

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE FRANCA
“Dr. THOMAZ NOVELINO”**

TECNOLOGIA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

**HIGOR HENRIQUE DE MEDEIROS
JOSÉ MAURO MATIAS FILHO**

**GESTÃO DE PRODUÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE UM APOIO
DE PUNHO ERGONÔMICO: Análise da viabilidade operacional do
produto Ergo Pulse**

**FRANCA/SP
2026**

HIGOR HENRIQUE DE MEDEIROS

JOSÉ MAURO MATIAS FILHO

**GESTÃO DE PRODUÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE UM APOIO
DE PUNHO ERGONÔMICO: Análise da viabilidade operacional do
produto Ergo Pulse**

Projeto de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Franca - “Dr. Thomaz Novelino”, como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial.

Orientador: Prof. Me. Tadeu Artur de Melo Júnior

FRANCA/SP

2026

HIGOR HENRIQUE DE MEDEIROS

JOSÉ MAURO MATIAS FILHO

**GESTÃO DE PRODUÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE UM APOIO
DE PUNHO ERGONÔMICO: Análise da viabilidade operacional do
produto Ergo Pulse**

Projeto de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Franca – “Dr. Thomaz Novelino”, como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial.

Projeto avaliado e aprovado pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador(a).....: _____

Nome: Tadeu Artur de Melo Júnior

Instituição: Faculdade de Tecnologia de Franca – “Dr. Thomaz Novelino”

Examinador(a) 1 : _____

Nome: Examinador_1

Instituição: Instituição_1

Examinador(a) 2.: _____

Nome: Examinador_2

Instituição: Instituição_2

Franca, 14 de maio de 2026

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossa sincera gratidão à Faculdade de Tecnologia de Franca (FATEC) pelo suporte institucional e acadêmico oferecido ao longo de toda a nossa formação. Ao curso de Gestão da Produção Industrial (GPI), registramos nosso agradecimento pela ampliação do conhecimento e pela sólida base teórica e prática que possibilitou o desenvolvimento e a realização deste Trabalho de Graduação.

Manifestamos também nosso reconhecimento ao professor orientador, Tadeu Artur de Melo Júnior pelas orientações técnicas, pelas contribuições acadêmicas e pelo profissionalismo demonstrado durante todo o período de desenvolvimento deste trabalho. Sua experiência e direcionamento foram fundamentais para a condução da pesquisa e para a consolidação deste projeto.

Estendemos igualmente nossos agradecimentos aos demais docentes do curso, cuja dedicação, conhecimento e compromisso com a formação acadêmica contribuíram significativamente para o desenvolvimento das competências necessárias ao longo dessa trajetória.

Agradecemos à dupla de trabalho pela parceria, pelo empenho e pelo comprometimento demonstrados durante todo o processo de elaboração deste estudo. A colaboração constante, a troca de ideias e o respeito mútuo foram elementos essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

Registramos ainda nossa gratidão ao grupo de Projeto Integrador, formado por colegas que, ao longo do curso, tornaram-se amigos. Durante esse período, foram construídos vínculos baseados em aprendizado, cooperação e companheirismo, que certamente permanecerão para além do ambiente acadêmico.

Por fim, agradecemos a todos os colegas de turma que, de alguma forma, contribuíram para nosso crescimento pessoal e profissional ao longo dessa jornada acadêmica

*A adaptação do trabalho ao homem é o princípio
fundamental da ergonomia.*

Bernardino Ramazzini

RESUMO

O presente trabalho analisa a aplicação dos conceitos de gestão de produção no desenvolvimento de um apoio de punho ergonômico denominado Ergo Pulse. Diante do crescimento do uso prolongado de computadores e da crescente preocupação com a saúde e o conforto dos usuários, o produto foi projetado para reduzir desconfortos, fadiga muscular e lesões por esforço repetitivo (LER/DORT), mantendo o punho em posição neutra. O estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada, qualitativa e do tipo estudo de caso. Utilizou-se o modelo de produção puxada (*pull system*) com fabricação da base em PET-G por impressão 3D terceirizada, montagem manual e produção sob demanda. Foram avaliados aspectos como organização do processo produtivo, Planejamento e Controle da Produção (PCP), seleção de materiais, tempo de fabricação e composição de custos. Os resultados indicam custo unitário médio estimado de R\$ 45,00, *lead time* de 3 a 6 dias úteis e boa margem de contribuição com preço de venda sugerido entre R\$ 89,90 e R\$ 119,90. O modelo produtivo adotado mostrou-se viável para pequena escala, destacando-se pela flexibilidade, baixo investimento inicial e alinhamento com princípios de sustentabilidade. Conclui-se que a integração entre ergonomia e gestão de produção permite o desenvolvimento de produtos inovadores com viabilidade operacional, contribuindo para o mercado de acessórios ergonômicos em expansão.

Palavras-chave: Apoio de punho. Ergonomia. Gestão de produção. Impressão 3D. Produção puxada. Viabilidade operacional.

ABSTRACT

This study analyzes the application of production management concepts in the development of an ergonomic wrist rest named Ergo Pulse. Given the increasing use of computers for long periods and the growing concern with users' health and comfort, the product was designed to reduce discomfort, muscle fatigue, and repetitive strain injuries (RSI), while keeping the wrist in a neutral position. The research is characterized as applied, qualitative, and a case study. A pull production system (pull system) was adopted, with the base manufactured in PET-G through outsourced 3D printing, manual assembly, and on-demand production. Aspects such as the organization of the production process, Production Planning and Control (PPC), material selection, manufacturing time, and cost composition were evaluated. The results indicate an average unit cost of R\$ 45.00, a lead time of 3 to 6 business days, and a good contribution margin with a suggested selling price between R\$ 89.90 and R\$ 119.90. The adopted production model proved viable for small-scale production, standing out for its flexibility, low initial investment, and alignment with sustainability principles. It is concluded that the integration between ergonomics and production management enables the development of innovative products with operational viability, contributing to the expanding ergonomic accessories market.

Keywords: Ergonomics. Production management. 3D printing. Wrist rest. Operational viability. Pull production.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 – Posição do punho com o uso do apoio ergonômico	9
Figura 2 – Organograma Ergo Prime	13
Figura 3 – Fluxograma do Processo Produtivo do Ergo Pulse	14
Figura 4 – Processo de fabricação da base do Ergo Pulse por impressão 3D ...	17
Tabela 1 – Tempo Médio por Etapa do Processo Produtivo do Ergo Pulse	19

INTRODUÇÃO	2
1 REVISÃO DA LITERATURA	4
1.1 GESTÃO DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES	4
1.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	5
1.3 FERRAMENTAS DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	6
1.4 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO E COMPETITIVIDADE.....	7
1.5 ERGONOMIA APLICADA AO USO DE COMPUTADORES.....	8
2 ORGANIZAÇÃO E PRODUÇÃO	10
2.1 PROCESSO PRODUTIVO E ORGANIZAÇÃO.....	10
2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PRODUÇÃO (PCP)	11
3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	12
3.1 HISTÓRICO E ESTRUTURA DA EMPRESA.....	12
3.2 ORGANOGRAMA.....	13
3.3 FLUXOGRAMA	14
4 ESTUDO DE CASO	16
4.1 COLETA DE DADOS E METODOLOGIA	16
4.2 ANÁLISE DO AMBIENTE COMPETITIVO.....	17
5 RESULTADOS.....	19
5.1 PROBLEMAS DETECTADOS	20
6 PROPOSTA DE MELHORIA	21
6.1 REDUÇÃO DO GARGALO NA IMPRESSÃO 3D	21
6.2 MELHORIA NO LEAD TIME E NA AGILIDADE OPERACIONAL	21
6.3 AUMENTO DA ESCALABILIDADE E REDUÇÃO DE CUSTOS.....	22
6.4 FORTALECIMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE E SUSTENTABILIDADE.....	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS.....	26

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias digitais tem modificado significativamente a forma como as pessoas realizam suas atividades profissionais, acadêmicas e pessoais. O uso contínuo de computadores, notebooks e outros dispositivos eletrônicos passou a fazer parte da rotina de grande parte da população, o que impulsionou o crescimento do mercado de acessórios voltados à melhoria da experiência de uso desses equipamentos, especialmente os relacionados ao conforto e à funcionalidade durante longos períodos de uso (Grand View Research, 2024).

Ao mesmo tempo, observa-se uma crescente preocupação com aspectos ergonômicos, especialmente em atividades que exigem permanência prolongada diante do computador. Nesse cenário, produtos ergonômicos têm ganhado destaque por contribuírem para a redução de desconfortos físicos e para a melhoria da interação entre o usuário e os dispositivos utilizados no dia a dia (Ilda; Guimarães, 2016).

Diante desse contexto, a gestão de produção e operações, entendida como o planejamento, organização e controle das atividades que transformam insumos em produtos, desempenha papel relevante no desenvolvimento de novos produtos, uma vez que está diretamente relacionada à organização dos recursos produtivos e à definição dos processos necessários para transformar uma ideia em um produto viável. A forma como as operações são planejadas e executadas influencia aspectos como custo, qualidade, tempo de produção e capacidade de atendimento ao mercado (Slack; Chambers; Johnston, 2018).

O desenvolvimento de um produto não se limita à sua concepção, mas também à definição dos materiais, à escolha dos processos de fabricação e à organização das etapas produtivas. Esses fatores são fundamentais para garantir que o produto seja fabricado de forma eficiente e economicamente viável, atendendo às necessidades dos usuários e às exigências do mercado (Ulrich; Eppinger, 2012).

Nesse contexto, foi desenvolvido o produto Ergo Pulse, um apoio de punho ergonômico projetado para proporcionar maior conforto durante o uso prolongado de computadores. O produto foi criado considerando aspectos de ergonomia e viabilidade de produção, utilizando tecnologias acessíveis, como a impressão 3D (tecnologia de fabricação aditiva, na qual objetos são criados camada a camada a partir de um modelo digital).

A importância deste estudo reside na análise da aplicação dos conceitos de gestão de produção no desenvolvimento de um produto ergonômico, contribuindo para a compreensão de como as decisões produtivas impactam a eficiência e a viabilidade do produto.

Além do desenvolvimento do produto, é importante analisar como as estratégias de produção influenciam a viabilidade produtiva e o posicionamento no mercado. Fatores como a organização do processo produtivo, o planejamento das operações, o tempo de fabricação e o custo de produção são decisivos para o sucesso do produto (Slack; Chambers; Johnston, 2018).

O presente trabalho tem como objetivo analisar as estratégias de produção e operações aplicadas ao desenvolvimento do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, considerando aspectos relacionados à organização do processo produtivo, ao planejamento das atividades de fabricação e à avaliação da viabilidade operacional do produto.

Como objetivos específicos, busca-se identificar as etapas envolvidas no desenvolvimento do produto, bem como analisar o processo produtivo e os recursos empregados na fabricação. Também se pretende avaliar os fatores relacionados ao custo e ao tempo de produção e propor melhorias que contribuam para maior eficiência operacional.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: no primeiro capítulo, apresenta-se a revisão da literatura, abordando conceitos relacionados à gestão de produção, ao desenvolvimento de produtos, aos processos produtivos e à ergonomia.

No segundo capítulo é apresentada a metodologia da pesquisa. No terceiro capítulo são descritos os aspectos relacionados à organização e à produção. No quarto capítulo, desenvolve-se o estudo de caso aplicado ao produto Ergo Pulse. Por fim, apresentam-se as considerações finais do trabalho.

FRASE DE IMPACTO – porque é importante!

1 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os principais conceitos teóricos que fundamentam o desenvolvimento do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse. São abordados temas relacionados à gestão de produção e operações, ao desenvolvimento de produtos, à ergonomia aplicada e à estratégia de produção. Dessa forma, ajuda a compreender os fatores que influenciam a criação de soluções ergonômicas para o uso de computadores.

A compreensão integrada desses conceitos é essencial para relacionar a teoria à prática no projeto do Ergo Pulse, especialmente quanto à fabricação por impressão 3D em PET-G e ao modelo de produção sob demanda.

1.1 GESTÃO DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

A gestão de produção e operações consiste no conjunto de atividades responsáveis pelo planejamento, organização e controle dos recursos, incluindo matéria-prima, mão de obra, tecnologia e informações, com o objetivo de transformar insumos em bens ou serviços que atendam às demandas do mercado de forma eficiente e competitiva (Slack; Chambers; Johnston, 2018). Embora esse conceito seja amplamente consolidado, sua aplicação prática em contextos de alta customização e baixa escala produtiva revela limitações importantes. Modelos tradicionais de gestão frequentemente priorizam a eficiência em massa, o que pode comprometer a agilidade necessária para lidar com demandas individuais e variáveis.

Atualmente, a gestão de operações ganha importância estratégica devido à difusão de tecnologias como a manufatura aditiva. Esse avanço permite a transição para modelos de produção sob demanda. Nessa abordagem, reduzem-se os níveis de estoque, o *lead time* de fabricação e o desperdício de materiais.

Ao mesmo tempo, aumentam-se a flexibilidade e a customização (Heizer; Render, 2014). Essa evolução representa um avanço técnico e uma mudança de paradigma. Exige das organizações novas competências em planejamento dinâmico e controle de processos digitais.

No desenvolvimento do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, esses princípios teóricos se concretizam. A escolha da impressão 3D como processo produtivo principal, aliada ao modelo de produção sob demanda, permitiu otimizar o

uso de recursos, exercer controle rigoroso sobre os custos variáveis e garantir qualidade consistente em cada unidade fabricada. Essa decisão não apenas viabiliza economicamente o projeto, mas também confere ao produto maior capacidade de adaptação às necessidades específicas dos usuários, diferenciando-o das soluções convencionais produzidas em massa.

No entanto, essa opção exige uma gestão cuidadosa de variáveis como o tempo de impressão, o acabamento superficial e a consistência dimensional. Quando bem administradas, essas questões transformam potenciais limitações técnicas em vantagens competitivas sustentáveis.

Essa perspectiva operacional estabelece as bases para o processo de desenvolvimento do produto. As decisões de design precisam dialogar permanentemente com as restrições e potencialidades do sistema produtivo adotado.

1.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

O desenvolvimento de produtos compreende o conjunto de atividades voltadas à criação, ao aprimoramento e à introdução de novos itens no mercado. Esse processo abrange desde a identificação das necessidades dos usuários até a definição de características técnicas e materiais, bem como a avaliação da viabilidade de fabricação (Ulrich; Eppinger, 2012).

O modelo de Ulrich; Eppinger (2012) é uma referência consolidada, mas precisa ser adaptado às tecnologias emergentes, como a manufatura aditiva. Nesses casos, o design deve considerar, desde o início, as restrições e oportunidades do processo produtivo desde o início. As decisões sobre design, seleção de materiais e especificações técnicas devem estar alinhadas ao sistema de produção. Isso influencia diretamente os custos, a qualidade e a eficiência operacional (Slack; Chambers; Johnston, 2018).

No caso do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, essa integração foi realizada de forma prática. O desenvolvimento uniu aspectos ergonômicos ao potencial da impressão 3D, adotando o modelo de produção sob demanda e materiais acessíveis como o PET-G. Essa combinação permitiu alinhar a inovação de design à viabilidade produtiva, reduzindo a complexidade de fabricação e favorecendo a customização sem comprometer a qualidade final do produto.

1.3 FERRAMENTAS DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

A análise do ambiente competitivo constitui uma etapa fundamental no desenvolvimento de novos produtos, pois permite às empresas compreenderem as dinâmicas de mercado, antecipar desafios e identificar oportunidades de diferenciação antes mesmo do lançamento. Ambiente competitivo refere-se ao conjunto de fatores externos que influenciam o desempenho de uma organização, como concorrentes, clientes e fornecedores. Uma das ferramentas mais consolidadas e amplamente utilizadas para essa finalidade é o modelo das Cinco Forças de Porter.

A consciência das cinco forças pode ajudar uma empresa a compreender a estrutura de seu setor e a estabelecer uma posição que seja mais lucrativa e menos vulnerável a ataques. No entanto, a competição por lucros vai além dos rivais estabelecidos na indústria e inclui outras quatro forças competitivas: clientes, fornecedores, potenciais entrantes e produtos substitutos. A rivalidade ampliada resultante de todas as cinco forças define a estrutura de uma indústria e molda a natureza da interação competitiva dentro dela (Porter, 2004).

Embora o modelo de Porter (2004) seja reconhecido por oferecer uma visão estruturada do ambiente externo, também é criticado por sua relativa estaticidade em setores altamente dinâmicos e influenciados por tecnologias digitais. Nesses setores, as barreiras de entrada e as forças competitivas podem mudar rapidamente em função da inovação.

Ainda assim, mesmo com essas limitações, a ferramenta permanece relevante ao auxiliar na identificação das pressões que moldam a rentabilidade e as estratégias das empresas atuantes no mercado.

No setor de acessórios ergonômicos voltados ao uso com computadores a aplicação prática das Cinco Forças revela um cenário desafiador, caracterizado pela elevada rivalidade entre concorrentes, impulsionada pela facilidade de comparação de preços em plataformas digitais e pela ampla disponibilidade de produtos similares.

O poder de negociação dos clientes também se mostra elevado, uma vez que os consumidores têm amplo acesso a informações e alternativas. Por outro lado, a ameaça de novos criadores pode ser considerada moderada, visto que exige conhecimento técnico em ergonomia e investimento no desenvolvimento de produto. Já a presença de produtos substitutos, como *mouse-pads* tradicionais ou suportes improvisados, intensifica a necessidade de diferenciação real.

Segundo Porter (2004), a força coletiva das cinco forças competitivas determina o potencial de lucro de longo prazo de um setor.

Nesse contexto, a análise estratégica adquire relevância prática no desenvolvimento do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, uma vez que possibilitou a identificação de oportunidades de diferenciação por meio da integração entre *design* ergonômico superior, utilização da impressão 3D com PET-G e adoção da produção sob demanda.

Tais decisões posicionam o produto não como um acessório genérico, mas como uma solução personalizável, sustentável e alinhada às necessidades reais dos usuários, fortalecendo sua competitividade em um mercado caracterizado pela saturação e elevada exigência.

1.4 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO E COMPETITIVIDADE

A estratégia de produção define como os recursos operacionais são configurados para apoiar os objetivos competitivos da empresa, transformando as operações em fonte de diferenciação no mercado (Slack; Chambers; Johnston, 2018; Hayes; Wheelwright, 1984).

Embora o alinhamento proposto por Hayes e Wheelwright (1984) seja clássico e eficaz, sua aplicação em indústrias disruptivas exige complementação, pois o modelo original não contempla integralmente os impactos das tecnologias digitais sobre a flexibilidade e a sustentabilidade.

Entre as prioridades competitivas, ganham relevância o custo, a qualidade, a flexibilidade e a rapidez de resposta. Para avaliar o ambiente externo, o modelo das Cinco Forças de Porter (2004) contribui para a identificação da rivalidade entre concorrentes, do poder de negociação de clientes e fornecedores, bem como da ameaça de novos entrantes e de produtos substitutos. No setor de acessórios ergonômicos, destacam-se a forte rivalidade e o elevado poder de barganha dos consumidores, o que exige diferenciação por meio de atributos como a ergonomia superior e a sustentabilidade.

No contexto do Ergo Pulse, a estratégia adotada, baseada em impressão 3D e produção sob demanda, privilegia a flexibilidade e a baixa necessidade de estoques. Essa configuração permite uma resposta rápida às demandas do mercado, maior

controle de custos e a construção de uma vantagem competitiva sustentada pelo design ergonômico e pela possibilidade de fabricação personalizada.

Assim, as decisões produtivas e a escolha dos materiais não são meros aspectos operacionais, mas configuram um posicionamento estratégico capaz de diferenciar o produto em um mercado saturado. Nesse cenário, a integração entre teoria e prática se materializa em valor real tanto para o usuário quanto para a organização.

A articulação crítica entre esses quatro domínios teóricos demonstra que o desenvolvimento do Ergo Pulse não se limita a uma solução técnica isolada, mas constitui uma proposta alinhada aos preceitos contemporâneos da gestão da produção industrial, na qual a ergonomia, o desenvolvimento integrado de produtos e a estratégia operacional convergem para a geração de uma vantagem competitiva sustentável.

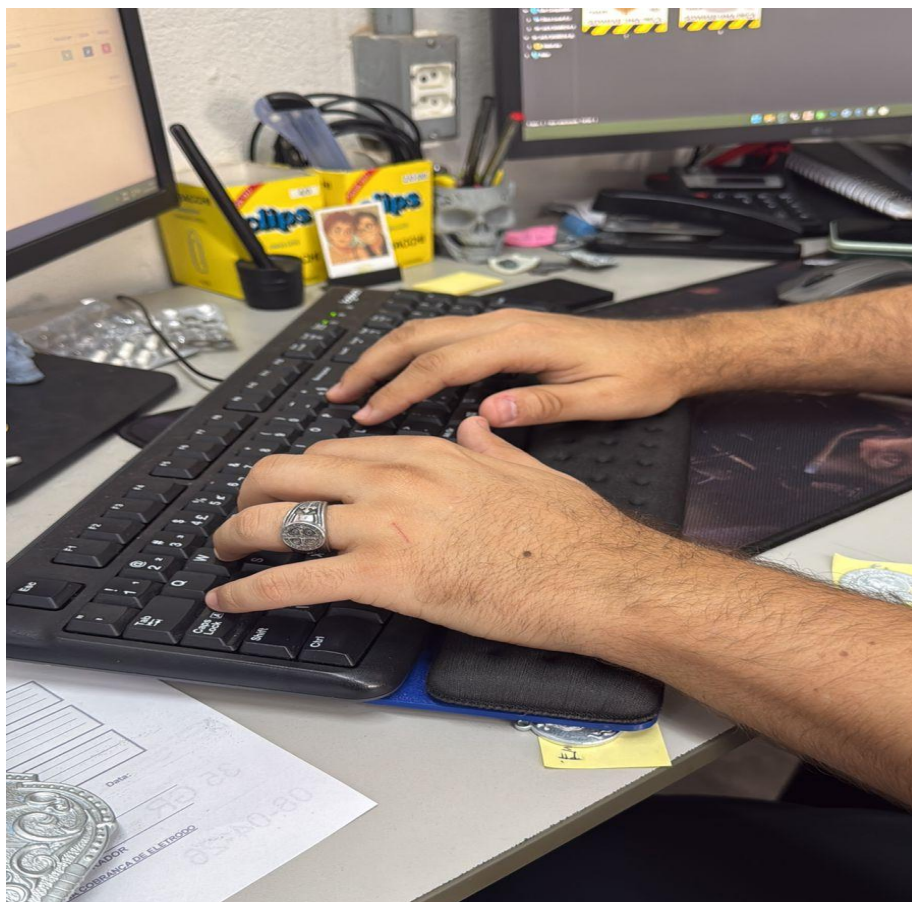
1.5 ERGONOMIA APLICADA AO USO DE COMPUTADORES

A ergonomia busca adaptar o trabalho ao homem, minimizando riscos à saúde e maximizando o conforto e a eficiência (Iida; Guimarães, 2016). Com o aumento do tempo de uso de computadores, problemas como lesões por esforço repetitivo, fadiga muscular e síndrome do túnel do carpo tornaram-se comuns.

Estudos indicam que apoios de punho bem projetados podem reduzir significativamente a fadiga muscular durante a digitação prolongada, especialmente nos músculos extensores do antebraço (Callegari et al., 2018). O uso de suportes ergonômicos ajuda a manter o punho em posição neutra, diminuindo a pressão sobre tendões e nervos.

A Figura 1 ilustra a posição do punho com o uso do apoio ergonômico, evidenciando a importância da manutenção da postura adequada durante a utilização de computadores.

Figura 1 – Posição do punho com o uso do apoio ergonômico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

O mercado de acessórios ergonômicos para computador vem apresentando crescimento expressivo. O segmento de periféricos e acessórios para PC deve expandir-se a uma taxa superior a 7% ao ano, impulsionado pela demanda por soluções que melhorem o conforto e a produtividade em home office e em ambientes corporativos.

Com base nessa revisão, o Ergo Pulse integra conceitos de gestão de produção, desenvolvimento de produtos e ergonomia, buscando oferecer uma solução viável tanto do ponto de vista técnico quanto do operacional.

2 ORGANIZAÇÃO E PRODUÇÃO

A organização e produção representam elementos centrais na gestão industrial, sendo responsáveis pela transformação eficiente de insumos em bens e serviços que atendem às demandas do mercado. No contexto atual, marcado pela busca por maior flexibilidade e sustentabilidade, a forma como a produção é organizada influencia diretamente a qualidade do produto, os custos operacionais e a competitividade da empresa.

No desenvolvimento do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, a organização da produção foi planejada de modo a conciliar inovação tecnológica, eficiência operacional e atendimento às necessidades ergonômicas dos usuários

Além disso, a organização da produção do Ergo Pulse também considera a padronização dos processos como um fator essencial para garantir consistência e qualidade ao produto final.

Mesmo sendo um item com possibilidade de customização, buscou-se definir etapas bem estruturadas, com instruções claras e repetíveis, reduzindo variações indesejadas durante a fabricação. Esse equilíbrio entre padronização e flexibilidade permite não apenas atender às necessidades específicas dos usuários, mas também manter um controle eficiente dos recursos, evitando desperdícios de matéria-prima e retrabalhos.

Dessa forma, a produção se torna mais previsível e alinhada aos princípios da gestão enxuta, contribuindo para um fluxo produtivo mais organizado, econômico e sustentável, o que reforça a viabilidade do Ergo Pulse tanto em pequena quanto em média escala.

2.1 PROCESSO PRODUTIVO E ORGANIZAÇÃO

O processo produtivo pode ser compreendido como o conjunto de atividades inter-relacionadas que transformam recursos de entrada em produtos ou serviços (Slack, Chambers e Johnston, 2009, p. 36). Para que esse processo seja eficiente, especialmente em ambientes de customização e de baixa escala, torna-se essencial adotar uma organização lógica e flexível das etapas produtivas.

No caso do Ergo Pulse, a produção foi organizada sob o modelo de produção puxada (*pull system*). Diferentemente do modelo empurrado tradicional, que produz com base em previsões, o sistema puxado inicia a fabricação apenas após a confirmação real da demanda do cliente. Essa escolha contribui para a redução significativa de estoques, a minimização de desperdícios e o melhor aproveitamento dos recursos produtivos.

No entanto, exige maior agilidade no planejamento e na resposta às variações de demanda, o que representa tanto uma vantagem competitiva quanto um desafio gerencial.

2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PRODUÇÃO (PCP)

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) desempenha um papel estratégico na coordenação das atividades produtivas. Segundo Tubino (2007), o PCP é responsável por planejar, programar e controlar as operações, garantindo que os produtos sejam fabricados na quantidade correta, no momento adequado e com o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

No desenvolvimento do Ergo Pulse, o PCP inicia-se com a análise da demanda gerada pelo pedido do cliente e organiza todo o fluxo produtivo, definindo a sequência das atividades, os recursos necessários e os prazos de execução. Essa abordagem permite maior visibilidade e controle do processo, reduzindo incertezas e contribuindo para a eficiência operacional em um modelo de produção sob demanda.

3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A caracterização da empresa tem como objetivo apresentar sua estrutura organizacional, seu modelo de negócio e seus processos operacionais, permitindo compreender o contexto em que o apoio de punho ergonômico Ergo Pulse foi desenvolvido. Essa análise é essencial para relacionar as decisões estratégicas e produtivas à viabilidade do projeto.

A empresa fictícia, Ergo Prime, foi criada no âmbito acadêmico com o propósito de aplicar conceitos de gestão da produção industrial no desenvolvimento de um produto inovador no segmento de acessórios ergonômicos.

Seu principal objetivo é oferecer soluções que promovam conforto, saúde e produtividade para usuários que passam longas horas em frente ao computador.

3.1 HISTÓRICO E ESTRUTURA DA EMPRESA

A Ergo Prime atua no segmento de acessórios ergonômicos para computadores, com foco no desenvolvimento de produtos que reduzam o risco de Lesões por Esforços Repetitivos (LER/DORT) e melhorem o bem-estar dos usuários. Fundada como um projeto de conclusão de curso, a empresa busca integrar princípios de ergonomia, de manufatura aditiva e de produção sob demanda.

O principal produto é o apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, fabricado em PET-G por impressão 3D. A adoção do modelo de produção sob demanda permite maior flexibilidade, redução de estoques e possibilidade de personalização conforme as necessidades do cliente.

O público-alvo abrange estudantes, profissionais de escritório, gamers e trabalhadores que utilizam computadores intensivamente. A estrutura organizacional da Ergo Prime é intencionalmente enxuta, característica comum em empresas de pequeno porte ou em startups que atuam na manufatura aditiva.

Essa configuração reduz custos fixos e aumenta a agilidade na tomada de decisões, embora exija multifuncionalidade dos envolvidos e maior dependência de parceiros externos (terceirização da impressão 3D).

3.2 ORGANOGRAMA

A estrutura organizacional da Ergo Prime é simplificada e funcional, adequada ao porte e ao modelo de negócio adotado. Ela é composta por um gestor principal, responsável pela coordenação geral, e por equipes ou responsáveis pelas funções operacionais essenciais. O organograma da empresa apresenta a seguinte configuração:

Figura 2 - Organograma Ergo Prime.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com base no organograma, a estrutura da Ergo Prime foi pensada de forma simples e funcional, facilitando a divisão das responsabilidades e a organização das atividades. No topo, os sócios proprietários, Kalebi e Higor Medeiros, ficam responsáveis pelas decisões estratégicas e pelo direcionamento geral da empresa.

Na parte operacional, José Mauro, em Estratégia de Operações, faz a ligação entre o planejamento e a execução, acompanhando os processos e garantindo que tudo aconteça conforme o esperado, além de buscar melhorias no fluxo produtivo do Ergo Pulse.

Na Produção, Heitor executa a fabricação e montagem do produto. Já Samara, na Qualidade, verifica se tudo está dentro dos padrões definidos. Mirela, na

Ergonomia, cuida para que o produto seja confortável e adequado ao usuário, enquanto José Paulo, na Segurança, garante que o ambiente de trabalho seja seguro.

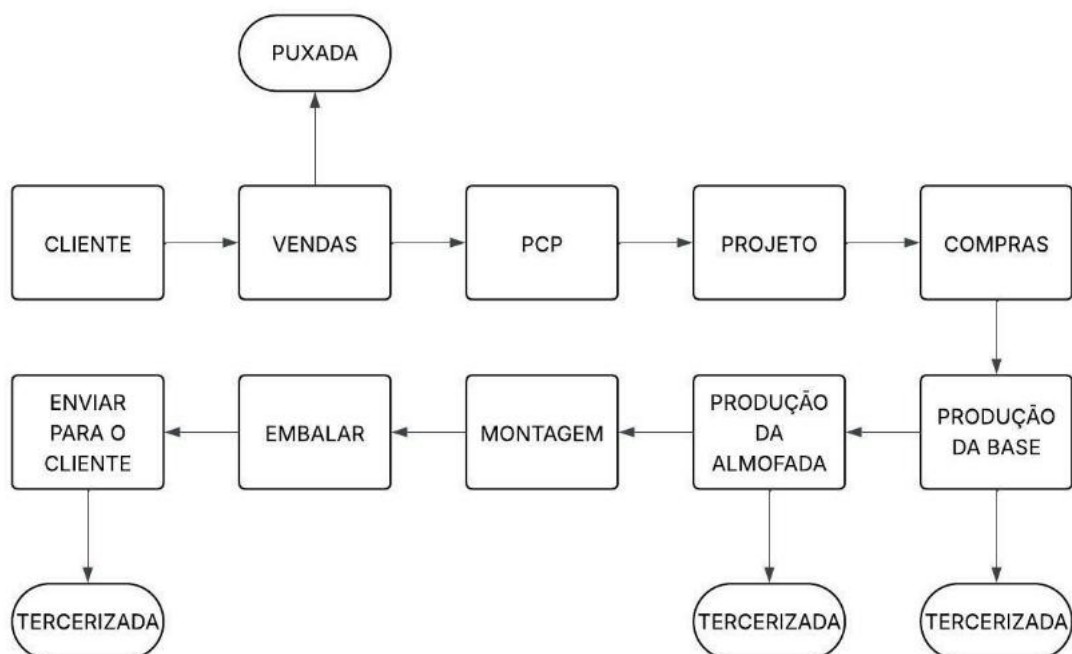
Por fim, Higor Garcia, no Administrativo, dá suporte geral, cuidando de organização, documentos e parte financeira básica, ajudando a manter o funcionamento da empresa de forma organizada e integrada.

3.3 FLUXOGRAMA

O fluxograma constitui uma ferramenta gráfica essencial para representar, de forma clara e sequencial, as etapas de um processo produtivo. Sua utilização permite visualizar as atividades, identificar interações entre os diferentes setores, detectar possíveis gargalos operacionais e propor melhorias contínuas no fluxo de trabalho.

No contexto do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, o fluxograma foi elaborado com base no modelo de produção puxada, no qual a fabricação é iniciada somente após a confirmação da demanda real do cliente. Essa abordagem garante maior flexibilidade e reduz a formação de estoques desnecessários. As etapas principais do processo são apresentadas a seguir:

Figura 3 – Fluxograma do Processo Produtivo do Ergo Pulse.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O fluxograma (fig. 3, página anterior) mostra de forma simples, todo o caminho do apoio de punho ergonômico, desde o pedido até a entrega.

Tudo começa com o cliente, que gera a demanda. O setor de vendas faz o atendimento e registra o pedido, podendo também impulsionar as vendas. Depois disso, o PCP organiza o processo, definindo prazos e como a produção vai acontecer.

Na sequência, o projeto cuida dos detalhes técnicos do produto, garantindo que ele atenda às necessidades de ergonomia e qualidade. Com isso definido, o setor de compras providencia os materiais necessários e, se preciso, aciona fornecedores terceirizados.

A produção é dividida em duas partes: a base e a almofada, que podem ser feitas internamente ou por terceiros. Depois, tudo segue para a montagem, onde o produto é finalizado, e para a embalagem, que prepara o item para envio.

Por fim, o produto é enviado ao cliente, podendo contar com transporte terceirizado. No geral, é um fluxo bem conectado, onde cada etapa depende da outra para garantir que o produto chegue pronto e com qualidade.

Como pode ser observado na Figura 1, o fluxo inicia-se com o pedido do cliente e segue as seguintes etapas: formalização do pedido pelo setor de vendas, planejamento e programação pelo PCP, aquisição de materiais, impressão 3D da base (terceirizada), aquisição da almofada ergonômica, montagem, controle de qualidade, embalagem e, por fim, expedição e entrega ao cliente.

Essa representação gráfica facilita a compreensão integral do processo produtivo, permite a rápida identificação de pontos críticos — especialmente o tempo elevado da etapa de impressão 3D — e serve como importante instrumento de gestão para o monitoramento, controle e otimização das operações. Além disso, o fluxograma auxilia na comunicação interna entre os setores e contribui para a padronização das atividades, elemento fundamental em um modelo de produção sob demanda.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso tem como objetivo principal analisar a viabilidade operacional do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, por meio da aplicação de conceitos de gestão de produção. Busca-se avaliar como as decisões relacionadas ao planejamento, organização, controle e execução do processo produtivo impactam o custo, o tempo, a qualidade e a flexibilidade do produto, permitindo verificar se o modelo adotado é viável para produção em pequena escala.

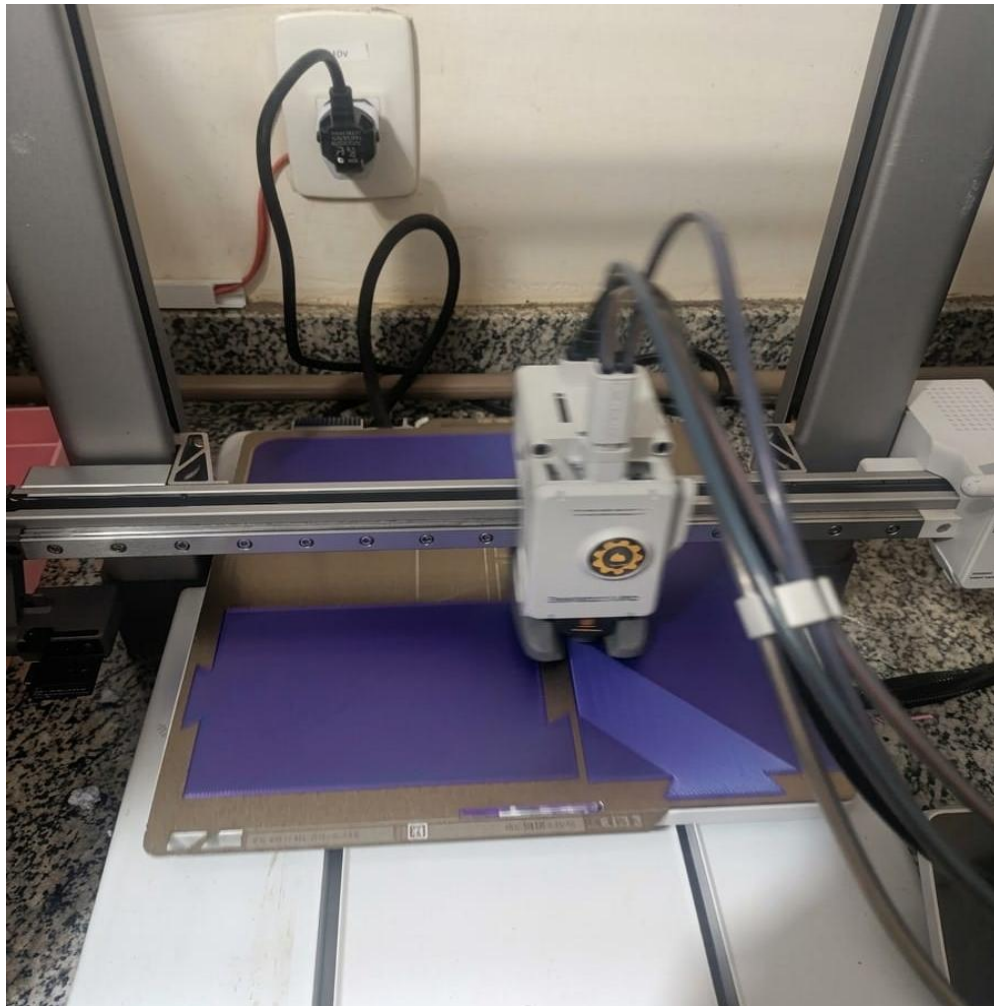
A pesquisa caracteriza-se como aplicada, qualitativa e do tipo estudo de caso único. Os dados foram coletados por meio de observação sistemática do processo, simulações de produção, cronometragem das etapas, cotação de fornecedores e análise de custos operacionais durante o desenvolvimento do projeto.

4.1 COLETA DE DADOS E METODOLOGIA

Foram analisados os seguintes indicadores de viabilidade operacional: *Lead time* total do processo (tempo desde o pedido até a entrega), custo unitário de produção, principais gargalos operacionais, nível de desperdício de material, capacidade de customização, grau de dependência de fornecedores externos

Os tempos foram obtidos por meio de cronometragem média de cinco simulações completas do processo. Os custos foram calculados com base em cotações reais de fornecedores de impressão 3D, preço do filamento PET-G, almofada ergonômica, embalagem e mão de obra de montagem. A análise considerou o modelo de produção puxada com fabricação terceirizada da base em impressão 3D conforme ilustrado na Figura 4, e montagem interna.

Figura 4 – Processo de fabricação da base do Ergo Pulse por impressão 3D.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 4 apresenta o processo de impressão 3D da base do Ergo Pulse, utilizando material PET-G. Esse método permite fabricar a peça com precisão e baixo desperdício, sendo adequado para produção sob demanda. Apesar das vantagens, foi identificado que essa etapa consome a maior parte do tempo produtivo, tornando-se o principal gargalo do processo. Por isso, sua análise é essencial para avaliar a viabilidade operacional do produto.

4.2 ANÁLISE DO AMBIENTE COMPETITIVO

Antes de avaliar os aspectos operacionais internos, é fundamental compreender o contexto competitivo do setor de acessórios ergonômicos. A aplicação do modelo das Cinco Forças de Porter (2004) permite identificar as pressões externas que influenciam a viabilidade do Ergo Pulse.

No setor analisado, observa-se alta rivalidade entre os concorrentes, impulsionada pela grande quantidade de produtos similares disponíveis em plataformas online e pela facilidade de comparação de preços.

O poder de negociação dos clientes é elevado, uma vez que os consumidores têm amplo acesso a informações e alternativas, tornando-os sensíveis tanto ao preço quanto à qualidade ergonômica. A ameaça de novos entrantes é moderada, pois exige conhecimento técnico em ergonomia e investimento em desenvolvimento e certificação, embora a impressão 3D reduza parte das barreiras tecnológicas.

Já a ameaça de produtos substitutos (mouse pads tradicionais, suportes improvisados ou apoios genéricos) é significativa, pressionando pela necessidade de clara diferenciação. O poder de negociação dos fornecedores é médio, especialmente para materiais como o PET-G e serviços de impressão 3D, em que há vários fornecedores, mas com variações de preço e qualidade.

Essa análise reforça que a viabilidade operacional do Ergo Pulse não depende apenas da eficiência interna, mas também da capacidade de se diferenciar em um mercado competitivo por meio de atributos como design ergonômico superior, customização e sustentabilidade.

5 RESULTADOS

A análise operacional do Ergo Pulse demonstrou que o modelo produtivo adotado apresenta viabilidade para operação em pequena escala, destacando-se pela flexibilidade e pelo baixo investimento inicial em estrutura física.

O *lead time* médio total varia entre 3 e 6 dias úteis, sendo fortemente influenciado pela etapa de impressão 3D. Enquanto as etapas internas (planejamento, montagem, qualidade e expedição) somam em média 20 a 25 minutos por unidade, a impressão da base consome entre 180 e 300 minutos, dependendo da configuração da impressora e do volume de produção simultânea.

O custo unitário médio apurado foi de R\$ 45,00, com a seguinte composição: matéria-prima (PET-G e almofada): R\$ 28,00 (62%), Serviço de impressão 3D terceirizado: R\$ 12,00 (27%), Mão de obra de montagem e inspeção: R\$ 3,50 (8%), Embalagem e logística: R\$ 1,50 (3%)

Com preço de venda sugerido entre R\$ 89,90 (versão básica) e R\$ 119,90 (versão personalizada), a margem de contribuição bruta varia de 50% a 62%. Esse resultado indica boa viabilidade econômica para o modelo de negócio sob demanda.

A Tabela 1, situada a seguir, apresenta o resumo dos tempos médios por etapa.

Tabela 1 – Tempo Médio por Etapa do Processo Produtivo do Ergo Pulse.

Etapas	Tempo Médio (Min)	% do Tempo Total	Observação Principal
Planejamento (PCP)	5	2%	Rápido
Impressão 3D da base	180-300	85% - 90%	Principal Gargalo
Montagem	5-10	4%	Manual
Controle de Qualidade	3	1%	Inspeção Manual
Embalagem e Expedição	5	2%	Simples e Rápida
Total (sem impressão)	18-23	10% - 15%	Etapas Rápidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os resultados também evidenciaram boa capacidade de customização (cores, tipo de almofada e pequenas alterações no design), baixo desperdício de material, graças à produção sob demanda, e conformidade com os princípios ergonômicos definidos no projeto.

5.1 PROBLEMAS DETECTADOS

Apesar dos resultados positivos, o estudo identificou limitações importantes na viabilidade operacional do Ergo Pulse

Gargalo na impressão 3D: A terceirização dessa etapa gera dependência externa, com risco de atrasos e de variações na qualidade entre os lotes.

Lead time elevado: O tempo total de 3 a 6 dias pode reduzir a competitividade em relação a concorrentes que oferecem entregas mais rápidas.

Escalabilidade limitada: O modelo atual é eficiente até aproximadamente 50 unidades por mês, mas enfrenta dificuldades de capacidade e custo caso a demanda aumente significativamente.

Variabilidade na montagem: Por ser manual, a etapa de montagem depende da habilidade do operador, o que gera variabilidade no acabamento.

Sensibilidade ao custo do material: Oscilações no preço do PET-G impactam diretamente a margem de contribuição.

Esses problemas indicam que, embora o modelo seja viável em pequena escala, serão necessárias melhorias para garantir a sustentabilidade e a competitividade em um cenário de possível crescimento da demanda.

6 PROPOSTA DE MELHORIA

Com base na análise da viabilidade operacional realizada no estudo de caso, identificaram-se limitações importantes no processo produtivo atual do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse, especialmente relacionadas ao gargalo na impressão 3D, ao *lead time* elevado, à escalabilidade limitada e à variabilidade na montagem.

Diante disso, apresentam-se, a seguir, propostas de melhoria concretas, com o objetivo de aumentar a eficiência operacional, reduzir custos, melhorar a capacidade de resposta ao mercado e fortalecer a competitividade do produto.

6.1 REDUÇÃO DO GARGALO NA IMPRESSÃO 3D

A etapa de impressão 3D da base representa atualmente entre 85% e 90% do tempo total do processo. Para mitigar esse gargalo, propõe-se:

Diversificação de fornecedores de impressão 3D, buscando parcerias com pelo menos duas empresas especializadas, de modo a reduzir riscos de atraso e negociar melhores condições de preço e prazo. Investimento gradual na aquisição de uma impressora 3D industrial de maior capacidade (modelo com maior volume de impressão e velocidade), o que permitiria internalizar parte da produção e reduzir o *lead time* para 1 a 3 dias úteis.

Otimização dos parâmetros de impressão (velocidade, densidade de preenchimento e orientação da peça), visando reduzir o tempo médio de fabricação da base em até 30%, sem comprometer a qualidade dimensional.

6.2 MELHORIA NO *LEAD TIME* E NA AGILIDADE OPERACIONAL

Para reduzir o tempo total de entrega e aumentar a satisfação do cliente, recomenda-se:

Implementação de um sistema de planejamento mais robusto no PCP, com o uso de ferramentas simples, como *Kanban* digital ou planilhas integradas, permitindo uma previsão mais precisa da demanda e reduzindo o tempo de preparação.

Criação de um estoque estratégico de bases mais vendidas (modelos padrão), mantendo a produção sob demanda apenas para versões personalizadas. Essa estratégia híbrida poderia reduzir o *lead time* médio para 2 a 4 dias úteis.

Padronização dos procedimentos de montagem por meio da elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão (POP), do treinamento dos operadores e do uso de gabaritos simples, para garantir maior uniformidade e velocidade na etapa de montagem.

6.3 AUMENTO DA ESCALABILIDADE E REDUÇÃO DE CUSTOS

Visando preparar a Ergo Prime para um possível crescimento da demanda, sugere-se:

Negociação de contratos de fornecimento de PET-G com volume maior, visando reduzir o custo do material em 10% a 15%.

Desenvolvimento de uma versão mais simplificada do Ergo Pulse (com menos opções de customização), destinada ao mercado corporativo, o que permitiria a produção em lotes maiores e a redução do custo unitário.

Estudo de viabilidade para a automação parcial da montagem, por meio de ferramentas pneumáticas ou de dispositivos auxiliares, visando aumentar a capacidade produtiva sem aumento proporcional de mão de obra.

6.4 FORTALECIMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE E SUSTENTABILIDADE

Para elevar o nível de qualidade e reforçar o diferencial sustentável do produto, propõe-se:

Implementação de um *checklist* de inspeção padronizado em todas as etapas (impressão, montagem e expedição), com registro digital dos resultados.

Desenvolvimento de um programa de logística reversa, incentivando os clientes a devolverem produtos ao final de sua vida útil, em troca de desconto na próxima compra, visando ao reaproveitamento do PET-G.

Busca pela certificação de ergonomia (quando aplicável), o que aumentaria a credibilidade do produto junto a clientes corporativos e diferenciaria o Ergo Pulse no mercado.

A implementação dessas propostas deve ser realizada gradualmente, priorizando inicialmente as ações de baixo investimento (diversificação de fornecedores, elaboração de pops e otimização dos parâmetros de impressão). Estima-se que, com a execução das melhorias propostas, seja possível reduzir o *lead*

time em até 50%, diminuir o custo unitário entre 12% e 18% e aumentar significativamente a capacidade de resposta ao mercado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar a viabilidade operacional do apoio de punho ergonômico Ergo Pulse por meio da aplicação dos conceitos de gestão de produção. Pode-se afirmar que esse objetivo foi plenamente alcançado, uma vez que foram identificadas, descritas e avaliadas as principais decisões produtivas adotadas no desenvolvimento do produto, desde a escolha do modelo de produção puxada e da manufatura aditiva até a análise de custos, tempos e gargalos operacionais.

Entre os aspectos positivos, destaca-se a viabilidade do modelo produtivo em pequena escala. O Ergo Pulse apresentou custo unitário médio de R\$ 45,00, margem de contribuição atrativa (de 50% a 62%) e boa capacidade de customização, características que o diferenciam no mercado de acessórios ergonômicos.

A integração entre ergonomia, design centrado no usuário e gestão de produção demonstrou-se uma estratégia eficaz para o desenvolvimento de produtos inovadores, com baixo investimento inicial em infraestrutura. Ademais, a adoção da produção sob demanda e do material PET-G alinhou o projeto a princípios de sustentabilidade, reduzindo desperdícios e possibilitando a reciclagem do material ao final de sua vida útil.

Contudo, o estudo também revelou importantes dificuldades enfrentadas. O principal desafio foi o elevado *lead time* do processo, causado pelo gargalo na etapa de impressão 3D terceirizada, que compromete a agilidade de entrega e pode limitar a competitividade do produto. Outras limitações observadas incluem a escalabilidade limitada do modelo atual, a dependência de fornecedores externos e a variabilidade na montagem manual. Essas questões destacam que, embora viável em pequena escala, o processo produtivo ainda requer aprimoramentos para suportar um eventual crescimento da demanda.

As propostas de melhoria apresentadas no Capítulo 5 visam exatamente mitigar esses problemas, com ênfase na diversificação de fornecedores, na otimização dos parâmetros de impressão, na padronização de procedimentos e no estudo da internalização gradual da fabricação. A implementação dessas ações pode reduzir significativamente o *lead time*, melhorar a margem de contribuição e fortalecer a posição competitiva do Ergo Pulse no mercado.

Sugere-se, para trabalhos futuros, a realização de um estudo quantitativo mais aprofundado sobre a aceitação do produto no mercado-alvo, incluindo testes ergonômicos com usuários reais e análise da percepção de valor. Além disso, recomenda-se avaliar a viabilidade técnica e econômica da internalização da impressão 3D em maior escala, bem como a aplicação de ferramentas de *lean manufacturing*, como *Kaizen* e *Value Stream Mapping*, no processo produtivo do Ergo Pulse.

Outra linha promissora seria o desenvolvimento de uma versão do produto com materiais mais sustentáveis ou com maior nível de automação na montagem.

Por fim, este trabalho contribui para demonstrar como os conceitos de gestão da produção podem ser aplicados na prática no desenvolvimento de produtos ergonômicos, reforçando a importância da integração entre teoria e prática para a formação de profissionais capacitados na área de Gestão da Produção Industrial.

REFERÊNCIAS

- CALLEGARI, B. et al. **Efeitos de um suporte ergonômico de punho na atividade muscular durante digitação prolongada.** *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 312-319, 2018.
- GRAND VIEW RESEARCH. ***Ergonomic Accessories Market Size, Share & Trends Analysis Report.*** San Francisco, 2024. Disponível em: <<https://www.grandviewresearch.com>>. Acesso em: 07 abr. 2026.
- HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. ***Restoring our competitive edge: competing through manufacturing.*** New York: John Wiley & Sons, 1984.
- HEIZER, J.; RENDER, B. ***Operations management.*** 11. ed. Boston: Pearson, 2014.
- IIDA, I.; GUIMARÃES, L. A. M. ***Ergonomia: projeto e produção.*** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2016.
- PORTER, M. E. ***Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors.*** New York: Free Press, 2004.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. ***Administração da produção.*** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- TUBINO, D. F. ***Planejamento e controle da produção: fundamentos, conceitos, princípios e aplicações.*** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. ***Product design and development.*** 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2012.