

## PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORIENTADO À *LEAN MANUFACTURING* EM UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ESTÂNCIA VELHA/RS

### PROPOSAL FOR OPTIMIZATION OF A LEAN MANUFACTURING ORIENTED PRODUCTION SYSTEM IN A FOOTWEAR INDUSTRY LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF ESTÂNCIA VELHA/RS

Jacques André Grings\*  E-mail: [jacques.grings@gmail.com](mailto:jacques.grings@gmail.com)

Gabriel Amadeu Guimarães\*  E-mail: [gabrielguimaraes2223@gmail.com](mailto:gabrielguimaraes2223@gmail.com)

Eduardo da Rocha Bassi\*  E-mail: [eduardo.bassi@rolante.ifrs.edu.br](mailto:eduardo.bassi@rolante.ifrs.edu.br)

Letícia Martins de Martins\*  E-mail: [leticia.martins@rolante.ifrs.edu.br](mailto:leticia.martins@rolante.ifrs.edu.br)

Fernando Gonçalves de Gonçalves\*  E-mail: [fernandoggoncalves@yahoo.com.br](mailto:fernandoggoncalves@yahoo.com.br)

\*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Bento Gonçalves, RS, Brasil.

**Resumo:** As organizações gravitam em mercados dinâmicos e mutáveis, e manter os olhares para o ambiente interno, caracterizado pela complexidade típica das organizações modernas, é condição essencial para que possam se manter competitivas e estar presentes nos mercados mais atraentes. Nessa linha de entendimento, o artigo apresenta uma proposta de melhoria de um sistema de produção orientado para a *lean manufacturing* em uma indústria calçadista localizada no município de Estância Velha, estado do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma pesquisa de natureza experimental, pautada nos princípios do Sistema Toyota de Produção, tendo como objetivo reduzir o tempo de atravessamento dos produtos, diminuir os estoques de matéria-prima e redimensionar o layout de produção. Foi possível perceber a redução dos estoques intermediários na ordem de 44% e do lead time, passando de 19 para 10,5 dias, além de ganhos significativos de produtividade e eficiência. Do ponto de vista gerencial, os resultados obtidos demonstram que a aplicação dos princípios da *lean manufacturing* pode gerar ganhos expressivos de produtividade, eficiência e redução de custos, servindo como referência para gestores industriais em busca de maior competitividade. No campo acadêmico, o estudo contribui para o aprofundamento das discussões sobre a adaptação de sistemas enxutos em setores específicos, como o calçadista, ampliando o escopo de aplicação da teoria da produção enxuta.

**Palavras-Chave:** Sistemas de produção. *Lean manufacturing*. *Lead time*. Indústria calçadista.

**Abstract:** Organizations operate in dynamic and changing markets, and keeping an eye on the internal environment, characterized by the complexity typical of modern organizations, is essential for them to remain competitive and present in the most attractive markets. In line with this understanding, the article presents a proposal for improving a lean manufacturing-oriented production system in a footwear industry located in the municipality of Estância Velha, in the state of Rio Grande do Sul. This is an experimental study based on the principles of the Toyota Production System, with the aim of reducing product lead times, decreasing raw material inventories, and resizing the production layout. It was possible to see a reduction in intermediate inventories of around 44% and in lead time, from 19 to 10.5 days, in addition to significant gains in productivity and efficiency. From a managerial perspective, the results obtained demonstrate that applying lean manufacturing principles can generate significant gains in productivity, efficiency, and cost reduction, serving as a reference for industrial managers

seeking greater competitiveness. In the academic field, the study contributes to the deepening of discussions on the adaptation of lean systems in specific sectors, such as footwear, expanding the scope of application of lean production theory.

**Keywords:** Production systems. Lean manufacturing. Lead time. Footwear industry.

## 1 INTRODUÇÃO

A transformação organizacional é necessária para fazer frente às mudanças no ambiente de negócios e implica em mudanças severas na estratégia e na capacidade da empresa (Ellström *et al.*, 2022). Em uma sociedade líquida e fluída (Bauman, 2001), onde se desenvolvem organizações que conseguem reagir de forma proativa às mudanças - e não aquelas que possuem a maior estrutura - manter o foco no ambiente interno, caracterizado pela complexidade típica das organizações contemporâneas, bem como no ambiente externo, dinâmico, mutável e competitivo, pode ser uma condição necessária para que as empresas se mantenham nos melhores mercados. Nesse sentido, as organizações industriais buscam, de forma contínua, aprimorar os processos produtivos com vistas a melhorar a qualidade, diminuir os custos de produção e aumentar a lucratividade (Zaro; Webber, 2022).

A busca por vantagem competitiva, ao analisar apenas os processos de produção, direciona as indústrias de manufatura na busca constante pelas melhores práticas com o objetivo principal de produzir mais (ou o mesmo, dependendo da demanda de mercado) a um custo menor. A divisão do trabalho, inicialmente observada por Adam Smith no século XVIII (e que serviu de base para o fordismo) oferecia, e ainda oferece, essas condições, pois, ao conceder ao trabalhador o *status* de especialista em uma única função, favorece o dinamismo e eficácia do sistema produtivo, mesmo sendo alvo de críticas por contribuir para a exploração do trabalhador (Marx, 2017). A especialização do trabalhador, possível a partir da divisão do trabalho, geraria maior riqueza às nações (Smith, 1996).

A partir do início do século XX até o final da segunda guerra mundial - aproximadamente, pois esses tempos não são muito precisos - Alfred Sloan (da General Motors) e Henry Ford (da Ford Motor Company) empregaram em suas organizações o que ficou mundialmente conhecido como “sistema de produção em massa”. Esse sistema de produção (linha móvel), utilizado inicialmente nas

indústrias de automóvel de Ford, baseava-se na divisão do trabalho (SMITH, 1996), onde quem se deslocava não era o trabalhador, mas sim o produto em operação. A consolidação deste modelo revolucionou o setor industrial, pois a aplicação de seus conceitos permitiu aumentar exponencialmente a produtividade e reduzir os custos de produção (Rodrigues, 2014).

É importante ressaltar que o sistema de produção em massa continuou e continua tendo destaque nas organizações industriais, mesmo após o término da segunda guerra mundial. No Japão, que havia sido devastado pela guerra e tinha poucos recursos disponíveis, tornou-se necessário desenvolver um sistema de produção baseado na eliminação de desperdícios. Foi nesse contexto que Eiji Toyoda e Taiich Ohno (da Toyota) desenvolvem o “Sistema Toyota de Produção” (STP), também conhecido como Sistema de Produção Enxuto, *Lean Production* ou *Lean Manufacturing*. Esse sistema tem como objetivo principal aumentar a eficiência operacional por meio da eliminação de qualquer desperdício e de atividades que não agregam valor ao cliente (Womack; Jones; Ross, 2004).

Diversas ferramentas foram inicialmente desenvolvidas e utilizadas pelo STP, como o Kaizen, o Kanban, o 5 S, o ciclo PDCA, o Diagrama de Ishikawa, os Cinco Porquês, o Total Productive Maintenance (TPM) e o Poka-Yoke (Ohno, 1997). Com o tempo, outras foram sendo incorporadas ao STP, como o Fluxograma, *Heijunka*, Troca rápida de ferramentas, 5W2H, Diagrama de espaguete e o Tempo Padronizado (Rodrigues, 2014). Muitas organizações industriais vêm utilizando essas ferramentas, porém é importante investigar a eficácia delas quando aplicadas no processo de produção de calçados.

A fabricação de calçados é um segmento da indústria que, historicamente, enfrentou dificuldades na adoção de novas tecnologias nos processos de produção. Em vez disso, há uma forte dependência do uso intensivo de mão de obra (Colantuono; Souza, 2018). Um dos principais motivos para essa baixa adoção de tecnologias é a questão econômica, já que os investimentos em tecnologia costumam ser caros e o retorno sobre esses investimentos pode demorar a acontecer (Schreiber, 2022). Além disso, há uma oferta suficiente de mão de obra, com custos baixos, o que também contribui para a preferência por métodos tradicionais.

A escolha pela empresa onde ocorreu a intervenção aconteceu porque um

dos autores é funcionário da mesma, o que facilitou bastante o acesso aos dados organizacionais. Além disso, essa empresa tinha um estoque elevado, tanto de materiais quanto de produtos em elaboração (internamente e nas empresas terceirizadas), o que prejudicava o fluxo de caixa. Como questão de pesquisa, busca-se entender: Quais os resultados operacionais e financeiros que uma indústria de calçados pode alcançar ao adotar a filosofia do *lean manufacturing*?

A partir do enunciado, o artigo apresenta uma proposta de otimização de um sistema de produção orientado para a *lean manufacturing* em uma indústria de calçados localizada no município de Estância Velha, estado do Rio Grande do Sul. O texto, além desta breve introdução, está estruturado na seção 2 com o referencial teórico, na seção 3, a metodologia, na seção 4 figura o modelo de referência proposto e, por fim, na seção 5 as considerações finais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção possui como objetivo apresentar os principais conceitos da *lean manufacturing*, metodologia desenvolvida pela empresa Toyota e que busca aumentar a eficiência e a produtividade das organizações através da redução de desperdícios, também lança luzes sobre aspectos importantes do planejamento e controle da produção e a capacidade produtiva.

### 2.1 Lean Manufacturing

O conceito de produção enxuta surgiu após a Segunda Guerra Mundial, quando Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, fundadores da Toyota Motor Company, criaram uma nova maneira de produzir veículos. Essa abordagem pioneira contrastava com os métodos tradicionais de produção artesanal e em massa. A produção em massa, usada pela Ford e General Motors no início do século XX, era baseada na fabricação padronizada e seriada (García-Muiña *et al.*, 2020), o que gerava grandes estoques de materiais, produtos em elaboração e produtos prontos. Por isso, era necessário contar com profissionais altamente qualificados para projetar os veículos, já que a produção em si utilizava máquinas caras e pouco versáteis. Por outro lado, a produção artesanal era feita manualmente, com ferramentas simples, por

trabalhadores qualificados, sempre atendendo ao desejo do cliente. No entanto, esse modelo tinha o problema de que toda essa exclusividade tornava o produto muito mais caro (Wormack, 2004).

Em contraste com esses modelos de produção, o sistema desenvolvido por Toyoda e Ohno buscou combinar o melhor de cada um, com o objetivo de reduzir ao máximo os custos. Eles apresentaram o conceito de *Lean Manufacturing*, que prega a eliminação total de desperdícios e é baseado no Just in Time (JIT) e na autonomação (Ghinato, 1995). A Toyota passou a exigir profissionais qualificados em todas as áreas da organização e a adaptar máquinas para que fossem mais eficientes e flexíveis, permitindo produzir mais usando menos recursos (Wormack et al., 2004).

Em ambientes de negócios cada vez mais competitivos, buscar otimizar resultados e eliminar desperdícios é fundamental para a sobrevivência das organizações. A utilização das ferramentas e do pensamento de produção enxuta pode tornar isso possível. A Toyota foi uma grande referência na estruturação do sistema *Lean Manufacturing* (Rodrigues, 2014), que se baseia em diversas filosofias, ferramentas e processos. Segundo Monden (2015), o principal objetivo desse sistema de produção é reduzir custos e aumentar a produtividade, alcançando esses resultados por meio da eliminação de desperdícios.

De acordo com Dennis (2008, p.40) existem oito tipos de *muda*, (para o povo japonês é sinônimo de desperdício) e que são apresentados da seguinte maneira: I) o “movimento” refere-se tanto ao movimento humano quanto ao mecânico, está ligado à ergonomia, a movimentos desnecessários que precisam ser feitos dentro do processo, ou problemas de limitação de espaço físico que deixam máquinas distantes; II) a “espera” (segundo desperdício) é quando um funcionário precisa aguardar uma etapa ser concluída para dar seguimento ao processo de produção, pode ser devido a uma máquina ou a algum material a ser entregue; III) o “transporte” está ligado à necessidade de transportar grandes lotes, também geralmente associado a *layouts* ineficientes; IV) a “correção” trata-se de produzir produtos com defeitos e precisar corrigir depois, o que gera alto custo e insatisfação do cliente; V) o quinto desperdício “excesso de processamento” é em síntese produzir mais do que o cliente demanda; VI) o “excesso de produção” é basicamente produzir mais do que será vendido, algo que ocasiona muitos custos; VII) o

“estoque”, sétimo desperdício, significa manter matéria prima parada desnecessariamente na empresa; VIII) o oitavo desperdício que é o “conhecimento sem ligação” trata-se da falta de comunicação dentro de uma empresa, visto que esta precisa estar alinhada com seus clientes e fornecedores.

O objetivo principal é entregar ao consumidor produtos de alta qualidade, com o menor custo possível e o *lead time* mais curto. Para alcançar isso, os pilares do JIT e do Jidoka desempenham um papel fundamental (Aniceto; Siqueira, 2016). Ghinato (1995) explica que o JIT significa que nada deve ser produzido ou transportado antes do momento certo e cada processo deve receber os itens e as quantidades corretas, no tempo e lugar adequados. Já o Jidoka refere-se à autonomação, ou seja, à capacidade dos funcionários de interromper a produção assim que identificam algum problema de qualidade. Essa interação evita que um defeito permaneça na linha de produção, pois a intervenção humana interrompe o funcionamento da máquina ao detectar alguma anomalia (Wormack *et al.*, 2004).

Dennis (2008) destaca a importância do trabalho padronizado dentro do conceito de produção enxuta e apresenta três elementos essenciais: a) o *takt time*; b) a sequência de trabalho; e c) o estoque em processo. O *takt time* indica a frequência de demanda e o ritmo necessário para atender essa demanda, como, por exemplo, quantas unidades precisam ser produzidas por minuto. Segundo Dennis, esse conceito ajuda a ter um melhor controle da produção da empresa, pois, ao visualizar o fluxo, fica mais fácil perceber se tudo está acontecendo conforme o planejado.

A padronização dos processos permite eliminar atividades que não agregam valor ao produto, o que pode resultar na redução de tempo e no aumento da produtividade. Essa padronização envolve todo o processo produtivo, determinando a sequência de trabalho correta, a forma de segurar uma peça ou de deslocar-se dentro de um setor (Santos, 2021). Ainda em relação à padronização, é importante citar o papel do estoque padrão, que consiste basicamente em um estoque mínimo necessário para que o fluxo de produção não seja interrompido (Kishida; Silva; Guerra, 2006).

## 2.2 Planejamento e Controle da Produção

O Planejamento de Necessidades de Materiais (MRP) é um sistema responsável calcular a necessidade de materiais de acordo com as demandas. Além dos diversos tipos de materiais, ele determina o momento certo para sua utilização e garante que estes sejam providenciados a tempo, evitando sobras ou faltas. O objetivo desses sistemas é aperfeiçoar todas as atividades do negócio, contribuindo assim para o alcance dos objetivos organizacionais (Kirchmer, 1998).

Entretanto, apenas o cálculo de necessidade de materiais e a determinação de quanto e quando produzir não é suficiente. Para que a produção tenha um bom planejamento, também é necessário levar em conta todos os aspectos envolvidos no processo, que, além dos materiais, incluem recursos humanos e financeiros. Esses aprimoramentos foram trazidos pelo sistema de Planejamento de Recursos de Manufatura (MRPII). Totalmente informatizado, esse sistema permite reduzir significativamente a probabilidade de falhas nos processos, garantindo um melhor desempenho da organização (Lopes; Silva; Rocha, 2014).

Seguindo essa evolução, chega-se ao planejamento dos recursos da empresa (ERP), estágio mais avançado dos sistemas anteriores (MRP e MRPII). O ERP tem como objetivo fornecer dados ainda mais integrados, oferecendo todo o suporte necessário para as decisões empresariais. Ele é composto por módulos que correspondem a todas as informações existentes na empresa: área fiscal, recursos humanos, materiais, finanças, marketing, contabilidade, entre outras (Corrêa; GIANESI; CAON, 2000).

O Planejamento e Controle de Produção (PCP) é responsável por conduzir todas as informações fornecidas por esses sistemas. Ele gerencia os recursos humanos e físicos necessários para que o sistema produtivo funcione. Por meio do PCP, são definidas metas, estratégias e o direcionamento das ações (Tubino, 2000). O PCP atua em todos os processos da empresa, buscando manter o equilíbrio entre os setores comercial e produtivo, atuando de forma estratégica nas tomadas de decisão e com foco em maximizar lucros e reduzir desperdícios (Montor, 2020).

Segundo Estender *et al.* (2017), uma das atividades mais importantes dentro de uma organização é o PCP, pois é por meio dele que as demandas da produção serão monitoradas e gerenciadas. Esse setor se preocupa com todo o processo, que

envolve desde as demandas do consumidor até os custos (matéria-prima, insumos, mão-de-obra) e se estende até a entrega do produto. Sem esse planejamento, o processo produtivo e logístico fica comprometido, trazendo diversos transtornos e prejuízos à instituição.

Para conseguir atender a todas essas demandas, o PCP precisa atuar de forma integrada dentro da empresa, assumindo funções como a gestão de estoques e o acompanhamento da produção. Conhecer a capacidade produtiva, o volume de vendas, os prazos de entrega e a situação dos estoques permite corrigir possíveis problemas e garantir que o planejado aconteça conforme o previsto. Segundo Corrêa (2012), planejar é projetar o futuro de forma diferente do passado, corrigindo o que deu errado. Basear-se no histórico produtivo da empresa é uma boa maneira de alcançar maior assertividade no presente.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O estudo, quanto à sua natureza, pode ser considerado aplicado, com o intuito de gerar e divulgar conhecimento, visando à sua aplicação prática, neste caso, na indústria de calçados. Trata-se também de uma pesquisa de natureza experimental, uma vez que envolveu a intervenção direta no sistema produtivo da empresa, com a implantação de melhorias e posterior mensuração dos resultados operacionais e financeiros obtidos. A pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa. Ao utilizar essa abordagem, o pesquisador não faz uso de métodos e técnicas estatísticas, uma vez que tanto a interpretação dos fenômenos quanto a atribuição de significados são fundamentais. Nesse tipo de pesquisa, os dados tendem a ser analisados de forma indutiva (Matias-Pereira, 2019).

A pesquisa, quanto aos procedimentos técnicos, é caracterizada como um estudo de caso (Yin, 2001). Inicialmente, foi realizada uma análise detalhada do ambiente físico da empresa, observando seus processos produtivos, o controle de estoques, o fluxo de produção e as rotinas de funcionamento, por meio de registros fotográficos. Após compreender os fluxos e processos utilizados, foram propostas alterações no controle de produção, na gestão de estoques e no *layout* de produção.

A coleta de dados foi facilitada pelo fato de um dos autores ser funcionário da empresa pesquisada. Por meio da observação sistemática participativa e da

pesquisa documental nos registros internos, foi possível elaborar um checklist que incluía: a) o fluxograma da empresa, desde o PCP até a expedição; b) o detalhamento do sistema de produção atual; c) a apresentação de um relatório de revisão do processo produtivo; d) a proposta de melhorias no sistema de produção; e) a divulgação de um relatório com os resultados alcançados, tanto operacionais quanto financeiros.

As etapas empregadas na presente pesquisa se aproximam e correspondem à metodologia proposta de Rodrigues (2014). Conforme modelo do autor o foco deve ser: I) nas estruturas; II) na mão de obra; III) nos equipamentos e IV) nos movimentos. A principal ferramenta utilizada na proposta de aperfeiçoamento do sistema de produção foi o *Value Stream Mapping* (VSM). Conhecida como mapeamento do fluxo de valor, busca estabelecer um fluxo de materiais e informações, facilitando a visualização de onde existem desperdícios e processos que não agregam valor ao produto, sendo que a sua amplitude e fluxo se estende desde a matéria prima até o cliente final. Segundo Silva *et al* (2021) a ferramenta VSM potencializa a redução do *lead time* e o tempo de ciclo, com foco na eliminação de desperdícios. Com exceção do VSM (já demonstrado), o quadro 1 apresenta as principais ferramentas de produção enxuta utilizadas na proposta de otimização do sistema de produção orientado à *lean manufacturing*.

**Quadro 1** - Ferramentas de produção enxuta

| Ferramenta          | Definição   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>Fluxograma</b>   | Pode ser definido como uma representação gráfica que demonstra a sequência ou fluxo de trabalho. Permite uma melhor compreensão e otimização dos processos.   |   | * |   |   |   |   |
| <b>Kanban</b>       | Funciona como um regulador de estoques, que estabiliza a demanda entre dois setores, o primeiro deve abastecer a quantidade necessária que o segundo usar na proporção certa e segundo é responsável por ditar o ritmo, puxando a produção. Desta forma a produção é monitorada de forma descentralizada e visual, limitando o nível máximo de estoque. |   | * |   |   |   |   |
| <b>PDCA</b>         | Também conhecido como ciclo de Deming tem por objetivo tornar mais ágeis os processos envolvidos na execução da gestão. Divide-se em 4 passos: Planejamento, execução, verificação, ação.   |   | * |   |   |   |   |
| <b>Heijunka box</b> | É o agrupamento de pedidos em um período, para que haja o nivelamento da carga produtiva, com o objetivo de formar  | * |   |   |   |   |   |

|                                    |  |   |   |   |  |   |
|------------------------------------|--|---|---|---|--|---|
|                                    | pequenos lotes de produção respeitando o mix de produtos, a fim de ter uma estabilidade no balanceamento do processo produtivo.  |   |   |   |  |   |
| <b>Kaizen</b>                      | Palavra que em japonês significa <i>melhoria contínua</i> é praticamente uma filosofia de que sempre é possível fazer melhor. Busca promover melhorias por meio da eliminação de problemas.  |   | * |   |  |   |
| <b>Troca rápida de ferramentas</b> | A ferramenta busca eliminar o tempo de máquina parada que é um dos desperdícios lean, ela sugere que o tempo de máquina parada seja dividido entre interno e externo e assim sendo ajustado, para obter uma diminuição ou eliminação se possível.  |   | * |   |  |   |
| <b>5W2H</b>                        | Método que consiste basicamente em fazer perguntas, é uma ferramenta prática que permite saber dados importantes de um projeto. Utiliza os termos da língua inglesa what, who, why, where, when, how, how many/how much que significam: o que? quem? por que? onde? quando? como? quantos/com quanto?  |   | * |   |  |   |
| <b>Diagrama de Ishikawa</b>        | Também conhecida como diagrama de causa e efeito é uma ferramenta gráfica usada para o gerenciamento e o controle da qualidade em diversos processos. Os problemas podem ser divididos em 4 partes: método, matéria-prima, mão de obra e máquinas. Permitindo estruturar as causas de determinado problema ou para uma oportunidade de melhoria. | * |   |   |  |   |
| <b>Diagrama de espaguete</b>       | Também conhecido como diagrama de fluxo, proporciona visualizar todas as movimentações e locais onde ocorrem as etapas do trabalho por meio de um desenho feito em uma planta baixa utilizando linhas que representam cada movimento.  |   |   |   |  | * |
| <b>Poka-yoke</b>                   | Na produção enxuta este termo significa “à prova de erros” e serve especialmente para processo repetitivo, quando erros acontecem por falta de atenção, com esta ferramenta fica impossível de errar.  |   | * |   |  |   |
| <b>TP</b>                          | O Trabalho Padronizado é uma ferramenta que foca no movimento e trabalho do operador, aplica-se em situações de movimentos repetitivos e tem como objetivo eliminar desperdícios. Possui como elementos principais o tempo <i>Tak</i> , a sequência de trabalho e o estoque em processo.   |   |   | * |  |   |
| <b>5S</b>                          | 5S constitui um processo educacional que visa promover a mudança comportamental das pessoas por meio de práticas participativas e do conhecimento de informações, mudança comportamental essa que proporcione suporte e apoio filosófico à qualidade de forma ampla e à melhoria contínua em todos os âmbitos da vida humana.                    | * |   |   |  |   |
| <b>Andon</b>                       | Andon serve para identificar possíveis pontos com problemas, com o auxílio de um instrumento luminoso ou sonoro fica visível para todos que existe um problema em determinado ponto.   | * |   |   |  |   |

Fontes: (1) Ballesteros-Alvarez (2012); (2) Muray (1996); (3) Daychoum (2018); (4) Dennis (2008); (5) Martins-Laugeni (2018); (6) Murray (1996).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A numeração apresentada no Quadro 1, assim como os asteriscos, refere-se aos autores citados para cada ferramenta de produção enxuta utilizada. É importante considerar que a proposta de aperfeiçoamento do sistema de produção está segmentada na Seção 4 em tópicos, uma vez que o enfoque dado “às estruturas, à mão de obra, aos equipamentos e aos movimentos” não pode ser dissociado nas etapas do modelo, pois todas fazem parte de um sistema interligado. Para fins de análise e apresentação dos resultados, a proposta de aperfeiçoamento do sistema de produção foi estabelecida para o período de fevereiro de 2021 a março de 2022; no entanto, continua sendo monitorada e avaliada como um processo de melhoria contínua.

## **4 PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CALÇADOS**

Essa seção destina-se, inicialmente, a caracterizar a estrutura da empresa estudada. No segundo tópico é apresentado o sistema de produção utilizado na indústria de calçados no período anterior ao ano de 2021. Neste período a referida empresa utilizava no seu sistema produtivo a metodologia de produção em massa, sendo que o seu foco não era o controle de estoques, a parte logística e nem o tempo de atravessamento do produto na linha de produção, mas sim o volume de produção. O terceiro tópico é dedicado a apresentar os principais problemas encontrados a partir da revisão do fluxo produtivo, para, em seguida ser possível apresentar os resultados de melhoria alcançados.

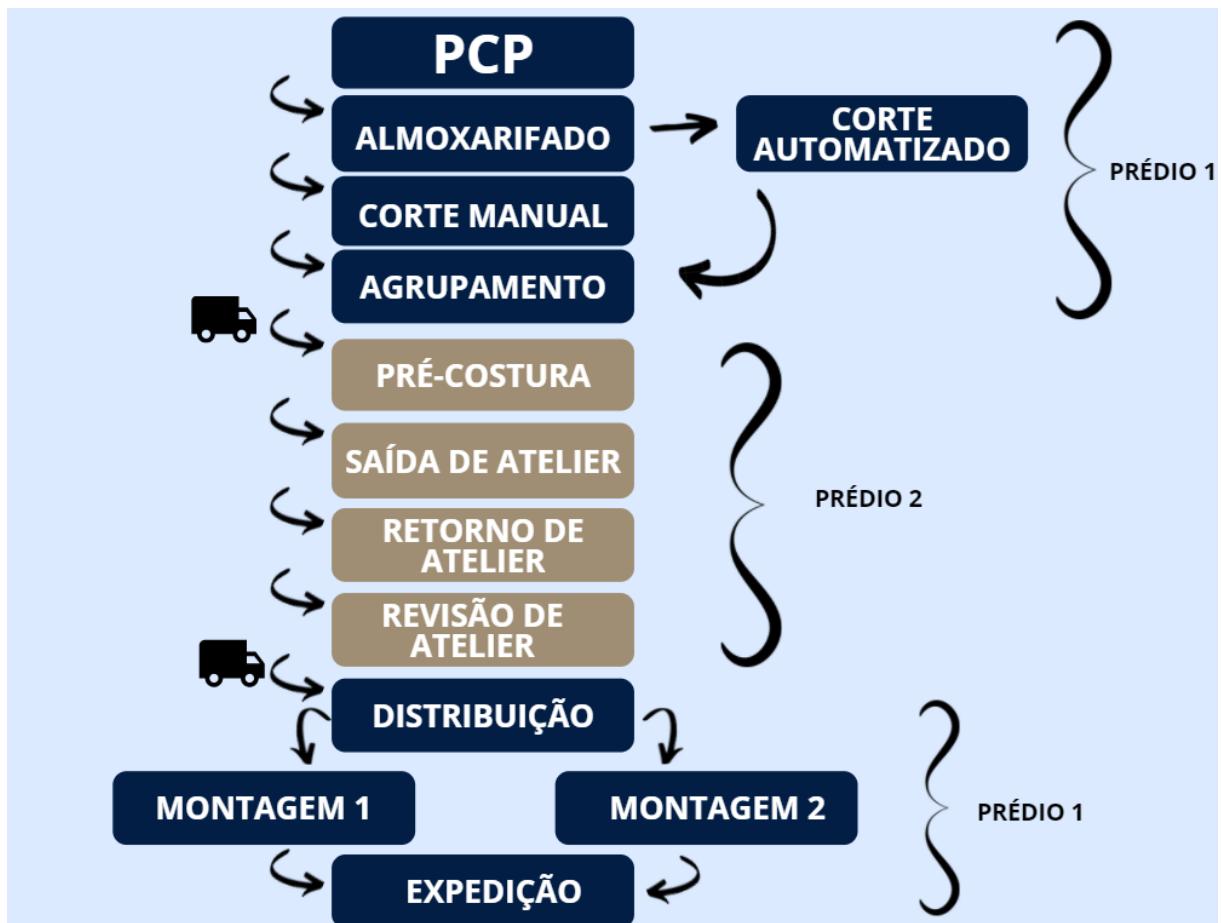
### **4.1 Caracterização da indústria de calçados**

A indústria de calçados que serviu de base para o desenvolvimento do sistema de produção foi fundada no ano de 1986. A empresa produz atualmente a quantidade de 4.800 pares por dia e conta com um mix de 53 modelos de calçados disponíveis para venda, sendo 71% de sapatos, 22% de botinas, 4% de botas e 3% de sapatos sociais. Trabalham na empresa 334 funcionários sendo 157 homens e

177 mulheres.

De maneira que seja possível uma melhor compreensão a respeito do sistema produtivo da empresa será apresentado, de maneira resumida, as etapas do sistema de produção anterior à intervenção. A análise do fluxo produtivo da empresa teve início no setor de PCP, sendo que posteriormente seguiu para os setores de almoxarifado, corte automatizado, corte manual, agrupamento, pré- costura, saída, retorno e revisão de contratada (terceirizada), distribuição, montagem 1 (montagem de injeção de sola direta) e montagem 2 (montagem de processo de colagem normal), e pôr fim a expedição. A Figura 1 demonstra como era o fluxo de produção por setor antes da intervenção.

**Figura 1** - Fluxograma de produção da empresa em janeiro de 2021



**Fonte:** elaborado pelo autor (2022).

Ao observar o fluxograma apresentado na Figura 1, é possível perceber que todo o processo tem início no PCP, pois é nesse setor que o pedido é realizado e as necessidades de compras de materiais para a elaboração do produto são geradas.

Em seguida, surge o setor de almoxarifado, responsável por receber todos os insumos de produção adquiridos pela empresa. Nota-se que o setor de corte automatizado, que utiliza uma máquina especial para cortar os aviamentos (espumas, tecidos e sintéticos, peças que compõem, geralmente, a parte interna do calçado), está localizado ao lado do almoxarifado. Isso ocorre porque a máquina de corte utiliza materiais provenientes diretamente desse setor, facilitando o controle de estoque. A divisão de corte manual, por sua vez, utiliza máquinas e dispositivos específicos para o corte de peças externas, chamadas de cabedal, que geralmente correspondem à parte externa do calçado. Em seguida, apresenta-se o setor de agrupamento, que, de forma geral, faz a junção das peças cortadas. Esses são os primeiros setores do prédio 1, que compõem a matriz da empresa.

O setor seguinte, denominado pré-costura, estava instalado no prédio 2, a cerca de 500 metros da matriz. Lá, encontravam-se três subsetores: saída, retorno e revisão de contratada. Após passar por esse processo, o cabedal do calçado já estava pronto e retornava para a matriz, dando sequência ao setor de distribuição de montagem, que completava as demais peças que compõem os modelos de calçados da empresa: a) palmilha; b) biqueiras; c) etiquetas de identificação; e d) solas, quando necessário. Em seguida, os talões eram divididos em duas partes: montagem de injeção de sola direta e montagem do processo de colagem normal, ficando prontos para seguir para a expedição. A empresa utilizava um caminhão próprio para fazer o translado entre a matriz e a filial, duas vezes ao dia, sempre no início da manhã e no início da tarde.

#### **4.2 Aplicação do VSM**

O mapeamento do VSM foi desenvolvido com base na observação direta dos processos. Essa etapa foi crucial e se deu por meio de registros internos da empresa, além de conversas diretas com os gestores de produção. O escopo abrangeu o fluxo inicial do setor de PCP até a expedição do produto final, passando por todas as áreas envolvidas no processo produtivo. A ferramenta permitiu identificar, de forma visual e estruturada, os principais pontos de desperdício, gargalos produtivos e estoques intermediários, distinguindo claramente as etapas que agregam valor (AV) daquelas que não agregam valor (NAV), sob a ótica do

cliente.

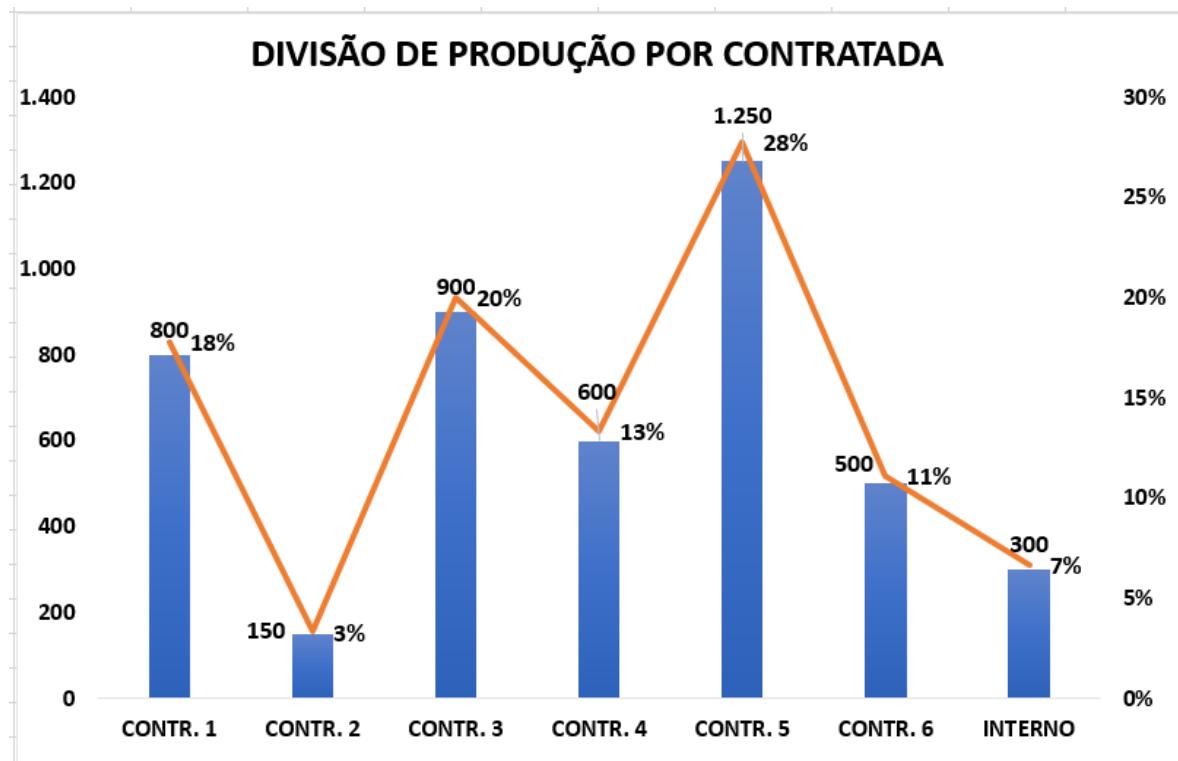
Após conhecer e mapear os setores da empresa foi realizado um estudo aprofundado dos processos produtivos, a fim de obter uma visão sistêmica do fluxo. Foi possível identificar uma deficiência crítica no setor de agrupamento, responsável pela união das peças que compõem o calçado. Constatou-se que esse setor representava a principal restrição do sistema produtivo, pois exigia um volume significativo de horas extras dos funcionários para atingir as metas diárias. Nessa etapa, poucas atividades agregavam valor ao produto final, já que a maior parte das operações estava relacionada à contagem e separação de peças provenientes do corte automatizado, à aplicação de carimbos e ao corte de elásticos.

A análise evidenciou que o excesso de atividades não produtivas e a falta de sincronismo entre os setores de corte (automatizado e manual) gerava acúmulo expressivo de materiais no setor de agrupamento, elevando o giro interno e comprometendo o fluxo contínuo da produção. Esses fatores aumentavam o *lead time* do processo e contribuíam com um ambiente operacional desorganizado e reativo.

O setor de pré-costura recebia o abastecimento do agrupamento, organizado em caixas plásticas, realizando a separação por modelo e iniciando o processo conforme a complexidade do calçado. Modelos de maior volume exigiam preparo adicional, como a aplicação de adesivo especial, antes de serem enviados às empresas terceirizadas. Após a revisão, os cabedais eram acondicionados em sacos de rafia e despachados para os ateliês de costura ou contratadas, enquanto as caixas plásticas retornavam à matriz para serem reutilizadas.

O setor denominado “saída de contratada” era responsável pela expedição dos materiais às terceirizadas, organizando o envio por modelo e creditando os talões no sistema como saldo produtivo em elaboração. A Figura 2 ilustra a distribuição da produção entre as contratadas, segundo a capacidade e o mix de produtos de cada uma.

**Figura 2** - Divisão de produção por contratada em janeiro de 2021



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

Nota-se que cada terceirizada possuía o seu mix de modelos conforme a sua estrutura produtiva e a sua capacidade de resposta às demandas impostas pela contratante. Cada contratada possuía o tempo máximo para a produção de 3 dias (podendo chegar a 4) pois a contratante entendia que este prazo estava de acordo com a sua política de estoques. É importante destacar que a empresa contratante realizava a confecção completa de costura de apenas três modelos do seu mix de produção.

Ao entregar os cabedais costurados, os mesmos passavam por uma revisão final com o intuito de verificar se a qualidade estava nos padrões necessários para voltar à matriz. Já na matriz os talões de calçados eram recebidos no setor de distribuição (os talões ficavam em sacos de rafia e era preciso colocá-los novamente em caixas plásticas), sendo que eram adicionados ao talão os últimos componentes, necessários para a montagem do produto, como etiquetas, palmilhas, biqueiras e solas. Em seguida, o setor de distribuição fazia uma separação para as montagens.

A linha de montagem 1 é uma grande linha de produção com três etapas que trabalham de forma sincronizada, sendo o início a montagem, depois a injetora e por

fim o acabamento. Este setor é tratado de maneira diferente desde o PCP, pois se trata de uma injetora rotativa de 36 postos no meio da produção de esteira, com uma grande variação de solas e formas. Já a montagem 2, que não possuía divisões, era responsável pelos modelos que não possuem injeção direta, e dispõe de um processo mais fluido. Ao final de cada montagem o produto já finalizado e devidamente identificado era enviado ao setor de expedição.

#### **4.3 Análise dos resultados da revisão de fluxo**

A aplicação do VSM facilitou a identificação dos gargalos produtivos da empresa, evidenciando um elevado volume de produtos excedentes dentro dos setores de produção. Também não havia fluidez entre os setores, o que resultava em movimentação em grandes lotes. A ausência de uma cultura de produção enxuta na empresa dificultava a criação de um fluxo produtivo contínuo. A presença de um processo logístico no meio do processo produtivo também agravava a situação, contribuindo para o acúmulo de talões na produção. Outro fator que gerava gargalos produtivos era o fato de que alguns modelos possuíam etapas de produção únicas, interrompendo o fluxo linear e gerando refluxos no processo produtivo.

Depois de mapear as principais restrições do sistema produtivo, foi elaborado um plano de ação buscando tornar o processo o mais o balanceado possível. As restrições do sistema foram classificadas em três tópicos a serem aperfeiçoados: a) problemas logísticos; b) limitação do sistema produtivo; c) refluxo e gargalos de produção.

##### **4.3.1 Problemas logísticos**

O fato de a empresa depender de um caminhão para realizar o transporte entre as plantas de produção gerava um estoque de aproximadamente meio dia de produção, do agrupamento para a pré-costura (cerca de 2.250 pares por transporte). O transporte ocorria no início da manhã e no início da tarde, momento em que a capacidade de transporte já estava no limite do espaço físico, sendo necessário, em alguns dias, realizar até duas viagens, pela manhã ou à tarde. Caso houvesse um pequeno acréscimo na produção diária, seria necessário realizar três viagens por dia

ou adquirir um caminhão com maior capacidade de carga.

Para resolver esse problema, foi identificado que ao lado do prédio 2, na filial, havia um prédio antigo de dois andares, que, com uma grande reforma, poderia eliminar a necessidade do caminhão no meio do processo produtivo. Foi realizado um estudo para analisar a viabilidade de adquirir um novo caminhão, mas foi constatado que seria mais vantajoso para a empresa investir na reforma do prédio. Com o aumento do espaço físico da filial, a ideia era transferir os setores de corte automatizado e manual, além da seção de agrupamento, para a filial, criando fluidez entre os setores.

Após diversos estudos, pesquisas, observações e verificações foi validado um *layout* que contemplaria as necessidades do fluxo produtivo da empresa. Esta também foi uma oportunidade para começar a implementar a cultura de produção enxuta na empresa. O novo projeto estrutural já foi pensado para comportar o novo sistema produtivo, baseando-se nos princípios do *lean manufacturing* e considerando a aproximação de um setor para o outro, de maneira a inibir a formação de estoques intermediários, e forçando a mudança da produção em massa para a cultura da produção enxuta.

Após a elaboração e validação do projeto, o novo prédio foi inteiramente reformado e adaptado para atender as necessidades do novo fluxo produtivo da empresa. A reforma foi iniciada no mês de junho de 2021 e finalizada no mês de agosto de 2021, sendo a mudança do novo layout concluída no mês de setembro de 2021.

#### **4.3.2 Capacidade produtiva**

Essa etapa foi considerada de extrema importância para a validação do novo sistema de produção, pois se via a necessidade de limitar a capacidade produtiva diária por modelos, e não mais em pares, através do TP (tempo padrão) e do *Heijunka box*. Em paralelo, algumas regras foram criadas para o setor de PCP, contribuindo dessa forma com uma maior assertividade do setor.

Um planejamento mal executado no setor de PCP, muitas vezes devido à falta de tempo para analisar as informações e a capacidade instalada, pode acarretar grandes problemas, como a incapacidade de produzir o que foi

programado ou a falta de insumos produtivos. Isso gera restrições produtivas nos setores da empresa e aumenta a quantidade de produtos em elaboração, o que eleva o *Takt Time* e, consequentemente, os custos de fabricação. A escolha por terceirizar parte da costura também representa uma limitação do processo produtivo, pois o giro de produto em elaboração é maior, o que frequentemente gera dificuldades no fechamento de pedidos devido à falta de sincronismo com as contratadas.

#### **4.3.3 Limitação do sistema produtivo**

Nesta etapa, foi possível perceber que a forma de programar a máquina de corte automatizada criava uma limitação na produção do setor de agrupamento. Mesmo com o equipamento funcionando em dois turnos seguidos, não se alcançavam os resultados esperados. A referida máquina é extremamente importante, pois é responsável por cortar 95% dos aviamentos da empresa. Para evitar o acúmulo excessivo de estoques desses materiais, optou-se por aumentar o número de camadas e utilizar apenas um rolo de material. Para reduzir o setup da máquina, foi acumulada produção de até dois dias de alguns insumos, o que gerou um tempo de corte de até seis horas em determinados materiais.

Dessa forma, as peças cortadas eram enviadas ao setor de agrupamento assim que finalizadas. No entanto, devido ao grande tempo de corte de alguns materiais, era difícil garantir o sincronismo entre o que foi cortado e a necessidade do setor de agrupamento. Normalmente, o resultado era um estoque de peças desnecessárias e a falta de peças necessárias. Esse desequilíbrio era difícil de perceber, pois os talões que paravam por falta de um material específico logo recebiam um grande abastecimento de dois dias, o que tornava difícil entender por que, em alguns momentos, faltavam peças e, em outros, sobravam.

As necessidades especiais do PCP (pedidos urgentes) frequentemente atrapalhavam a sequência dos materiais na máquina de corte, gerando atrasos no cronograma e restringindo a movimentação de alguns modelos no setor de agrupamento, que ficavam parados por falta de peças. Esse fato ocasionava o adiamento das remessas normais, dificultando o fechamento dos pedidos no final do processo produtivo. Esse fenômeno ocorria no meio do processo e era chamado de

“atraso”. O que acontecia, na verdade, era um *setup* de máquina desnecessário, causado pela necessidade de adaptação à demanda gerada pelo PCP.

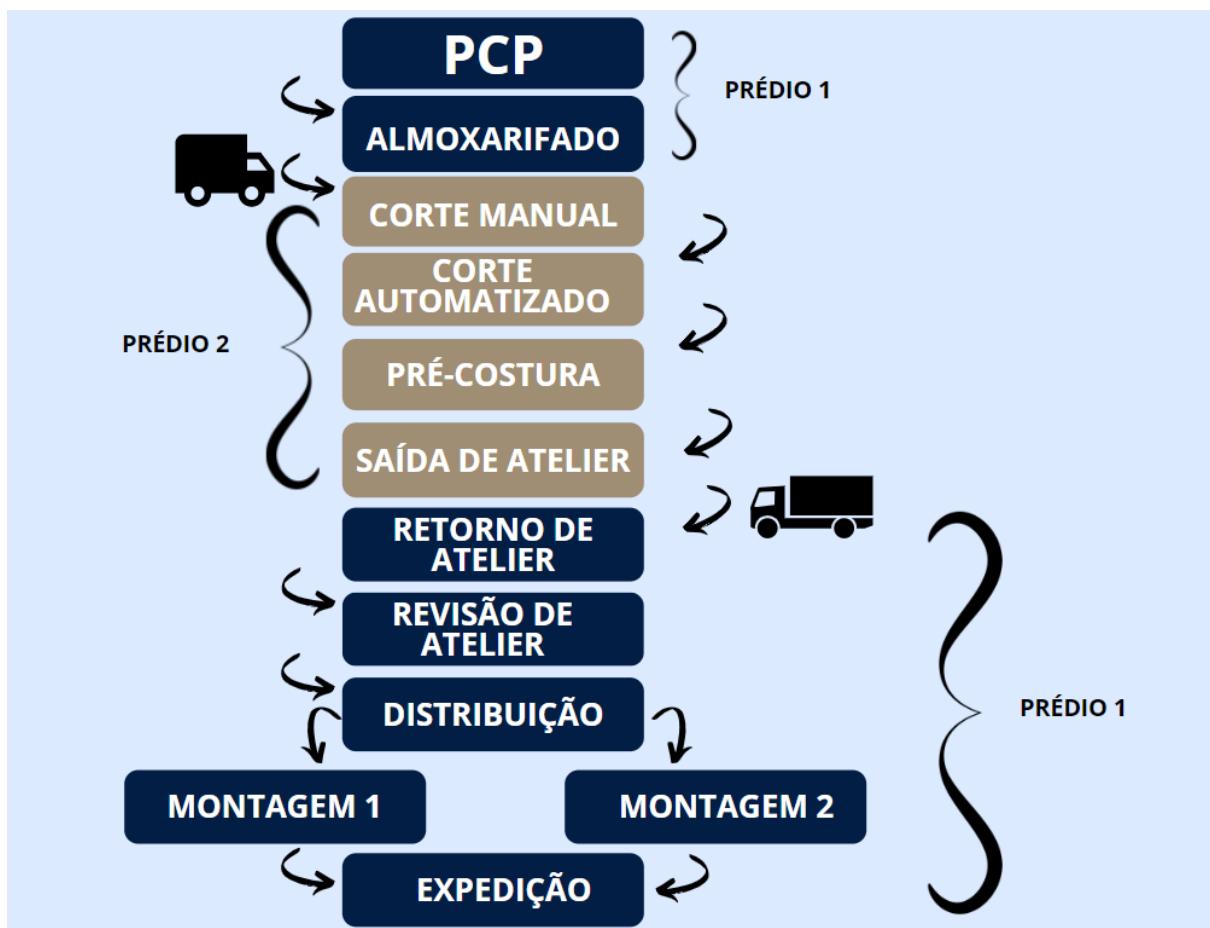
Foi realizada uma análise aprofundada para entender essa situação, e a conclusão foi que a máquina estava operando próximo de sua capacidade máxima. Qualquer alteração em sua programação de corte geraria atrasos, que só seriam percebidos um ou dois dias depois, comprometendo o embarque dos produtos.

No que diz respeito à área de pré-costura, o abastecimento ocorria duas vezes ao dia, mas, em algumas ocasiões, havia falta de abastecimento. Esse problema gerava refluxos, pois, quando o abastecimento chegava ao setor de pré-costura, algumas etapas eram adiantadas e, posteriormente, precisavam ser retomadas. O fluxo produtivo não era contínuo, o que causava oscilações no andamento das etapas dos processos, uma vez que alguns modelos tinham etapas únicas que dificultavam um fluxo contínuo. Assim, era necessária uma estratégia diferenciada para cada tipo de modelo.

#### **4.4 Resultados de melhorias alcançadas**

Através do uso das ferramentas *Lean manufacturing*, chegou-se ao novo *layout* que contemplou os setores de corte automatizado e manual e integrou a seção de agrupamento com a pré-costura, no prédio da filial. A Figura 3 demonstra o novo fluxograma do sistema produtivo da empresa

Figura 3 - Fluxograma de produção da empresa em março de 2022



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Observa-se que o PCP e o almoxarifado permanecem no prédio 1 da matriz, pois entendeu-se que esses dois setores são a base da cadeia produtiva. São setores de apoio à produção e, se trabalharem de forma assertiva, o resultado pode ocorrer de maneira natural. Já em cor marrom, apresentam-se os setores do prédio 2, na filial, que são os setores de produção, agora mais próximos. A aproximação desses setores aperfeiçoou a comunicação entre os líderes, e, com isso, o sincronismo começou a melhorar gradualmente.

Para o setor de corte automatizado, que estava operando no limite de sua capacidade, foi adquirida outra máquina de corte automatizado. Isso buscou atender à flexibilidade atual e garantir o aumento produtivo que a empresa esperava alcançar. Esse setor foi o único projetado com uma área de estoque para armazenar as peças cortadas, abastecendo a pré-costura conforme a necessidade. A elaboração e execução dos planos das máquinas de corte foram aprimoradas para

garantir que não faltasse abastecimento na pré-costura. O setor de agrupamento, por sua vez, foi integrado aos setores de corte e pré-costura, de forma que os aviamentos fossem agrupados aos talões no momento necessário.

No setor de pré-costura, que agora conta com abastecimento constante e sem interrupções, muitos processos foram melhorados, e o fluxo de produção foi reorganizado de maneira mais eficiente, permitindo atingir as metas de produção. O estudo também considerou a limitação de talões de produção em elaboração, restringindo a quantidade de caixas dentro dos setores, conforme a filosofia da metodologia *Kanban*.

Durante o estudo, percebeu-se um grande desnível técnico entre as contratadas. A melhor solução encontrada para resolver esse problema foi a internalização de operações realizadas pelas contratadas. Criou-se o setor de costura interna, o que possibilitou o aumento da variedade de modelos e quantidades produzidas internamente. Antes, a costura interna estava limitada a apenas 3 modelos, e agora a estrutura tornou-se capaz de produzir todos os modelos. Foi identificado que a maior dificuldade das contratadas estava nos modelos mais elaborados e com menor venda, razão pela qual esses modelos passaram a ser produzidos internamente na maior parte das vezes, melhorando, assim, a produção das contratadas.

O investimento no treinamento de pessoas e em máquinas e equipamentos fez o setor de costura interna ter uma grande evolução e ajudou a reduzir pela metade o número de contratadas. Atualmente a costura interna produz os modelos que demandam mais tempo ajudando as contratadas a aumentar a sua produção diária. Com isso, aumentou-se a produção da empresa em 300 pares por dia. A redução nas contratadas, fez o *Tack Time* cair bruscamente.

Muitos problemas da pré-costura foram resolvidos com o novo layout, porém alguns modelos precisam ser remodelados e adaptados para ter menos processos e mais etapas na máquina de costura automatizada. Diminuindo o tempo e o custo da contratada, essa melhoria além de resolver um problema de fluxo de produção e reduzir o tempo do produto, também proporcionou uma economia em matéria prima. A economia representa 3,05% do valor do produto, no modelo mais vendido e 1,3% no quarto modelo mais vendido.

O *Lead Time* foi reduzido de 19 dias para 10,5 dias, de 91.200 pares para

52.800 pares, o que representa 44,7% a menos de produtos em elaboração. O quadro 2 apresenta a comparação entre o sistema de produção empregado na indústria de calçados onde se deu o estudo, antes da intervenção, e o sistema de produção atual, já otimizado a partir da utilização das ferramentas de *lean manufacturing*.

**Quadro 2** - Comparação entre os dois modelos de produção

| Elementos Principais             | Sistema Anterior | Sistema Atual   | Resultados      |
|----------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Produção diária                  | 4.500 pares      | 4.800 pares     | 300 pares       |
| Quantidade de pessoas (Produção) | 231 pessoas      | 238 pessoas     | 7 pessoas       |
| Produção por pessoa              | 19,48 pares/dia  | 20,16 pares/dia | 0,68 pares/dia  |
| Produto em elaboração            | 91.200 pares     | 52.800 Pares    | (38.400 pares)  |
| Nº de Contratadas                | 6                | 3               | (3)             |
| Produção das Contratadas         | 4.200 pares/dia  | 3.800 pares/dia | (400 pares/dia) |
| Produção da costura Interna      | 300 pares/dia    | 1.000 pares/dia | 700 pares/dia   |

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2022).

O Quadro 2 apresenta os resultados positivos obtidos, como o aumento da produção diária e a redução dos produtos em elaboração. Os dados mostraram que, com o incremento da produção e a diminuição dos produtos em elaboração, há uma tendência de eliminar o uso de terceirizadas e concentrar toda a produção internamente na empresa. Até aqui, foram detalhadas todas as etapas do processo de melhoramento do sistema de produção, com foco na metodologia *lean manufacturing*, de forma que agora é possível apresentar as considerações finais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo apresentou uma proposta de otimização de um sistema de produção orientado para *lean manufacturing* em uma indústria de calçados localizada no município de Estância Velha, no estado do Rio Grande do Sul. A empresa onde a proposta foi aplicada utilizava a metodologia de produção em massa em seu processo produtivo, com foco no "volume de produção", e não no controle de

estoques, na parte logística ou no tempo de atravessamento do produto na linha de produção. Como resultado, apresentava grandes volumes de estoques (insumos, produtos em elaboração e produtos prontos), um *lead time* elevado e enfrentava desbalanceamento na produção. Essas restrições ao sistema limitavam o desenvolvimento organizacional.

A proposta de otimização do sistema de produção teve início com a revisão do fluxo produtivo da empresa, uma vez que havia a necessidade de garantir uma movimentação contínua da produção e reduzir o giro interno. Outra necessidade identificada foi o aumento da produção para atender à crescente demanda do mercado consumidor. Nesse contexto, os esforços se concentraram em eliminar todos os processos que não agregavam valor à organização, com o objetivo de aprimorar todo o sistema de produção.

Como resultado do aprimoramento do sistema de produção, destaca-se a diminuição do *lead time*, passou de 19 para 10,5 dias, o que representou uma redução de 44,7% nos produtos em elaboração. A produção da empresa aumentou em 300 pares diários, o que, em média, resultou em um incremento no faturamento diário de R\$ 21.800,00. Além da melhoria nos métodos e no balanceamento dos setores, foi necessário contratar mais 7 funcionários, mas, em contrapartida, houve um aumento na produção per capita, que passou de 19,48 para 20,16 pares produzidos por dia por pessoa. É importante ressaltar que o número de terceirizadas foi reduzido significativamente, passando de 6 para 3 contratadas. A direção da empresa também reconheceu a necessidade de concentrar todo o processo de produção internamente. Como consequência da otimização do sistema de produção orientado à *lean manufacturing*, a indústria calçadista obteve ganhos brutos mensais da ordem de R\$ 726.000,00.

Cabe ressaltar que o atual sistema de produção ainda está em um processo contínuo de melhorias, com o objetivo de ser replicado em outras indústrias de calçados (processo já iniciado) e, consequentemente, validar sua eficácia. Como limitação do estudo, entende-se que sistemas de produção bem-sucedidos em uma empresa podem não apresentar os mesmos resultados em outras. Isso se deve ao fato de que cada pessoa é única, a cultura de cada empresa é distinta, as lideranças (gerência e presidência) podem variar e, em alguns casos, até boicotar o processo de mudança. Além disso, o ambiente fabril também é diferente, incluindo os

maquinários e a infraestrutura de cada empresa.

Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que a aplicação dos princípios da produção enxuta, adaptados à realidade da indústria calçadista, pode gerar ganhos significativos em produtividade, eficiência e redução de custos. A contribuição prática do estudo reside na possibilidade de replicação das melhorias propostas em outras empresas do setor, especialmente aquelas que enfrentam desafios semelhantes de layout e gestão de estoques. Do ponto de vista teórico, o trabalho amplia o escopo de aplicação da filosofia *lean*, ao evidenciar sua viabilidade em segmentos tradicionais e com baixa adesão tecnológica, como o calçadista. Espera-se que este estudo incentive novas pesquisas voltadas à adaptação de sistemas enxutos em diferentes contextos produtivos, contribuindo para o avanço da literatura e para a competitividade das organizações.

## REFERÊNCIAS

- BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Gestão da qualidade, produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- BAUMAN, Z. **Modernidade líquida**. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.
- OLANTUONO, A. C. S.; SOUZA, N. C. A indústria calçadista no âmbito das cadeias produtivas globais. **Revista da Faculdade de Administração e Economia – ReFAE**, São Bernardo do Campo, v. 9, n. 1, p. 15–41, 2018. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistasmetodista/index.php/ReFAE/article/view/6399>
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRPII/ERP: conceitos, uso e implantação**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- DAYCHOUM, M. **40+20 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. 7. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.
- DENNIS, P. **Produção lean simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ELLSTRÖM, D.; HOLTSTRÖM, J.; BERG, E.; JOSEFSSON, C. Dynamic capabilities for digital transformation. **Journal of Strategy and Management**, v. 15, n. 2, p. 272–286, 2022.

ESTENDER, A. C.; SEQUEIRA, G. R.; SIQUEIRA, N. A. S.; CANDIDO, G. J. A importância do planejamento e controle de produção. In: VI SINGEP – SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 2017.

GARCIA-MUIÑA, F. E.; MEDINA-SALGADO, M. S.; FERRARI, A. M.; CUCCHI, M. Sustainability transition in industry 4.0 and smart manufacturing with the triple-layered business model canvas. **Sustainability**, v. 12, n. 6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12062364>

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente just-in-time. **Production**, v. 5, n. 2, p. 169–189, 1995. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/bRXLyrMFFK6WZGCvYNxC8sR>

KIRCHMER, M. **Business process oriented implementation of standard software**. Berlin: Springer-Verlag, 1998.

KISHIDA, M.; SILVA, A. H.; GUERRA, E. **Benefícios da implementação do trabalho padronizado na ThyssenKrupp**. Lean Institute Brasil, 2006.

LOPES, C. B.; SILVA, R. H.; ROCHA, W. A. Sistemas de produção MRP & MRP II. **REGRAD – Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM**, v. 6, n. 1, 2014. Disponível em: <https://revista.univem.edu.br/REGRAD/article/view/440>

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. 2. ed. São Paulo: Boitempo, 2017.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MONTOR, B. R.; BERTACI, M. J. Planejamento e controle de produção. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 578–589, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/748>

MURRAY, B. A. **Revolução total dos processos**: estratégias para maximizar o valor do cliente. São Paulo: Nobel, 1996.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção além da produção**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção lean manufacturing**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SANTOS, R. V. **Identificação e análise dos benefícios auferidos pela padronização do trabalho**: um estudo de caso em uma metalúrgica baseado na

metodologia lean. 2021. Monografia (Projeto de Pesquisa em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, Centro Universitário Sagrado Coração, Bauru, 2021.

SCHREIBER, D. Análise reflexiva acerca das alternativas de redução de custos ambientais por meio da adoção das tecnologias da indústria 4.0 mediadas pelas ferramentas Design Thinking e Cooper's Stage Gate. **Organizações em Contexto**, v. 18, n. 36, 2022. Disponível em:  
<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4900/4914>

SILVA, A. P. N. F.; FERREIRA, K. A.; MARTINS, M. E.; RIBEIRO, J. M. Aplicação do mapeamento de fluxo de valor no Brasil: uma revisão sistemática. In: XLI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2021.

SMITH, A. **A riqueza das nações**. Coleção Os Economistas. São Paulo: Nova Cultura, 1996.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WOMACK, J. P.; JONES, D. P.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ZARO, E. M.; WEBBER, C. G. Estudo de caso de desenvolvimento de sistema para manutenção preditiva 4.0. **Produção Online**, v. 22, n. 3, p. 3418–3340, 2022. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4557/2227>

## **Biografia do(s) autor(es):**

### **Jacques André Grings**

Mestre em Desenvolvimento Regional. Professor EBTT - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

### **Gabriel Amadeu Guimarães**

Tecnólogo em Processos Gerenciais - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

### **Eduardo da Rocha Bassi**

Mestre em Administração. Analista de Projetos no Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE.

### **Letícia Martins de Martins**

Doutora em Engenharia de Produção. Professora EBTT - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

**Fernando Gonçalves de Gonçalves**

Doutor em Sociologia. Professor EBTT - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).



Artigo recebido em: 01/05/2023 e aceito para publicação em: 23/10/2025

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v25i4.4900>