam a chapa de acordo com o formato desejado (Costa e Almeida, 2022).

Os processos de estampagem se caracterizam por sua diversidade operacional, podendo incluir etapas fundamentais como corte, dobra, repuxo e estiramento, cada uma delas desempenhando um papel crítico na conformação do material. Essas operações são cuidadosamente planejadas para atender não apenas às exigências geométricas do projeto, mas também às propriedades mecânicas exigidas pelos produtos, tais como resistência à tração, dureza e ductilidade. A precisão dimensional e a repetibilidade no processo são fatores determinantes para garantir a qualidade das peças, especialmente em setores de alta exigência, como a indústria automotiva, onde tolerâncias mínimas e consistência na produção são requisitos essenciais para a integração dos componentes em sistemas complexos (Martins *et al.*, 2024).

2.4.2 Soldagem

A soldagem é um dos processos de união de materiais mais utilizados na indústria moderna, sendo essencial para a fabricação, manutenção e reparo de estruturas metálicas. De maneira geral, consiste na união de duas ou mais peças através do aquecimento localizado, podendo ou não envolver a aplicação de pressão

e o uso de material de adição (Silva e Costa, 2021). Este processo proporciona juntas permanentes com alta resistência mecânica, sendo aplicado em setores como a indústria naval, automobilística, aeroespacial e de construção civil.

Os métodos de soldagem são bastante variados e evoluíram para atender diferentes demandas produtivas e de materiais. Entre os principais processos, destacam-se a soldagem a arco elétrico, a laser, por resistência e a soldagem por fricção (Mendes *et al.*, 2023). A escolha do processo adequado depende de fatores como o tipo de material, espessura da peça, propriedades desejadas para a junta e condições econômicas.

2.5 Ferramentas da qualidade

A adoção de ferramentas da qualidade pelas organizações modernas baseia-se na identificação de causas raiz para otimizar processos, reduzir custos e elevar a satisfação do cliente (Salles, 2020). Em um cenário competitivo e digital, essas ferramentas são estratégicas, integrando métodos estatísticos e visuais para decisões baseadas em dados (Kumar *et al.*, 2019). Classificadas como tradicionais, organizacionais e gerenciais, elas são essenciais para mapear fluxos, priorizar ações e monitorar resultados, o que valoriza a precisão e agilidade na análise de informações (Tortorella *et al.*, 2021).

Estudos recentes destacam que a eficácia dessas ferramentas está vinculada à capacidade de traduzir dados complexos em dados acionáveis, utilizando recursos visuais como Figuras e diagramas (Montgomery, 2020). Para Garza-Reyes (2015), a integração de técnicas estatísticas com abordagens gerenciais permite não apenas diagnosticar falhas, mas também prever comportamentos de processos, fortalecendo a cultura de melhoria contínua. Nesse sentido, este estudo visa a utilização das ferramentas fluxograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito para a identificação das causas da problemática.

2.5.1 Fluxograma

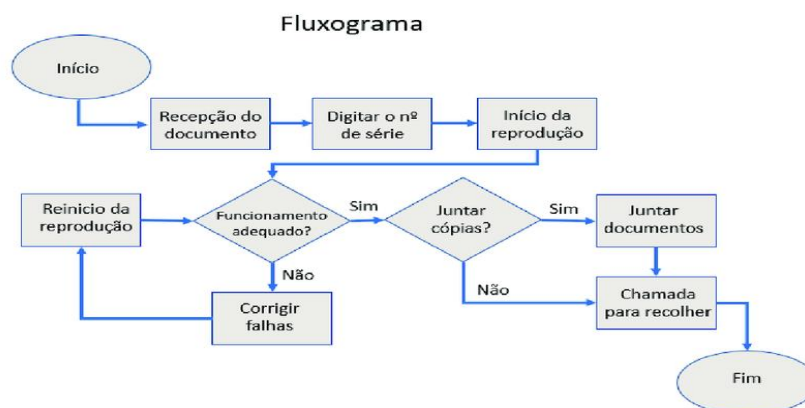
O fluxograma é um tipo de diagrama utilizado para representar esquematicamente um processo, ilustrando de maneira simples a transição de informações entre seus elementos constituintes. Na prática, ele documenta os passos necessários para a execução de um processo, sendo amplamente utilizado em

fábricas, indústrias e outros ambientes organizacionais para a gestão e organização de produtos e processos.

Segundo o Manual de Ferramentas da Qualidade do Sebrae (2005), a construção de um fluxograma envolve etapas essenciais: definição clara do processo a ser representado; elaboração de um macrofluxo identificando os grandes blocos de atividades; formação de um grupo composto pelas pessoas diretamente envolvidas no processo; detalhamento das etapas e descrição das atividades e produtos ou serviços correspondentes; identificação dos responsáveis por cada atividade; e, finalmente, validação do fluxograma, corrigindo eventuais divergências em relação ao processo real.

Oliveira (2012) acrescenta que o fluxograma, enquanto instrumento de múltiplas funções, permite, através da sua representação gráfica, visualizar e compreender melhor os processos em execução, as fases operacionais, a interligação com outros processos e a documentação envolvida. A seguir, na figura 3 apresenta-se um modelo atualizado de fluxograma, ilustrando a estrutura básica de um processo:

Figura 3 – Modelo de fluxograma de processo



Fonte: Adaptado do SEBRAE, 2005.

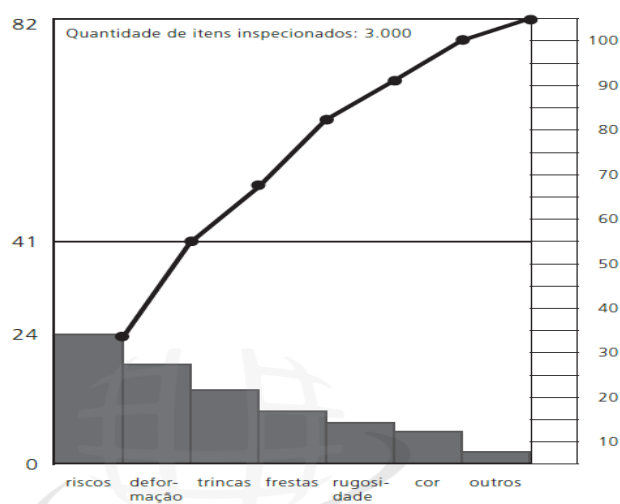
2.5.2 Figura de Pareto

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta gráfica utilizada para identificar e priorizar problemas ou causas que geram a maioria dos efeitos em um processo. Baseado no princípio 80/20, ele demonstra que aproximadamente 80% dos efeitos vêm de 20% das causas (Lélis, 2018). Sua aplicação permite que organizações concentrem esforços em ações corretivas ou de melhoria com maior impacto nos resultados (Fonseca, 2018).

A construção do Diagrama de Pareto envolve a coleta e classificação de dados, contagem das ocorrências, ordenação das categorias em ordem decrescente de frequência e elaboração de um Figura de barras, acompanhado de uma linha de porcentagem acumulada (Revista gestão e secretariado, 2023). Essa análise facilita a identificação das causas mais críticas, otimizando a definição de estratégias e o uso de recursos (Diniz, 2014).

A figura 4 ilustra um exemplo de Diagrama de Pareto aplicado à inspeção de itens defeituosos, destacando as categorias com maior incidência de problemas.

Figura 4 – Diagrama de Pareto por itens defeituosos



Fonte: Seleme e Stadler (2012).

2.5.3 Diagrama de Ishikawa

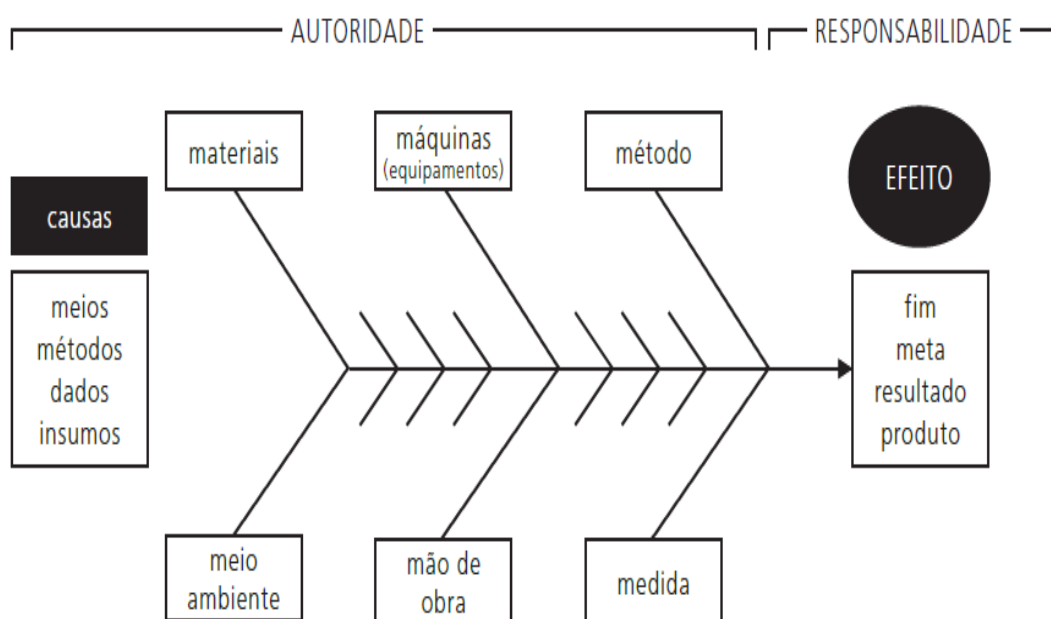
O Diagrama de Ishikawa, criado por Kaoru Ishikawa na década de 1960, é uma ferramenta essencial na gestão da qualidade, utilizada para mapear relações causais entre problemas e suas origens. Também denominado Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe, sua estrutura visual organiza o problema principal na "cabeça" do diagrama, enquanto as "espinhas" representam categorias de causas potenciais, facilitando a análise sistemática (Miguel, 2001). Conforme Batista e Gois (2013), essas causas são tradicionalmente agrupadas em seis categorias, conhecidas como 6M:

- a. Método: Refere-se aos procedimentos operacionais adotados.
- b. Medição: Envolve critérios de avaliação e decisões baseadas em dados.
- c. Máquina: Abrange aspectos técnicos e operacionais dos equipamentos.

- d. Meio ambiente: Considera fatores internos e externos ao local de trabalho.
- e. Material: Relaciona-se à qualidade e adfórmula da matéria-prima.
- f. Mão de obra: Inclui competências e treinamento dos colaboradores.

Essa categorização, ilustrada na Figura 5, permite uma análise hierárquica das causas, conforme destacado por Ballester-Alvarez (2010), que defende a estruturação visual como meio para priorizar intervenções e compreender efeitos sobre a qualidade do produto.

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado de Seleme e Stadler (2012).

Além disso, estudos recentes destacam a integração do Ishikawa com ferramentas complementares, como análise estatística, para aprimorar a tomada de decisão. Costa e Ribeiro (2023) argumentam que a combinação de técnicas qualitativas e quantitativas potencializa a resolução de problemas complexos, especialmente em setores de alta criticidade, como a metalurgia.

2.6 Ferramentas de análise de dados

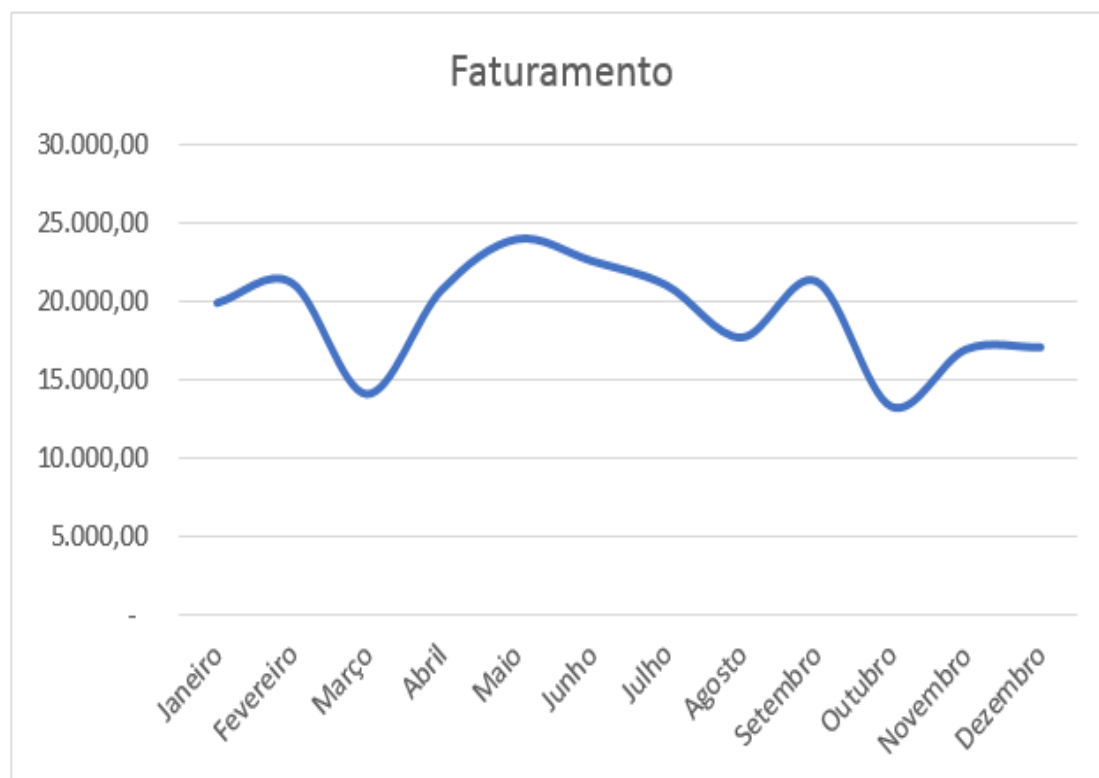
As ferramentas gráficas de análise de dados, como Gráfico de linhas e Gráfico de barras, transformam dados brutos em representações visuais que facilitam a

identificação de padrões e comparações entre variáveis (Few, 2009), podem ser enriquecidos com linhas de referência, marcadores e anotações para aprimorar a interpretação dos resultados (Kirk, 2016). A escolha entre essas ferramentas deve levar em conta o tipo de dado e o objetivo analítico, garantindo clareza e eficácia na comunicação dos achados (Munzner, 2014).

2.6.1 Gráfico de linhas

O gráfico de linhas conecta pontos sequenciais de um conjunto de dados por meio de segmentos, tornando evidente a evolução de uma variável ao longo do tempo ou de outra dimensão ordenada (Tufté, 2001). Em estudos de séries temporais, como acompanhamento de vendas mensais ou indicadores de desempenho, ele revela tendências, ciclos e possíveis pontos de inflexão de forma imediata. Sua simplicidade permite a sobreposição de múltiplas séries em um mesmo eixo, facilitando comparações diretas e identificação de correlações, conforme apresentado na figura 6.

Figura 6 – Exemplo de aplicação de um gráfico de linhas

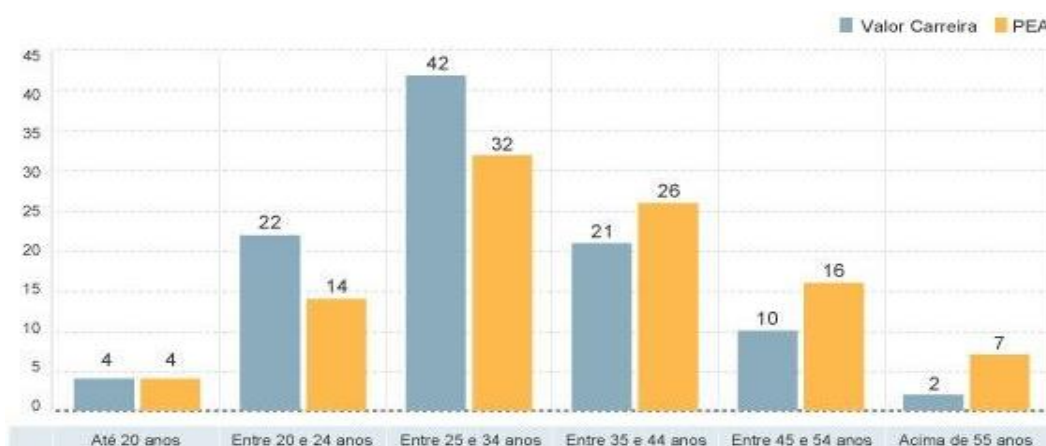


Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2.6.2 Gráfico de barras

O gráfico de barras utiliza retângulos de altura proporcional ao valor de cada categoria, oferecendo uma visão clara de comparações pontuais entre grupos distintos (Playfair, 1786; ver Figura 7). É amplamente empregado para analisar dados categóricos — como defeitos por tipo ou distribuição de respostas de pesquisa — pois destaca imediatamente quais categorias têm maior ou menor participação. A disposição vertical ou horizontal das barras garante flexibilidade de layout e acomoda rótulos mais longos sem perda de legibilidade.

Figura 7 – Exemplo da aplicação de um gráfico de barras



Fonte: Aon Hewitt e IBGE (2019).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Tipo de pesquisa

A metodologia adotada neste estudo é um estudo de caso, fundamentado na análise de dados históricos de produção e observação do processo produtivo. A coleta de dados foi realizada entre os meses de janeiro de 2022 e novembro de 2024, abrangendo indicadores de entrega, volume produzido e tempo de ciclo dos processos de estampagem e soldagem. A análise foi realizada com foco nos registros de produção e nos indicadores operacionais, buscando identificar pontos críticos no processo que impactam a capacidade produtiva e a eficiência das operações.

A utilização do estudo de caso é amplamente reconhecida como uma abordagem metodológica eficaz para a investigação de fenômenos em contextos reais, sobretudo quando se busca compreender processos produtivos complexos e dinâmicos. Segundo Miguel (2007), essa estratégia permite uma análise aprofundada de situações específicas, proporcionando uma compreensão abrangente das relações entre variáveis em ambientes industriais.

3.2 Definição da área e do alvo da pesquisa

As informações que seguem foram obtidas com base em dados disponibilizados pelo departamento de compras da montadora e informações operacionais fornecidas pelo próprio fornecedor. O estudo foi realizado em um fornecedor de peças estampadas e soldadas, localizado no Polo Industrial de Manaus, que atende uma montadora de motocicletas.

A análise concentra-se nos processos de estampagem e solda, considerados críticos para o atendimento da demanda inicial do novo modelo. O objetivo é investigar a relação entre a capacidade instalada do fornecedor e os picos de demanda sofridos no início da produção de um novo modelo lançado pela marca no ano de 2023, utilizando dados internos e históricos de apontamentos de produção e registros operacionais.

Os dados utilizados nesta pesquisa são de origem primária e secundária. Consideram-se primários aqueles obtidos diretamente pelo pesquisador, por meio de observações e na área de estampagem e de solda da empresa fornecedora. Segundo Gil (2019), dados primários são informações coletadas diretamente na fonte, enquanto

dados secundários referem-se a registros já existentes, como relatórios de acompanhamento de hora a hora de produção, relatórios de *try-out's* dos novos modelos, indicadores internos de eficiência e documentos arquivados.

De acordo com Lakatos e Marconi (2017), a coleta de dados exige do pesquisador rigor metodológico, atenção aos detalhes e comprometimento com a fidedignidade das informações, a fim de assegurar uma análise precisa e alinhada aos objetivos do estudo.

Na presente pesquisa, os dados foram coletados por meio de observação direta da área de estampagem e solda, onde foram descritas suas atividades dentro do processo produtivo. As informações sobre tempos de execução foram extraídas de históricos de apontamentos de produção e medições internas fornecidas pelo fornecedor X, dados reais e representativos da operação.

3.3 Plano de análise dos dados

A análise dos dados nesta pesquisa foi conduzida por meio de uma abordagem quantitativa, que se mostrou adequada para proporcionar uma compreensão abrangente e aprofundada do problema relacionado à capacidade produtiva do fornecedor X, especialmente diante do desafio imposto pelo lançamento de novos modelos de motocicletas. Essa abordagem permitiu o tratamento sistemático e objetivo das informações coletadas, conferindo maior precisão às inferências realizadas ao longo do estudo.

A abordagem quantitativa será aplicada principalmente sobre os dados históricos de produção e sobre as medições internas de desempenho disponibilizadas pelo fornecedor X. Tais dados incluem registros de volumes produzidos, capacidade instalada, índices de eficiência por etapa do processo produtivo (como estamparia e soldagem), tempos de ciclo, entre outros indicadores relevantes. Com base nesse conjunto de informações, serão realizadas análises que envolvem o cálculo de medidas de tendência central (como médias), além da identificação de padrões e tendências de variação ao longo do tempo. Também será possível comparar de forma objetiva a capacidade planejada com a capacidade efetivamente realizada, permitindo avaliar o grau de aderência do fornecedor ao planejamento produtivo proposto pela montadora.

Segundo Creswell (2021), a abordagem quantitativa é recomendada em pesquisas que buscam mensurar relações entre variáveis, verificar hipóteses e

realizar inferências com base em dados empíricos e mensuráveis. Ao seguir essa lógica, o presente estudo pretende não apenas descrever a situação atual, mas também oferecer uma análise comparativa e crítica que apoie a tomada de decisões na gestão da cadeia de suprimentos, com foco específico na performance do fornecedor X frente às demandas do novo projeto de produto.

Para facilitar a visualização e compreensão dos métodos aplicados ao longo desta pesquisa, a síntese dos procedimentos metodológicos adotados encontra-se sistematizada no Apêndice A. Nesse apêndice, são apresentados de forma esquemática e sequencial os principais passos do processo metodológico, desde a definição dos objetivos, seleção dos dados, critérios de análise, até os procedimentos utilizados.

3.4 Descrição do caso na fabricante de motocicletas

O estudo foi dividido em duas etapas: a primeira utiliza os dados fornecidos pela montadora referentes às paradas internas das linhas de produção, enquanto a segunda analisa o fornecedor de estamparia, denominado fornecedor X, que ocasionava a maior parte das paradas. Primeiramente, serão apresentados os impactos na montadora, onde ocorrem as interrupções nas linhas de produção. Posteriormente, será realizada uma análise da capacidade de um item específico que teve atrasos na entrega durante os primeiros meses de produção de um novo modelo de motocicleta.

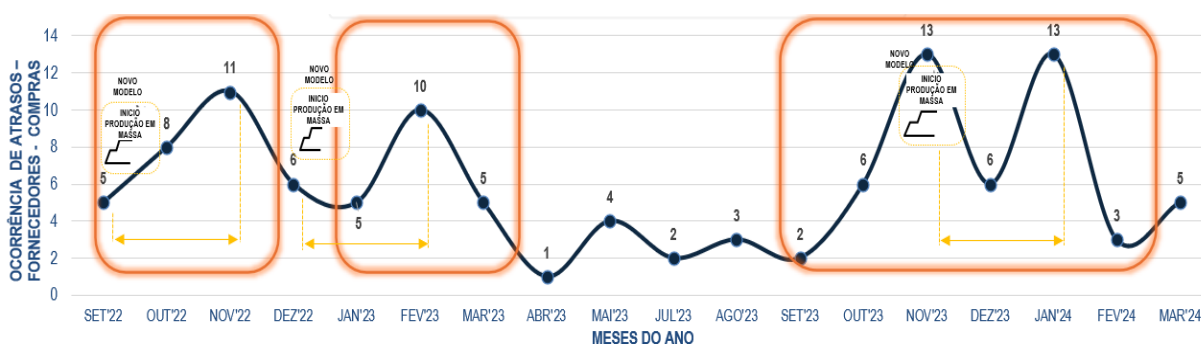
3.4.1 Descrição do problema e impactos na montadora de motocicletas

A produção de motocicletas em larga escala é uma realidade consolidada no polo industrial de Manaus, com linhas de montagem final operando em ciclos de aproximadamente 19 segundos por unidade. Esse ritmo acelerado é impulsionado pela crescente demanda do mercado interno e externo, que exige das montadoras maior agilidade e eficiência para garantir o atendimento dos volumes planejados. Diante desse cenário, a pressão por produtividade se estende a toda a cadeia de suprimentos, que precisa atuar de forma sincronizada para garantir o abastecimento contínuo da linha de montagem.

Com base na necessidade de alinhamento entre produção e fornecimento, foi realizada uma análise utilizando o histórico obtido no Relatório Técnico de Parada de Linha (2023) e no Relatório Técnico de Parada de Linha (2024). Foram coletados os

dados relativos ao tempo e período do ano dos atrasos das peças fornecidas à montadora. Esses relatórios foram registrados diariamente em planilhas eletrônicas pelo responsável da linha de produção final e são documentos oficiais codificados pela empresa. Os dados foram organizados em séries temporais de setembro de 2022 a março de 2024, permitindo a construção de um gráfico de linhas (Figura 8), que demonstrou a frequência dos atrasos ao longo do tempo.

Figura 8 – Análise da quantidade de ocorrências de atrasos

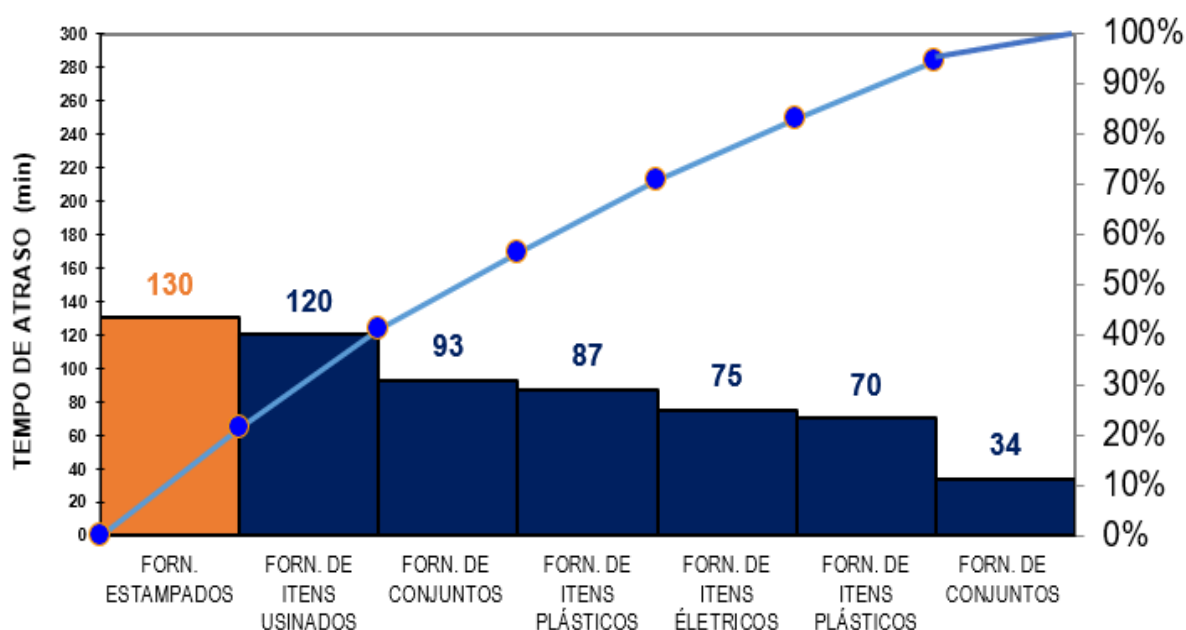


Fonte: Elaborada pela autora (2024).

O gráfico demonstra que há uma recorrência significativa de atrasos relacionados especificamente às peças destinadas à produção de novos modelos. Essa situação se mostrava mais crítica após cerca de três meses do início da produção em massa de um novo modelo. A partir desse marco temporal, os atrasos tornavam-se mais constantes, comprometendo a fluidez da linha de montagem. Considerando que cada minuto de parada da linha, causada por falhas no ciclo de produção, representa prejuízos milionários para a montadora, a identificação e correção dessas falhas se torna estratégica para a sustentabilidade financeira da operação.

Após identificar que os atrasos estavam fortemente ligados aos novos modelos, o Relatório Técnico de Parada de Linha (2023) e o Relatório Técnico de Parada de Linha (2024) foram utilizados como base para a construção de um Gráfico de Pareto (Figura 9), onde evidenciou-se que a maior concentração de atrasos estava relacionada a componentes metálicos, especificamente fornecedores de peças estampadas.

Figura 9 - Fornecedores com maiores tempos de atraso por área



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Considerando a estrutura de fornecimento local, apenas dois fornecedores — designados neste trabalho como fornecedor X e fornecedor Y — são responsáveis por esse tipo de item, com o objetivo de mapear quais áreas da cadeia de fornecimento eram as mais afetadas. O fornecedor Y apresentava baixa representatividade nos volumes destinados aos novos modelos, enquanto o fornecedor X concentrava os maiores índices de atraso.

Diante dessa constatação, definiu-se como necessário aprofundar a investigação sobre a capacidade produtiva do fornecedor X, buscando entender as causas dos atrasos e propor melhorias que para o atendimento da demanda. Para definir o alvo da pesquisa se fez necessário levantar as informações sobre quais peças fornecidas ocasionavam os maiores impactos.

Ainda por meio do Relatório técnico de parada de linha (2024), no qual identifica o código da peça que ocorreu o atraso, foi possível identificar a peça fornecida pelo fornecedor X, por meio de uma tabela (Tabela 1), foi observado que um componente que compõe a estrutura principal do produto, denominado Componente Z, era o item que mais impactava as causas de atraso dos novos modelos relacionados ao fornecedor X, impactando o faturamento diário da montadora, além do atraso da entrega de motocicletas ao cliente final.

Tabela 1 – Frequência e quantidade de peças em atraso por componente

Período	Código do Item	Descrição do Item	Quantidade de Peças em Atraso	Frequência
22/03/2024 - 22/12/2024	50102K3X B000 20	Componente Z	12.000	25
22/03/2024 - 22/12/2024	5310AK1X B400	Componente Y	9.500	12
22/03/2023 - 22/12/2024	5310AK1X B400	Componente X	8.000	13
22/04/2023 - 22/12/2024	50102K3X B000 20	Componente A	6.000	10

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Para entender a necessidade do item pela montadora, é relevante compreender o contexto em que esse item estava inserido, como o *lead time* de desenvolvimento de um novo modelo, o volume de produção anual de motocicletas estabelecido pela montadora no projeto do novo modelo e o *takt time* que foi projetado para atender a necessidade do modelo, considerando que era utilizado somente uma peça por motocicleta.

3.4.2 Tempo e Fases de desenvolvimento de um novo modelo

O desenvolvimento de novos modelos de motocicletas é um processo complexo e estruturado que se inicia, em média, 36 meses antes do lançamento comercial do produto. Neste estágio inicial, já são estabelecidas as projeções de vendas anuais para o novo modelo, as quais orientam todas as etapas subsequentes do planejamento e desenvolvimento.

Durante os primeiros 12 meses do projeto, ocorrem diversas revisões de engenharia e design, com o objetivo de consolidar os requisitos técnicos, estéticos e regulatórios do produto. Paralelamente, são definidos os fornecedores responsáveis pelo fornecimento de componentes que não são produzidos internamente pela montadora. Esses fornecedores participam ativamente do desenvolvimento, realizando estudos de viabilidade técnica e produtiva dos itens sob sua responsabilidade.

A fase de testes é dividida em etapas críticas, realizadas em momentos estratégicos do cronograma: PP1 (Primeiro Protótipo de Produção) é realizado aproximadamente 18 meses antes do lançamento, esse teste tem como objetivo validar a engenharia básica e os conceitos iniciais de montagem e desempenho da motocicleta, PP2 (Segundo Protótipo de Produção) é executado cerca de 8 meses

antes do lançamento, o PP2 refina os ajustes identificados no PP1 e foca na integração funcional dos sistemas, na ergonomia e na robustez do projeto e o PP3 (Terceiro Protótipo de Produção), onde é realizado o último teste ocorre aproximadamente uma semana antes do início da produção em massa. Esta etapa visa validar os processos finais de montagem em linha e garantir que o produto atenda plenamente aos padrões de qualidade e performance estabelecidos.

Os fornecedores, por sua vez, devem produzir e testar seus componentes com antecedência em relação às fases de teste da montadora, de forma a garantir a entrega de peças validadas e compatíveis com os protótipos a serem montados. A validação da capacidade produtiva e da qualidade dos componentes fornecidos é realizada ao longo dessas fases pelos fornecedores no intuito de assegurar que todos os elementos da cadeia estejam preparados para o início da produção em massa.

3.4.3 *Projeção de Demanda e Takt Time*

Para atender ao plano de produção do novo modelo de motocicleta, foi realizada a análise da demanda mensal projetada, estabelecido pelo departamento de novos modelos da montadora e com os dados obtidos a partir do Relatório de Novos Projetos (2022), onde foi extraída a informação referente a demanda dos primeiros sete meses de produção, ideal para verificar o comportamento da produção no início da produção em massa do modelo, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Demanda mensal prevista do novo modelo

Mês	Demanda Prevista de Motocicletas (unidades)
Jan/24	3.850
Fev/24	3.950
Mar/24	3.100
Abr/24	3.500
Mai/24	3.333
Jun/24	3.100
Jul/24	3.850
Total parcial	24.683

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Além disso, foram extraídos do Relatório de Novos Projetos (2022) os dados referentes à projeção de vendas anual. Nele, a empresa prevê um volume anual de

40.607 motocicletas. Considerando a necessidade de uma peça por unidade, a produção anual da peça X será também de 40.607 unidades. A produção projetada pelo fornecedor para atender essa demanda foi de aproximadamente 179 peças por dia útil, sendo 229 dias úteis trabalhados pela empresa, considerando que a operação do fornecedor trabalhasse em três turnos de segunda a sexta-feira, com 21 horas por dia de operação efetiva.

Considerando uma variação média de 15% devido à sazonalidade, conforme padrão estabelecido pela empresa, foi adotado esse fator na definição do *takt time*. O *takt time* representa o ritmo necessário de produção para atender à demanda e foi calculado da seguinte forma:

$$\text{Tempo disponível por dia} = 21\text{h/dia} \times 60 = 1.260 \text{ min/dia}$$

$$\text{Demanda diária média ajustada} = 179 \text{ peças/dia} \times 1,15 = 206 \text{ peças/dia}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{1260}{206} \approx 6,12 \text{ min/peça}$$

Com isso, o *takt time* necessário para atender a demanda do novo modelo foi definido em aproximadamente 6,1 minutos por peça, sendo este o ritmo mínimo necessário da produção do fornecedor X para não gerar gargalos no fornecimento.

A partir disso, este estudo abordará a segunda etapa da pesquisa, que será conduzida dentro da cadeia produtiva do fornecedor X.

3.5 Descrição do Caso no Fornecedor X

3.5.1 Informações sobre o Fornecedor X

O fornecedor X é especializado na fabricação de peças metálicas estampadas e soldadas de média e alta complexidade, atuando no fornecimento de componentes estruturais para motocicletas desde a década de 1990. Sua planta está localizada a aproximadamente 10 km da montadora no Polo Industrial de Manaus, o que representa uma vantagem logística significativa. Essa proximidade geográfica permite uma resposta ágil às variações de demanda e redução do *lead time* logístico, fatores críticos em contextos de produção intensificada e lançamento de novos modelos. O fornecedor conta com processos integrados de estamparia, solda robotizada e

controle de qualidade, sendo reconhecido pela capacidade de adaptação a projetos customizados e pela parceria de longo prazo com os principais fabricantes do setor de duas rodas.

3.5.2 Descrição do Componente Z no fornecedor X

A análise concentrou-se em um componente específico fornecido pelo fornecedor X identificado anteriormente, é um componente soldado que faz parte do conjunto chassi da motocicleta. Este item foi definido como objeto de estudo devido à sua alta complexidade de fabricação — envolvendo processos de estampagem e soldagem — e pelo impacto direto que sua falta na linha de produção durante os primeiros meses do novo modelo, conforme apresentado a seção 3.4.1. Trata-se de uma peça estrutural crítica, classificada como de segurança vital do veículo, cuja ausência inviabiliza a montagem final.

A peça analisada, denominada componente Z, é um componente crítico da estrutura do chassi e possui aplicação direta em todas as unidades fabricadas, sendo necessária uma unidade por motocicleta. O fornecedor X foi responsável por 100% fornecimento deste item para a montadora.

3.5.3 Descrição do processo produtivo do componente Z

O processo de produção das peças metálicas para o novo modelo de motocicleta no qual o item que foi objeto de estudo é dividido em duas etapas principais: estampagem e soldagem. A estampagem envolve a conformação de chapas metálicas por meio de prensas mecânicas, que moldam as peças conforme as especificações, utilizando automação e precisão para garantir dimensões e formas adequadas, no caso do estudo são realizadas duas peças por batida da ferramenta e são utilizadas quatro peças para a formação de um item a ser entregue para o cliente final.

A qualidade do processo depende da precisão das matrizes e ferramentas utilizadas, posteriormente as peças são encaminhadas para soldagem é realizada por uma célula robótica por meio de arco elétrico, onde um arco gerado entre o eletrodo e a peça derrete o metal, unindo as partes. Seguindo com a união de duas placas esquerdas, uma externa e outra interna, assim como a soldagem de duas placas da direita, uma externa e outra interna, assim como a unificação com um tubo, além da soldagem de um componente, conforme a Figura 10.

Figura 10 – Ilustração dos componentes



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Esse processo exige precisão, pois a qualidade da solda depende diretamente da eficiência e precisão do equipamento e dos dispositivos que são alocadas as peças para serem unidas, demandando um controle sobre a aplicação do calor e formação dos cordões de solda.

3.5.4 Análise dos dados no desenvolvimento do item no fornecedor X

O levantamento da capacidade produtiva foi realizado a partir da análise dos relatórios de *try-out's* da peça em desenvolvimento no fornecedor X. Foram avaliadas as capacidades tanto da etapa de estampagem (prensa) quanto da etapa de soldagem. Segundo os dados levantados nos 3 testes realizados na produção durante o desenvolvimento do item apresentando a capacidade diária da primeira fase de estampo das peças, conforme a tabela 3, considerando a utilização de uma prensa hidráulica de 250T, com disponibilidade de 7 horas diárias para o atendimento do item.

Tabela 3 – Capacidade máxima de produção de peças por dia na prensa.

Número do Teste	Tempo de ciclo (s/peça)	Quantidade de Peças por Conjunto	Tempo de Ciclo por Conjunto (s)	Peças por hora (teórica)	Peças por dia(16h)
PP1	3,1	4	12,4	290	2.032
PP2	2,587	4	10,348	348	2.435
PP3	2,18	4	8,72	413	2.890

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

A partir disso foi possível identificar uma capacidade máxima da estamparia de em média 2.890 peças por dia, para atendimento dos itens estampados. Os dados dos testes de soldagem, realizados por um robô de solda do fornecedor X com

dispositivos de solda apropriados, foram coletados. Um operador experiente conduziu os testes usando um item similar já fabricado. A tabela 4 apresenta a progressão dos tempos de soldagem devido à prática adquirida pelo operador.

Tabela 4 – Capacidade máxima de produção de peças por dia na solda.

Teste	Tempo de ciclo (s/peça)	Peças por hora (teórica)	Peças por dia (21h)
PP1	348	10	165
PP2	294	12	195
PP3	264	13	286

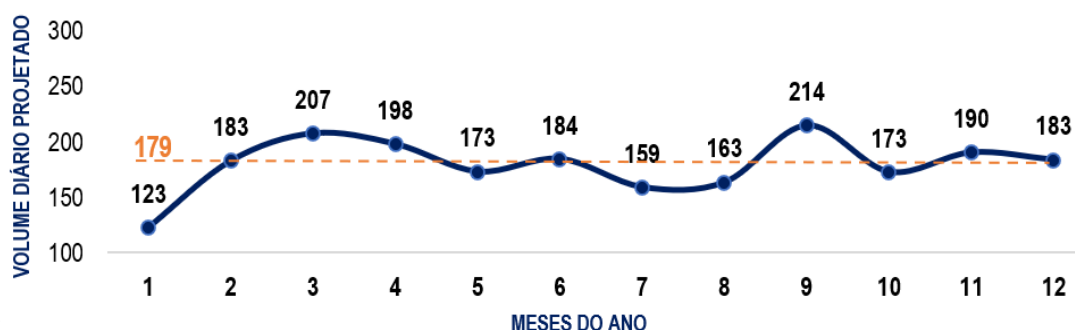
Fonte: Elaborada pela autora (2025).

A análise permitiu identificar que a capacidade máxima de soldagem é, em média, de 218 peças por dia, para atender aos itens estampados.

3.5.5 Comparativo da capacidade produtiva com a demanda diária projetada

Com a produção dentro da montadora sendo realizada diariamente e com a demanda projetado de 179 peças por dia em média, se fez necessário avaliar os meses de amadurecimento da produção, conforme o Figura 11, no qual apresenta os períodos com as maiores demandas.

Figura 11 – Demanda Diária Projetada

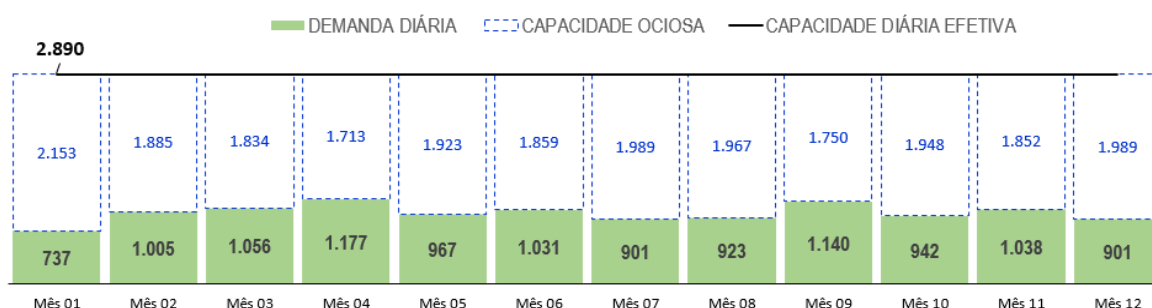


Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Foi possível visualizar que temos durante o processo de amadurecimento do modelo um aumento de produção devido ao ciclo de vida do produto, com isso, se faz necessário projetar a demanda da necessidade diária da montadora em comparação a capacidade produtiva diária do fornecedor X, com relação a cada uma das suas

áreas. Primeiramente, foi identificado a área da estamparia conforme apresentado no Figura 12.

Figura 12 – Capacidade Diária da Prensa em Comparação a Demanda Diária
Média de cada mês

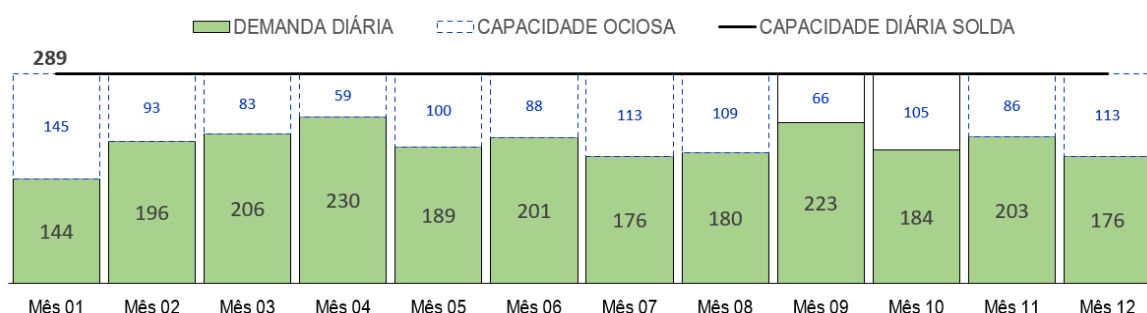


Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Analisando a figura, o valor de 2.890 diário é considerando um turno de 7 horas de trabalho e com as paradas planejadas, trabalhando diariamente de segunda a sexta feira, ainda é perceptível a folga da capacidade na área da estamparia em comparação a demanda solicitada pela fabricante de motocicletas. Como o item está sendo desenvolvido a capacidade de fabricação dos itens estampados não seria um agravante para o não atendimento, principalmente nos meses iniciais de produção.

Partindo para o estudo realizando no processo de solda onde o processo foi realizado em uma célula robótica de um item similar no qual já era fabricado pelo fornecedor X, com a capacidade máxima de produção de 289 peças por dias considerando 21 horas efetivas de trabalho sendo a capacidade distribuída para os próximos 12 meses conforme a Figura 13.

Figura 13 – Capacidade Diária da Solda em Comparação a Demanda Diária
Média de cada mês



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Com isso, é possível ver que a solda também não seria uma agravante para o atendimento de peças do novo modelo conforme a demanda projetada estipulada pela montadora, com os valores foi possível realizar o cálculo da sua capacidade efetiva conforme a fórmula 2.

$$\text{Capacidade Efetiva} \left(\frac{\text{unid}}{h} \right) = \frac{\text{Produção diária (unid)}}{\text{Horas disponíveis por dia (h)}}$$

$$\text{Capacidade Efetiva} = \frac{289 \text{ unidades}}{21 \text{ horas}} = 13,76 \text{ unidades por hora}$$

Esse valor permite calcular quanto o fornecedor pretende usar da sua capacidade efetiva pela fórmula 3.

Fórmula 3 – Cálculo da taxa de utilização da Capacidade Efetiva

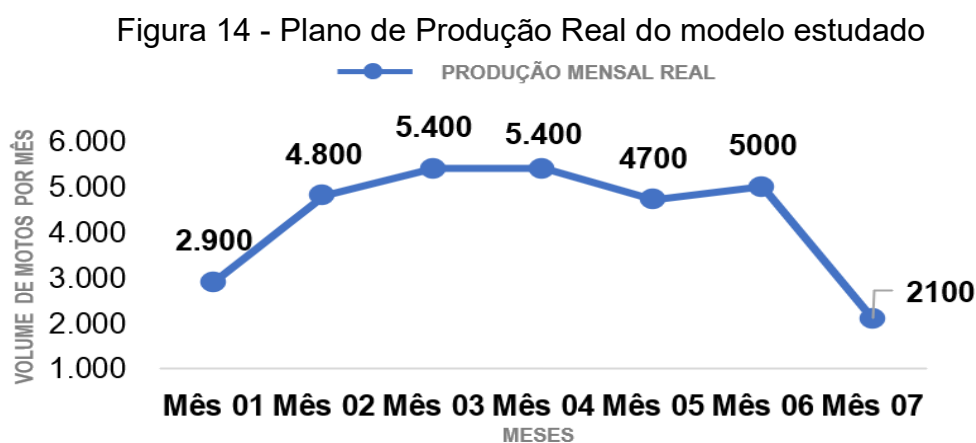
$$\text{Taxa de Utilização} = \left(\frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidade Efetiva}} \right) \times 100$$

$$\text{Taxa de Utilização} = \left(\frac{179}{289} \right) \times 100 \cong 61,94 \%$$

Os testes realizados indicam que o processo do fornecedor X utiliza aproximadamente 61,94% da sua capacidade e possui um tempo de ciclo de 4,36 minutos por unidade. Esse desempenho é adequado para atender a demanda na produção em massa do item que será fornecido, com todos os itens do processo em conformidade, ademais, foi definido que o processo gargalo de fabricação do item é o processo de soldagem. Após a análise aplicada e a definição baseada na demanda projetada, verificou-se que o fornecedor X utilizou cerca de 61% de sua capacidade projetada. Com isso, foi validado no desenvolvimento do projeto o fornecedor X possuía plena capacidade para o atendimento da produção projetada para o modelo.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O modelo foi lançado 8 meses após o estudo ter sido realizado no período correto, resultando em uma alteração no plano de produção da montadora. Isso impactou diretamente a capacidade do fornecedor, evidenciando a necessidade de um novo estudo com base na demanda atual. Inicialmente, foi levantado a o plano de produção atual do modelo e com a demanda para os meses seguintes conforme foi apresentado no Figura 14 a demanda dos 7 primeiros meses do lançamento.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Ao analisar em comparação ao volume de motos projetado, observa-se um aumento de aproximadamente 25% nos primeiros meses de produção, o que impacta diretamente o fornecimento das peças. Reavaliando a média diária necessária para atender à produção conforme apresentada na tabela 5.

Tabela 5 – Comparativo da demanda real *versus* demanda projetada

Mês	Produção Diária Real	Produção Diária Planejada	Diferença (Real - Planejada)
Mês 01	205	153	52
Mês 02	270	218	52
Mês 03	300	245	55
Mês 04	270	216	54
Mês 05	214	214	0
Mês 06	245	248	-3
Mês 07	208	157	51

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

A produção real superou a planejada em quase todos os meses, exceto em Mês 06, onde houve leve queda de -3 unidades/dia, e em Mês 05, onde os valores

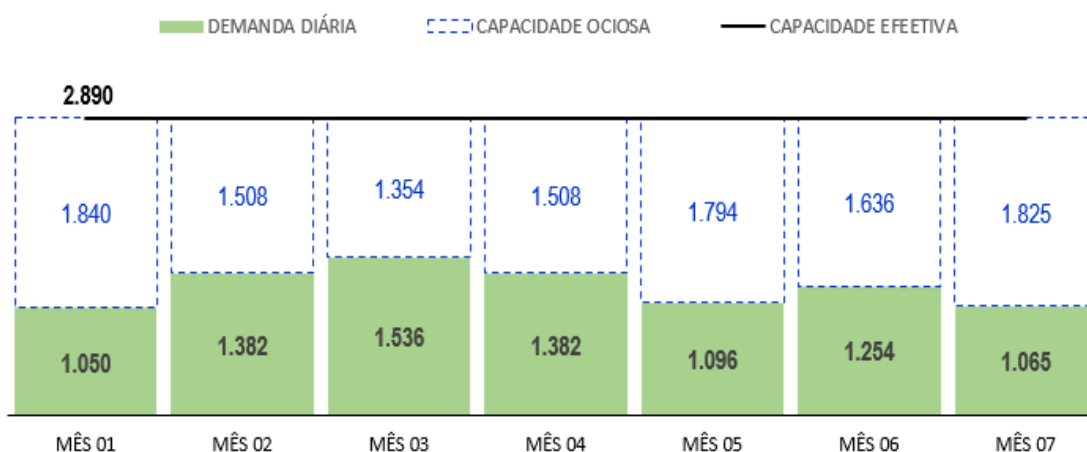
foram iguais. O maior desvio positivo ocorreu em Mês 03, com 55 motos a mais por dia. Essa diferença consistente aponta para uma subestimação da capacidade real no planejamento, principalmente no primeiro semestre. Isso pode indicar falhas na previsão de demanda ou no alinhamento entre o plano mestre de produção e a realidade operacional.

Se fez a necessidade de avaliar a capacidade produtiva do item soldado considerando as condições reais de produção. A análise será dividida em duas etapas: inicialmente será examinada a capacidade da estamparia do fornecedor X, responsável pela conformação das peças metálicas, em seguida, será analisada a capacidade da célula robótica de solda, onde as peças estampadas são unidas. Ambas as avaliações serão realizadas com base na demanda real do novo modelo, permitindo identificar possíveis restrições operacionais ao atendimento do volume requerido.

4.1.1 Capacidade Efetiva da Estamparia

A partir da projeção da demanda real da montadora, foi elaborado um novo gráfico considerando a taxa de rejeição média registrada no processo de estamparia. Mesmo com esse ajuste, a capacidade produtiva da prensa permanece superior à demanda necessária, mantendo uma margem de segurança adequada para o atendimento da produção. Dessa forma, mesmo sob condições reais de produção, incluindo perdas do processo, a estamparia não representa um ponto crítico para o fornecimento do item soldado, conforme apresentado no Figura 15.

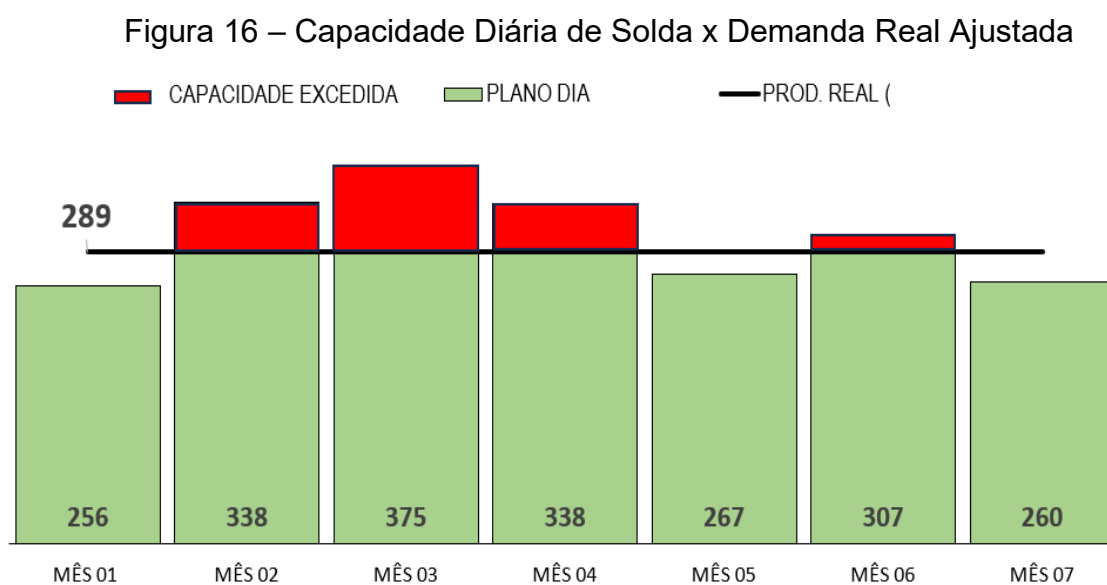
Figura 15 – Capacidade Dia da Prensa com Rejeição x Demanda Real Ajustada



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

4.1.2 Capacidade Efetiva da Solda

Após a análise da capacidade da estamperia, parte-se para a avaliação da célula robótica de solda do fornecedor X, considerando agora a demanda ajustada conforme as condições reais de produção. Para isso, foi aplicada uma taxa de rejeição de 12% sobre a demanda diária da montadora, representando de forma mais precisa a real necessidade de produção da solda, já que eventuais perdas no processo impactam diretamente o volume final entregue. A Figura 16 apresenta a comparação entre a capacidade instalada diária da célula de solda e a demanda real ajustado mês a mês.



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

A partir da leitura da Figura 16, observa-se que a célula robótica de solda trabalha com a capacidade praticamente saturada ao longo dos meses analisados. Em diversos períodos, a demanda real ajustada se aproxima ou ultrapassa a capacidade diária da solda, que é de 289 peças por dia. Ao contrário do que foi verificado na estamperia, aqui é evidente que a solda representa o principal gargalo da cadeia produtiva.

A ausência de folga operacional indica risco elevado de não atendimento à produção, principalmente em momentos de pico. Diante deste cenário, torna-se necessário aprofundar o estudo desta etapa do processo para identificar possíveis pontos de melhoria, como otimização de *setups*, revisão de tempos e movimentos, eliminação de perdas ou até mesmo a ampliação da capacidade instalada.

4.1.3 Análise do Posto de Trabalho da Solda

A partir da avaliação de capacidade, avançou-se para o exame do posto de trabalho da célula robótica de solda, onde ficou evidente que o elemento crítico do processo reside no próprio equipamento. O robô ABB, responsável por toda a operação automatizada de soldagem, apresenta um tempo médio de ciclo de 260 segundos por peça, o que se configura como o principal gargalo produtivo, além de apresentar condições críticas com manutenções periódicas não realizadas e más condições de funcionamento com paradas constantes para ajustes, conforme a figura 17, além desse processo ainda era realizada a solda manual de um componente na peça após a saída da célula robótica.

Figura 17 – Robô ABB utilizado na célula de solda



Fonte: Acervo da autora (2025).

Esse elevado tempo de ciclo não apenas retarda o início das etapas subsequentes de montagem, mas também gera janelas prolongadas de inatividade entre cada soldagem e aumentando o risco de variações térmicas. Além da lentidão intrínseca, foram identificadas ineficiências de processo relacionadas ao ajuste de parâmetros de corrente, tensão e aquecimento do bico de solda. Tais ajustes inadequados produzem respingos excessivos e sobreaquecimento localizado, elevando significativamente o índice de rejeição, conforme a figura 18.

Figura 18 – Exemplo de peça com falha por respingo de solda



Fonte: Acervo da autora (2025).

O resultado é a formação de retrabalho que consome mão de obra adicional, finca espaços de estocagem provisórios e dilui a visibilidade do desempenho real da célula. Adicionalmente, constatou-se que o operador precisa realizar ajustes manuais no dispositivo de fixação das peças antes de cada ciclo, garantindo que cada componente esteja corretamente posicionado e alinhado para a soldagem. Essa intervenção insere variabilidade no processo e prolonga o tempo de preparação entre ciclos, agravando o gargalo já existente.

Do ponto de vista de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), a célula apresenta baixa eficiência de qualidade e de performance, com frequentes paradas não programadas para limpeza de bico e ajustes — ações que, por si só, reduzem ainda mais a capacidade efetiva do sistema. A conjunção de um ciclo robotizado elevado, a necessidade de retrabalho contínuo e os ajustes manuais no dispositivo de solda impactava diretamente o *lead time* total do processo e compromete prazos de atendimento à montadora.

A análise da capacidade produtiva da célula de soldagem do Fornecedor X revelou uma discrepância relevante entre o tempo de ciclo atual e o *takt time* necessário para atender à demanda projetada do novo modelo de motocicleta. Com uma produção efetiva de 290 unidades diárias, operando em três turnos, a célula registra um tempo de ciclo de 260 segundos por unidade, enquanto o *takt time* estimado para uma produção-alvo de 320 unidades diárias é de 236 segundos. Essa diferença de 24 segundos por unidade indica um gargalo que compromete a capacidade do fornecedor em suprir a demanda nos volumes requeridos.

Além disso, a etapa de estamparia, responsável pelo início da produção do Componente Z, apresenta capacidade ociosa, indicando um desbalanceamento entre

os processos internos. Esse cenário reforça que a principal restrição se encontra concentrada na soldagem. Tal restrição não está apenas relacionada ao tempo de ciclo, mas também à disponibilidade limitada de operadores qualificados, o que aponta para a necessidade de medidas que envolvam tanto melhorias tecnológicas quanto organizacionais.

Outro fator relevante a ser considerado é a natureza dinâmica do processo de desenvolvimento de um novo modelo de motocicleta, que geralmente se estende por um período de 36 meses. Durante esse ciclo, são frequentes as variações no volume de vendas estimado, tanto por influências de mercado quanto por ajustes internos da montadora. Isso impacta diretamente a projeção de demanda e, por consequência, afeta a capacidade produtiva dos fornecedores.

Atualmente, a avaliação de capacidade dos fornecedores ocorre em sua forma mais crítica apenas uma semana antes da entrada do modelo em produção, durante a fase de PP3. Esse curto intervalo entre a validação final e o início da produção regular reduz a margem para correções estruturais nos processos produtivos, especialmente em casos de gargalos como o identificado na célula de soldagem.

Diante disso, sugere-se uma reestruturação no modelo de avaliação de capacidade dos fornecedores, especialmente para componentes críticos como o Componente Z. A recomendação é que seja realizada uma análise detalhada de capacidade cerca de três meses antes do PP3, com foco nos itens novos ou significativamente alterados. Essa antecipação permitiria não apenas a identificação de eventuais restrições com antecedência, mas também a adoção de planos de ação eficazes — como aquisição de novos equipamentos, treinamento de operadores ou redistribuição de carga produtiva — garantindo o alinhamento entre demanda real e capacidade produtiva.

Portanto, além de solucionar o gargalo específico identificado na soldagem, a montadora e o fornecedor devem considerar melhorias no processo de desenvolvimento e validação, garantindo que a introdução de novos modelos seja sustentada por uma base produtiva robusta, responsiva e coerente com a realidade do mercado. Nesse sentido, serão discutidas algumas recomendações para melhorias, que estão detalhadas em um quadro (Quadro 1), que resume os principais achados e ações sugeridas.

Quadro 1 - Resumo das Recomendações

Aspecto Avaliado	Achado Principal	Recomendação
Capacidade de Soldagem (Fornecedor X)	Tempo de ciclo (115s) superior ao <i>takt time</i> (86s); risco de não atendimento do volume.	Redução do tempo de ciclo com revisão de layout, troca de equipamento e manutenção periódica.
Capacidade da Estamparia	Capacidade ociosa identificada	Rebalanceamento da produção entre estamparia e soldagem, uso de estoque interno para evitar <i>setup</i> .
Processo de Validação (atual)	Avaliação de capacidade ocorre tardiamente (PP3)	Realizar avaliação de capacidade produtiva 3 meses antes do PP3 para itens novos.
Desenvolvimento de Novo Modelo (36 meses)	Variações de volume durante o ciclo impactam planejamento da cadeia de suprimentos	Implantar fases intermediárias de validação de capacidade com base em cenários de volume real

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a capacidade produtiva do fornecedor X, responsável por entregar componentes metálicos estruturais para um novo modelo de motocicleta produzido no Polo Industrial de Manaus, com o propósito de propor ações corretivas que viabilizem o atendimento da demanda nos primeiros meses de produção em massa. A abordagem adotada, fundamentada em métodos quantitativos e análise operacional real, possibilitou uma avaliação crítica da aderência entre a capacidade disponível e os requisitos impostos pela demanda da montadora.

O estudo demonstrou que, apesar da existência de capacidade ociosa em etapas como a estamparia, a operação de soldagem apresenta um gargalo produtivo relevante. O tempo de ciclo identificado (260 segundos por unidade) ultrapassa o takt time projetado (236 segundos por unidade), impossibilitando a sincronização da produção com a demanda no início do ciclo de vida do produto. Esse descompasso impacta diretamente o abastecimento da linha de montagem da montadora, especialmente em um contexto de *ramp-up* do novo modelo, quando a flexibilidade e a velocidade de resposta dos fornecedores são cruciais para o sucesso do lançamento do novo modelo.

Com base nos objetivos específicos estabelecidos, foi inicialmente realizado o levantamento da necessidade de capacidade para o Componente Z, destacando a subestimação da demanda real frente à capacidade disponível na célula de solda. Posteriormente, ao avaliar as variações de demanda, foi possível identificar que o fornecedor não possuía um planejamento robusto para lidar com os picos nos meses iniciais de produção. A ausência de mecanismos de antecipação de capacidade e a realização tardia dos testes produtivos (PP3) limitaram a margem para ajustes operacionais. Por fim, a análise do comportamento da produção revelou fragilidades no gerenciamento de recursos, no dimensionamento da força de trabalho e na manutenção dos equipamentos críticos.

Diante desses levantamentos, foram propostas ações corretivas com foco em curto, médio e longo prazo. No curto prazo, recomenda-se a antecipação da análise de capacidade para pelo menos três meses antes da produção em massa, permitindo correções estruturais antes do ponto crítico de lançamento. Essa ação deve ser acompanhada da reavaliação do layout da célula de solda, o, ajuste de fluxo e adequação do posto de trabalho.

No médio prazo, destaca-se a necessidade de reforço da manutenção preventiva e preditiva nos ativos críticos, com o objetivo de reduzir as paradas não planejadas e aumentar a confiabilidade do sistema produtivo. Paralelamente, é fundamental implementar um plano de capacitação técnica contínua para os operadores da célula de solda, voltado tanto para domínio técnico quanto para aumento da autonomia na resolução de problemas. O uso de indicadores como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) permitirá o monitoramento contínuo da eficiência da operação e dará suporte à tomada de decisão baseada em dados.

Em uma perspectiva de longo prazo, a pesquisa sugere a construção de um modelo de dimensionamento dinâmico de capacidade, baseado em projeções de demanda ajustadas por fatores históricos, sazonais e contextuais. A adoção de simulações de cenários de carga poderá melhorar o alinhamento entre a engenharia de produto, o planejamento de capacidade e os fornecedores, mitigando riscos de subdimensionamento ou superdimensionamento produtivo.

Do ponto de vista acadêmico, esta pesquisa contribui para o avanço da aplicação prática dos conceitos de capacidade produtiva, *takt time* e gestão de restrições em cadeias de suprimentos complexas e dinâmicas. O caso analisado evidencia a importância de se compreender a capacidade não apenas como um indicador teórico de produção, mas como um elemento crítico de competitividade para empresas que atuam em setores com forte pressão por prazo, qualidade e custo. A relevância se intensifica em ambientes industriais como o de Manaus, onde a densidade logística e a interdependência entre fornecedores tornam a eficiência operacional ainda mais sensível.

Adicionalmente, a análise reforça a importância de se considerar os ciclos de vida do produto e os estágios de maturação produtiva na formulação de estratégias de capacidade. O comportamento da demanda em lançamentos de novos modelos é naturalmente instável e, portanto, requer maior elasticidade por parte dos fornecedores. Essa elasticidade, no entanto, só é viável mediante um planejamento estruturado, uso adequado de indicadores e integração entre áreas de engenharia, produção e suprimentos.

Conclui-se que os gargalos identificados no fornecedor X não são consequência exclusiva de limitações físicas, mas também de falhas no processo de planejamento e na comunicação entre os elos da cadeia de valor. A implementação das ações propostas neste trabalho não apenas possibilita a resolução dos problemas

específicos identificados, mas também estabelece as bases para uma melhoria contínua nos processos produtivos e logísticos do fornecedor, alinhando-os às necessidades reais da montadora.

Finalmente, este estudo pode servir de referência para outros fornecedores e montadoras que enfrentam desafios semelhantes no contexto de lançamento de novos produtos. A replicabilidade da metodologia utilizada e das ferramentas aplicadas (como análise de capacidade, *takt time*, OEE e teoria das restrições) oferece um caminho estruturado para diagnóstico e melhoria em sistemas produtivos sujeitos a variações bruscas de demanda. Recomenda-se, como continuidade deste trabalho, a aplicação de modelos preditivos para previsão de capacidade crítica e o desenvolvimento de indicadores que integrem variabilidade de demanda e desempenho operacional ao longo do ciclo de vida do produto.

REFERÊNCIAS

ABRACICLO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE MOTOCICLETAS, CICLOMOTORES, MOTONETAS, BICICLETAS E SIMILARES. **Indicadores de produção e mercado**. São Paulo: Abraciclo, 2024. Disponível em: <https://www.abraciclo.com.br>. Acesso em: 18 de abril de 2025.

ABRACICLO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE MOTOCICLETAS, CICLOMOTORES, MOTONETAS, BICICLETAS E SIMILARES. **Relatório anual do setor de duas rodas 2023**. São Paulo: Abraciclo, 2023. Disponível em: <https://www.abraciclo.com.br>. Acesso em: 17 de maio de 2025.

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Gestão da qualidade total: conceitos e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2010.

BATISTA, F. G.; GOIS, J. A. **Ferramentas da qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BROWN, S.; BESSANT, J.; LAMMING, R. **Gestão estratégica de operações**. Londres: Routledge, 2019.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2023.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia para a redução de custos e melhoria dos serviços**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

COSTA, F. J.; RIBEIRO, M. T. **Inovações em controle estatístico de processos: tendências e aplicações**. *Qualidade Revista*, v. 12, n. 3, 2023.

EW, Stephen. **Now you see it: simple visualization techniques for quantitative analysis**. 1. ed. Burlingame: Analytics Press, 2009.

FENABRAVE – FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Relatório anual de vendas**. São Paulo: Fenabrave, 2024.

FERNANDES, R. C. **Gestão de operações em ambientes dinâmicos**. São Paulo: Atlas, 2020.

FILDES, R.; GOODWIN, P. **The limits of forecasting: managing uncertainty in turbulent environments**. *Journal of Business Research*, v. 158, 2023.

GIANESI, I. G. N.; CORRÊA, H. L. C. **Administração estratégica de serviços: operações para a satisfação do cliente**. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A meta: um processo de melhoria contínua**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 2016.

HEIZER, J.; RENDER, B.; MUNSON, C. **Gestão de operações: sustentabilidade e gestão da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Pearson, 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 22468:2020: Lean manufacturing system**. Genebra: ISO, 2020.

JACOBS, F. R. *et al.* **Administração de operações e cadeia de suprimentos**. 16. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.

KIRK, A. **Data visualization: a handbook for data driven design**. Londres: Sage, 2016.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing**. 15. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

LACERDA, P. **Teoria das restrições: fundamentos e aplicações**. Porto Alegre: Bookman, 2019.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: manual de aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

MARTINS, P. G.; CAMPOS, L. M. S. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

MENDES, L. S.; FERRAZ, R. A.; OLIVEIRA, D. M. Inovações em processos de soldagem: tendências e aplicações industriais. **Revista Soldagem & Inspeção**, v. 29, e2910, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0104-9224/SI29.10>.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Produção, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015>.

OLIVEIRA, P. R.; ANDRADE, C. G. **Emerging technologies in automated welding**. Journal of Manufacturing Science and Engineering, v. 146, n. 2, 2024.

OLIVEIRA, R. M.; SILVA, L. P. **Gestão da qualidade e ferramentas de análise de causas: uma revisão sistemática**. Production Journal, v. 30, 2020.

PERES, R.; MÜLLER, E.; MAHAJAN, V. **Innovation diffusion and new product growth models: a critical review and research directions**. International Journal of Research in Marketing, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 91–106, June 2010. DOI: [10.1016/j.ijresmar.2009.12.012](https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2009.12.012).

PEREIRA, J. F.; LIMA, A. M. **Aplicação de ensaios não destrutivos para controle de qualidade em juntas soldadas**. Soldagem em Revista, v. 15, n. 1, p. 55–70, 2023.

RIBEIRO, A. F. **Otimização de sistemas produtivos**: uma abordagem prática. Curitiba: Intersaberes, 2021.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**. São Paulo: Lean Institute, 2021.

SELEME, R.; STADLER, H. **Gestão de processos**: teoria e prática. Curitiba: Intersaberes, 2012.

SILVA, R.; COSTA, M. **Soldagem**: fundamentos e tecnologia. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2021.

SLACK, N. *et al.* **Administração de operações**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

SLACK, N.; BRANDONJONES, A.; BURGESS, N. **Administração da produção**. Rio de Janeiro: Atlas, 2023. ebook. ISBN 9786559775187. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559775187>. Acesso em: 17 maio 2025.

SODECIA. **Sodecia – global presence and capabilities**. [S. l.]: Sodecia, [2024]. Disponível em: <https://www.sodecia.com>. Acesso em: 17 maio 2025.

SOUZA, J. P. *et al.* **Gestão de operações e inovação tecnológica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2022.

STAUDT, F. H. *et al.* **Determinação da capacidade real necessária de um processo por meio da teoria de cadeias absorventes de Markov**. Produção, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 634–644, out./dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/vTwMpnGQyz3cccTZ3mZnQjM/?format=pdf>. Acesso em: 26 abr. 2025.

STEVENSON, W. J. **Gestão de operações**. São Paulo: McGraw-Hill, 2021.

SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS (SUFRAMA). **Polo Industrial de Manaus**: dados e estatísticas. Manaus: SUFRAMA, 2024. Disponível em: <https://www.suframa.gov.br>. Acesso em: 17 maio 2025.

TAPPING, D. *et al.* **Lean**: simplificando o trabalho. Rio de Janeiro: Campus, 2019.

TUFTE, E. R. **The visual display of quantitative information**. 2. ed. Cheshire: Graphics Press, 2001.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 3. ed. São Paulo: Elsevier, 2020.

APÊNDICE A

Objetivos Específicos	Descrição Detalhada	Tipo de Pesquisa	Meios de Investigação	Classificação dos Dados	Técnica de Coleta de Dados	Procedimentos de Coleta de Dados	Técnica de Análise dos Dados
1. Levantar a necessidade de capacidade para o fornecedor X durante o desenvolvimento do Novo Modelo estudado	a) Mapear os requisitos de produção;	Descritiva / Exploratória	Estudo de Caso	Primário e Secundário	Análise Documental	Análise de relatórios internos e históricos de produção.	Análise qualitativa dos processos e aplicação de métodos estatísticos para verificar a aderência entre capacidade e demanda.
	b) Identificar o tempo necessário para o atendimento da demanda						
	c) Determinar os fatores críticos que impactam a capacidade (Ex.: equipamentos, mão de obra e processos operacionais).						
2. Estimar o impacto das variações de demanda na capacidade produtiva	a) Identificar os padrões e sazonalidades da demanda;	Exploratória	Estudo de Caso	Secundário	Análise de Históricos de Produção e Indicadores Operacionais	Coleta de dados históricos de apontamentos de produção, medições internas (fornecedor X) e comparação entre diferentes períodos.	Utilização de técnicas estatísticas para mensuração do impacto e análise quantitativa dos efeitos das variações.
	b) Avaliar a sensibilidade da capacidade efetiva diante das variações de demanda.						
3. Analisar a capacidade atual para atender aos picos de demanda inicial	a) Identificar potenciais gargalos operacionais;	Descritiva / Exploratória	Estudo de Caso	Secundário	Análise Documental e Histórico de Produção	Levantamento de dados operacionais através de documentos, observação da equipe de produção e análise de indicadores de desempenho durante períodos críticos.	Análise comparativa e interpretação qualitativa dos dados operacionais, complementada por análises quantitativas para identificação de discrepâncias.