

## **PROPOSTA DE USO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR ALIADA À MENTALIDADE ENXUTA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE COMPONENTES ELÉTRICOS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO.**

Jéssica Vieira da Silva Gomes, Livia Perez da Silva Britto, Leonardo de Aragão Guimarães.

### **Resumo**

As empresas enfrentam desafios constantes no mercado e buscam melhorar seu desempenho através de uma cultura organizacional focada na melhoria contínua. O estudo de caso apresentado neste trabalho traz a realidade de uma empresa fabricante de componentes elétricos e teve objetivo de aplicar a Programação Linear para integrar a mentalidade enxuta no processo de produção. O estudo focou os três produtos mais vendidos, selecionados por sua alta demanda, e analisou o processo crítico de produção desses produtos. Após a análise foram feitas recomendações de melhorias e uma projeção dos resultados, uma das análises mais relevantes deste estudo foi o indicador de melhoria de lucratividade, antes da proposta de redistribuição dos colaboradores cada produção poderia gerar um lucro de até R\$16.200,00, mas com as melhorias propostas, esse valor pode chegar a R\$21.300,00 por produção caso as recomendações fossem realizadas.

**Palavras-chave:** Programação Linear, Produção Enxuta, Ferramentas.

### **Abstract**

*Companies face constant challenges in the market and seek to improve their performance through an organizational culture focused on continuous improvement. The case study presented in this paper reflects the reality of a company that manufactures electrical components and aimed to apply Linear Programming to integrate lean thinking into the production process. The study focused on the three best-selling products, selected for their high demand, and analyzed the critical production process of these products. After the analysis, recommendations for improvements were made and results were projected. One of the most relevant analyses in this study was the profitability improvement indicator. Before the proposed redistribution of employees, each production could generate a profit of up to R\$16,200.00, but with the proposed improvements, this amount could reach R\$21,300.00 per production if the recommendations were implemented.*

**Keywords:** Linear Programming, Lean Thinking, Production Process, Manufacturer.

## **1 INTRODUÇÃO**

O mercado empresarial está a cada dia mais competitivo, o que tem levado as empresas a buscarem maneiras de realizar um constante aperfeiçoamento de seus processos internos. Nesse contexto, as organizações têm se concentrado em todos os seus setores, mas especialmente nos mais estratégicos, sejam eles simples ou complexos. O objetivo é tornar a empresa mais atraente, e isso está diretamente relacionado à melhoria dos processos internos. Um dos pontos cruciais é estabelecer a mentalidade enxuta

dentro da organização, o que envolve uma mudança cultural e a adoção de ferramentas e abordagens para eliminar desperdícios no processo.

Em 1950, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, na Empresa Toyota, desenvolveram e implantaram o Sistema Toyota de Produção (STP). Esse sistema tinha como objetivo eliminar desperdícios e otimizar os processos de produção interligados. A mentalidade enxuta não se limita à Toyota; é uma abordagem aplicável a empresas de qualquer setor e país, visando aumentar a satisfação dos clientes por meio da melhor utilização dos recursos (Lean Institute, 2011).

Para que uma organização possa se enxergar, é necessário passar por um processo de conhecimento interno. No entanto, essa tarefa muitas vezes é de difícil compreensão para os gestores, devido à força do hábito na realização de suas atividades. Portanto, é fundamental que haja uma consciência quantitativa e mensurável do problema.

Segundo Lóss (1981), a Pesquisa Operacional (PO) surgiu inicialmente para resolver problemas militares durante a Segunda Guerra Mundial. A PO é uma metodologia matemática que se baseia em quatro fundamentos essenciais: economia, matemática, estatística e informática. Seu propósito principal nas organizações é facilitar a análise de decisões por meio da utilização de modelos matemáticos. A PO envolve a elaboração de modelos de sistemas reais para compreender e analisar situações, permitindo alcançar o desempenho desejado.

As empresas frequentemente encontram dificuldades para dimensionar adequadamente processos em seus setores chaves, assim como na alocação efetiva de seus recursos. Isso ocorre porque muitas organizações desconsideram informações estratégicas que poderiam contribuir significativamente para a solução do problema.

A gestão de processos, segundo DeToro e McCabe (1997 *apud* De Sordi, 2008, p. 21), é uma estrutura gerencial orientada para processos. Nesse modelo, gestores, equipes e executores do processo atuam como pensadores e executores, projetando, inspecionando resultados e redesenhando o sistema de trabalho para alcançar melhores resultados.

Nesse contexto, o problema do estudo em questão aborda o universo produtivo, o dimensionamento ineficiente de recursos, a falta de organização e desperdício de materiais.

Tais problemas afetam diretamente a capacidade produtiva, pois a empresa não possui sua mão de obra dimensionada corretamente entre os setores, ocasionando desperdícios de horas produtivas, ou seja, alguns postos de trabalho contam com força de trabalho sobressalente, enquanto outros trabalham em sua capacidade máxima e com qualquer aumento de demanda, pode gerar um gargalo produtivo. Além disso, existem outros desperdícios atrelados, como a falta de organização, que levam materiais a serem descartados ou simplesmente não são encontrados em momentos de necessidade.

O objetivo deste estudo é buscar evidenciar os benefícios do uso da ferramenta matemática de Programação Linear, como astúcia para tomada de decisão e, diante dos dados apresentados, ter base para identificar as perdas e propor a utilização do sistema de produção enxuto.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Conceitos relevantes para o estudo**

A Pesquisa Operacional pode ser definida de duas maneiras: como ciência, pois utiliza técnicas matemáticas e como arte devido à elaboração do modelo matemático que exige além de experiência, criatividade dos profissionais envolvidos. O seu objetivo como ciência aplicada é a melhoria na qualidade dos processos em sistemas produtivos que utilizam variados tipos de recursos em sua produção (Taha, 2008).

Segundo Chiavenato (2003), a PO tem conceitos que variam de modelagem matemática específica a método científico em si e que esses conceitos abordam basicamente três aspectos para a tomada de decisão, que são: o uso da probabilidade como mensuração de risco e incertezas, o uso da estatística para obter soluções sistemáticas e a abordagem da matemática estatística e modelos matemáticos para auxílio na tomada de decisão.

De acordo com Barbosa e Zanardini (2014), a programação linear (PL) é considerada uma aplicação matemática, com o objetivo de atingir o melhor aproveitamento possível da produção, por meio da diminuição dos desperdícios dos recursos relacionados à produção, através da modelagem matemática e soluções de problemáticas de otimização associadas a uma função linear com suas devidas restrições também lineares.

A Programação Linear é de fácil aplicação devido à facilidade do modelo e a acessibilidade de uma técnica de solução programável em computador, sendo considerada como uma das técnicas mais utilizadas na PO (Shulz *et al.*, 2010).

Para Goldbarg e Luna (2005), a Programação Linear aponta algoritmos muito eficientes e que são resolvidos facilmente usando o computador. A Programação Linear é uma técnica que destina instrumentos matemáticos que autorizam a potencializar as operações, e é usada na resolução de problemas que têm seus modelos representados por expressões lineares.

O conceito de Produção Enxuta conta com diversas definições. Os desperdícios e elementos desnecessários com o intuito de reduzir custos, para basicamente produzir apenas o necessário, no momento adequado e na quantidade requerida. “A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários

a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida” (Ohno,1997).

Segundo Gaspar e Leal (2020) o Sistema de Produção Enxuta, oferece diversas ferramentas que auxiliam na melhoria contínua dos processos. No entanto, deve haver uma metodologia estruturada de seleção e aplicação das ferramentas e técnicas Lean, para evitar que as iniciativas se tornem transitórias.

As sete perdas identificadas por Ohno (1997) e definidas por Liker (2005) são: superprodução, transporte, processamento, defeitos, espera, movimentação, excesso de estoque.

Segundo Lisbôa e Godoy (2012), o 5W2H é uma ferramenta prática que possibilita a qualquer tempo identificar dados e rotinas relevantes, para realização de um plano de ação, com a capacidade de identificar quem é quem dentro da organização, o que faz e porque realiza tais atividades. O método possui sete perguntas utilizadas para propor soluções

Segundo Trein (2001), a primeira etapa para o estudo de um novo *layout* é o entendimento das atividades desenvolvidas no arranjo físico atual, para compreender a identificação dos problemas e das restrições, para que possa haver modificações. O Diagrama de Relacionamento apresenta as taxas de relacionamento entre setores, definindo quais devem estar próximos. A partir da análise de espaço necessário e espaço disponível, determina-se a quantia de espaço fabril a ser reservada a cada departamento.

Conforme Huang et al. (2022) na prática, o pensamento enxuto pode assumir diferentes formas, dependendo da escala, estratégia, nível de desenvolvimento da organização e da cultura em que é implementado. Ele pode ser visto como um sistema de gestão, uma filosofia ou um conjunto de ferramentas.

### **3 METODOLOGIA**

Segundo Gil (2002), as pesquisas descritivas apontam as características de determinada população e caracterizam-se por utilizar técnicas de coleta de dados, como questionários e observação sistemática estabelecendo relações entre as variáveis. Diante disto, este estudo se caracteriza descritivo, pois faz a descrição do processo produtivo, foco do estudo.

O universo apresentado trata-se do gerenciamento do processo da produção da empresa.

Vergara (1998) trata o universo como um conjunto de componentes (empresa, produtos, pessoas) que dispõe de características e informações que podem ser utilizados como objeto de estudo.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A empresa objeto de estudo deste trabalho encontra-se no segmento de mercado elétrico, como produtor de componentes como indústria elétrica.

A Empresa YZ trabalha com a fabricação de materiais elétricos de baixa, média e alta tensão, buscando alinhar flexibilidade a soluções inteligentes em projetos específicos para a necessidade do cliente, atende desde pessoa física, a construtoras e empresas de engenharia.

A coleta de dados para composição deste estudo se deu através de entrevista de avaliação dos processos com os colaboradores, pesquisa documental em documentos internos e acompanhamento da execução dos processos importantes para o estudo.

A busca pelos problemas iniciou com entrevistas realizadas com colaboradores.

A empresa conta com um quadro de 18 colaboradores que exercem atividades no setor de produção, sendo 5 auxiliares de produção, 5 assistentes de produção, 3 soldadores, 1 pintor, 1 auxiliar de pintura, 2 ferramenteiros e 1 engenheiro elétrico.

A jornada de trabalho na produção é de 9 horas e 45 minutos dividida em duas partes, de 8 a 12 h e de 13 a 17h45, de segunda a sexta-feira.

A primeira etapa de entrevistas foi realizada antes do horário do almoço, com a metade dos colaboradores e a segunda etapa, após o almoço, com a segunda metade dos colaboradores. Optou-se por realizar entrevistas informais, nas quais os pesquisadores entraram no dia a dia da empresa e buscaram informações em todos os momentos. As entrevistas foram realizadas pessoalmente de forma intercalada para não comprometer o processo produtivo.

Os resultados das entrevistas foram tabulados no Microsoft Excel para elaboração de gráficos e percentuais que auxiliassem uma melhor compreensão para gestão visual.

A empresa YZ pretende aumentar sua capacidade de captar novos clientes, pois fabrica seus produtos de acordo com o padrão aceito por uma empresa distribuidora de energia elétrica e agora pretende fabricar com o padrão de mais uma empresa, sendo assim, espera-se que o número de clientes aumente e, conseqüentemente, a sua demanda.

Diante disto, o setor comercial fez uma projeção do aumento de vendas levando em consideração seus três principais produtos, o Gráfico 1 traz os resultados esperados, conforme a projeção.

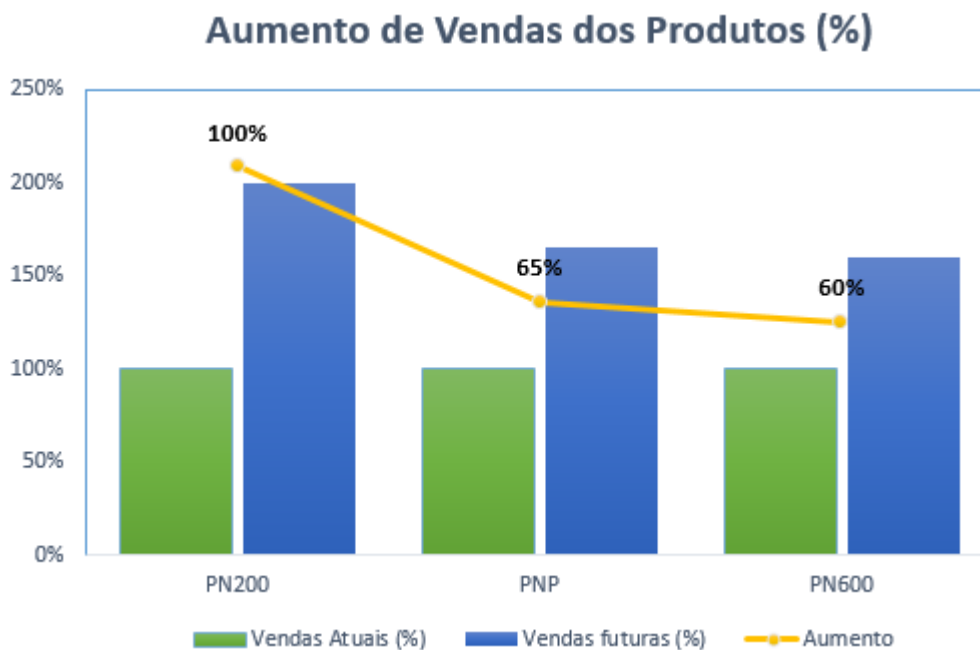


Gráfico 1 - Aumento de vendas dos produtos  
Fonte: Empresa YZ

O gráfico esboça que para o produto PN 200 espera-se um aumento médio de 100% das vendas, para o produto PN 600 um aumento médio de 60% e PNP um aumento médio 65%, avaliados segundo o comportamento dos seus clientes, os cálculos baseiam na média de venda atuais com acréscimo de novos clientes.

A Empresa pretende aumentar sua demanda no prazo de um semestre após a homologação, porém existem agentes limitadores em seu processo produtivo, que são apresentados no Gráfico 2, que retrata a capacidade produtiva.

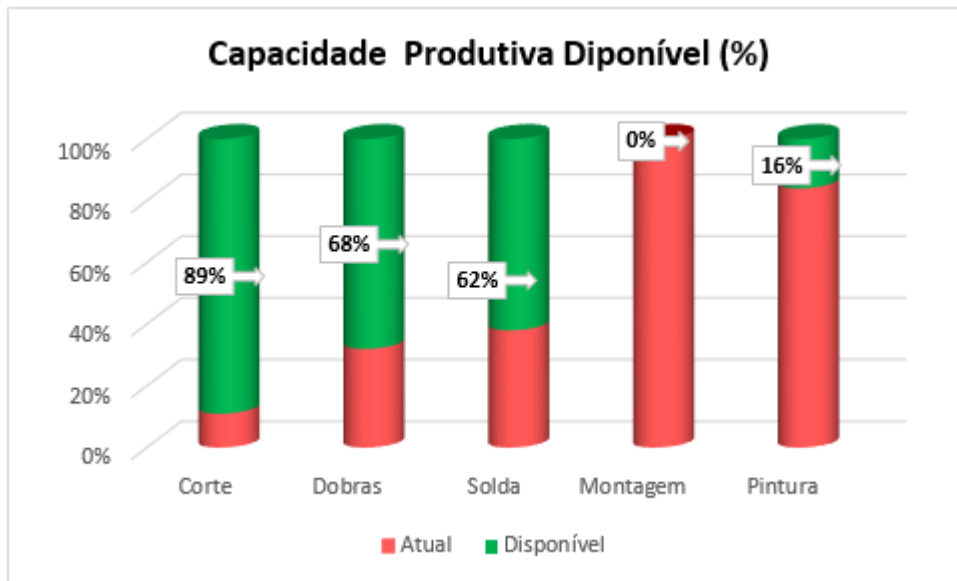


Gráfico 2 - Capacidade Produtiva disponível  
Fonte: Autores (2017)

Observa-se que a capacidade produtiva disponível distribuída por setores da área de produção, o cálculo leva em consideração o uso do tempo de processo do setor e sua mão de obra disponível, o que acabou por evidenciar um desequilíbrio nas capacidades produtivas de cada setor, destacando o setor montagem, que trabalha em sua capacidade máxima, ou seja, não disponibiliza recurso para aumento de produção, e o setor de pintura que trabalha perto do seu limite, dispondo apenas de 16% sobressalentes. Diante do exposto, a empresa não teria suporte para o atendimento das novas demandas.

Espera-se, com esse estudo, auxiliar a empresa na alocação de seus recursos produtivos, de modo a dimensioná-los da melhor forma possível e buscar a eliminação de perdas desnecessárias, de modo que seja viável suportar o aumento de demanda desejado.

A coleta de dados para a compreensão do problema em estudo se deu através da aplicação de uma entrevista com os colaboradores que teve o objetivo de identificar através da rotina dos colaboradores ponto de possível melhoria. O Gráfico 3 evidencia os principais problemas apontados pelos entrevistados.

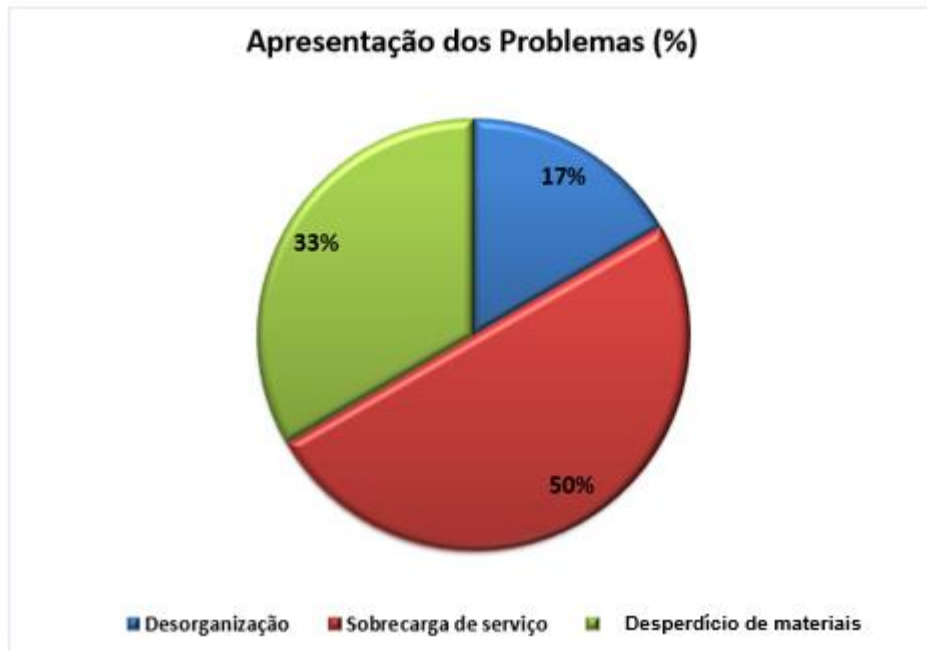


Gráfico 3 - Resultados das entrevistas aplicada na empresa YZ  
Fonte: Autores (2017)

Os dados apurados demonstraram uma grande reclamação de sobrecarga de serviços, seguido de desperdício de materiais e desorganização no ambiente de trabalho. Diante do exposto, o problema sobrecarga de serviços precisou ser melhor analisado pelos pesquisadores, que optaram por utilizar uma ferramenta matemática para mensuração do problema.

## 5 O USO DA FERRAMENTA MATEMÁTICA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

A fundamentação do problema se deu pelo uso da ferramenta de Programação Linear de Pesquisa operacional que busca auxiliar de forma matemática as decisões da organização, a opção dos pesquisadores pelo uso dessa ferramenta partiu da necessidade de demonstrar, através de números para os gestores da organização, o principal problema encontrado durante as entrevistas.

A composição do problema ocorreu da seguinte forma, a empresa YZ produz componentes elétricos. Por questões de demanda de cliente, como já foi dito, o estudo levou em consideração a delimitação para os Produtos PN200, PN600 e PNP.

O setor de produção da empresa é de porte médio e possui alguns erros de alocação de recursos que não serão mensurados nessa tratativa, porém a empresa tem conseguido atender às demandas a certo custo, o que pode ser melhorado. A empresa tem ambicionado aumentar sua carteira de clientes, o que



levou à necessidade de uma otimização na produção com a finalidade de determinar possíveis pontos de falhas nas linhas de produção e avaliar alternativas de correção.

Inicialmente, o estudo analisou o sistema de produção e determinou que neste momento, a mão de obra é o principal componente de fabricação dos produtos: as chapas poderiam ser recursos limitados. Os demais componentes de fabricação utilizados pela empresa foram avaliados como de fácil acesso no mercado, já que existe uma boa oferta de fornecedores, além de fácil capacidade de estocagem devido às suas dimensões mais compactas. Desta forma, a análise se concentrou apenas nesses dois recursos.

A empresa possui a seguinte disponibilidade desses recursos, conforme apresentado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Recursos avaliados na empresa YZ

RECURSOS AVALIADOS	
Mão de obra	270 homens-horas
Estoque de Chaparia	50 m <sup>2</sup> mensal

Fonte: Autores (2017)

Os processos de fabricação dos produtos ocorrem em 5 etapas, realizadas em setores específicos e com respectivas disponibilidades de horas produtivas, como apresentada na Figura 1 a seguir:



Figura 1 - Disponibilidade Produtiva de cada setor da empresa YZ

Fonte: Autores (2017)

A capacidade de horas em cada setor foi mensurada através da contabilidade básica dada pelo número de colaboradores disponíveis para operar cada setor, multiplicado pelo número de horas trabalhadas mensalmente, o valor resultante de cada setor ainda foi dividido por 3, para o valor de 1/3 total da disponibilidade produtiva, visto que a produção não se limita somente a confecção dos produtos objetos deste estudo. Assim, a Tabela 2 conta com o número de colaboradores disponíveis por cada setor.

Tabela 2 - Recursos de mão de obra da empresa YZ

RECURSOS DE MÃO DE OBRA	
Setor	Mão de obra
Corte	5 colaboradores
Dobras	5 colaboradores
Solda	3 Colaboradores
Pintura	2 Colaboradores
Montagem	3 Colaboradores

Fonte: Autores (2017)

O objetivo deste estudo através da ferramenta de programação linear é evidenciar para os gestores da empresa através de um modelo matemático a criticidade do processo produtivo, de forma a buscar a otimização da capacidade de produção. A fim de realizar esta otimização, o problema de Programação linear auxilia a adequação de alocação ideal dos recursos de mão de obra e chaparia.

O critério utilizado para medir a idealidade de alocação foi obtido através da margem de contribuição de cada produto em função ao lucro total, após a definição do critério de decisão, o processo de fabricação de cada linha de produto foi examinado, devido às diferenças de modelagem, o que exige a utilização diferente de cada recurso, com análise do *gemba*<sup>1</sup> foi possível obter os coeficientes de utilização unitária dos recursos, conforme evidencia a Tabela 3.

<sup>1</sup> Expressão japonesa que se refere ao chão de fábrica, lugar onde a produção é realizada

Tabela 3 - Recursos unitários do processo produtivo da empresa YZ.

UTILIZAÇÃO UNITÁRIA DOS RECURSOS				
RECURSOS	MODELO PN200	MODELO PN600	MODELO PNP	DISPONIBILIDADE
Corte	0,25	0,5	0,5	75 horas
Dobras	1	0,6	1	75 horas
Solda	0,5	1	1	45 horas
Montagem	1,5	2	2,5	45 horas
Pintura	1	0,5	1,5	30 horas
Chaparia	1	4	2	50

Fonte: Autores (2017)

A mensuração dos dados também buscou os custos médios mensais para a produção dos produtos, levando em consideração o custo horário da mão de obra, encargos variáveis da produção exemplo (consumo de energia elétrica, abastecimento de água, entre outros) e quantidade de chaparia utilizada conforme dados da Tabela 4.

Tabela 4 - Custos unitários dos recursos da empresa YZ

CUSTOS DOS RECURSOS	
MODELO	CUSTO MÉDIO - MENSAL R\$
PN 200	500,00
PN 600	500,00
PNP	500,00

Fonte: Autores (2017)

O conhecimento dos preços de venda dos produtos foi mensurado para calcular a contribuição unitária, que foi encontrada através do preço de venda menos o custo médio mensal da produção, conforme apresentado na Tabela 5, contribuições dos produtos.

Tabela 5 - Contribuições dos produtos da empresa YZ

LUCRO DOS PRODUTOS	
MODELO	CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA R\$
PN 200	480,00
PN 600	700,00
PNP	1300,00

Fonte: Autores (2017)

A montagem do modelo de Programação Linear pode seguir com as informações coletadas considerando as seguintes apresentações:

Variáveis:

X<sub>1</sub>= Produção do modelo PNP 200

X<sub>2</sub>= Produção do Modelo PNP 600

X<sub>3</sub> = Produção do Modelo PNP

Função Objetivo:

$$Z = 480x_1 + 700x_2 + 1300x_3$$

Restrições:

$$\text{Corte: } 0,25x_1 + 0,5x_2 + 0,5x_3 \leq 75$$

$$\text{Dobras: } 1x_1 + 0,6x_2 + 1x_3 \leq 75$$

$$\text{Solda: } 0,5x_1 + 1x_2 + 1x_3 \leq 45$$

$$\text{Pintura: } 1x_1 + 0,5x_2 + 1,5x_3 \leq 30$$

$$\text{Montagem: } 1,5x_1 + 2x_2 + 2,5x_3 \leq 45$$

$$\text{Chaparia: } 1x_1 + 4x_2 + 2x_3 \leq 50$$

$$x_1 \geq 10 \text{ unidades}$$

$$x_2 \geq 5 \text{ unidades}$$

$$x_3 \geq 3 \text{ unidades}$$

O problema foi adaptado para uso na ferramenta Solver do Microsoft Excel, com as suas devidas restrições do problema, variáveis de decisão e a função objetivo. A Figura 2 apresenta o problema montado na planilha antes de rodar a ferramenta solver.

PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO					
RECURSOS	PN 200	PN 600	PNP	DISPONIBILIDADE	UTILIZAÇÃO
Corte	0,25	0,5	0,5	75	1
Dobras	1	0,6	1	75	3
Montagem	1,5	2	2,5	45	6
Solda	0,5	1	1	45	3
Pintura	1	0,5	1,5	30	3
Chaparia	1	4	2	50	7
<b>VARIÁVEIS</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		
<b>FUNÇÃO OBJETIVO</b>	<b>R\$ 480,00</b>	<b>R\$ 700,00</b>	<b>R\$ 1.300,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.480,00</b>

\*Recursos: min/h e Chapa: m<sup>2</sup>

Figura 2 – Problema Uso do Solver  
 Fonte: Autores (2017)

A Figura 3 apresenta os parâmetros do Solver para rodar o problema de Programação Linear.

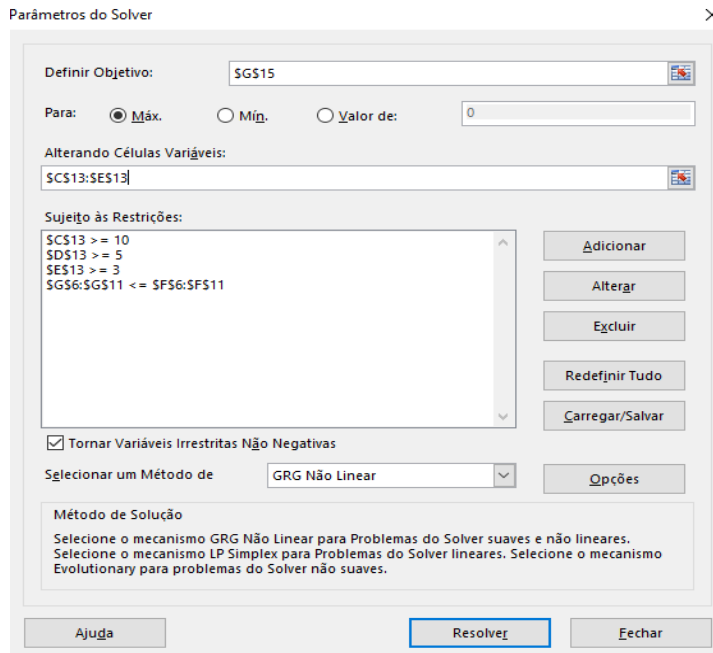


Figura 3 - Parâmetros do Solver  
 Fonte: Autores 2017

Com o problema organizado, o próximo passo será rodar a ferramenta solver na planilha, o que apresentou os seguintes dados conforme a Figura 4.

PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO					
RECURSOS	PN 200	PN 600	PNP	DISPONIBILIDADE	UTILIZAÇÃO
Corte	0,25	0,5	0,5	75	9
Dobras	1	0,6	1	75	24
Montagem	1,5	2	2,5	45	45
Solda	0,5	1	1	45	17
Pintura	1	0,5	1,5	30	25
Chaparia	1	4	2	50	44
<b>VARIÁVEIS</b>	18	5	3		
<b>FUNÇÃO OBJETIVO</b>	R\$ 8.800,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.900,00	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 16.200,00</b>

\*Recursos: min/h e Chapa: m<sup>2</sup>

Figura 4 -Problema Uso do Solver  
Fonte: Autores (2017)

Através da utilização do Solver, foi possível aos pesquisadores demonstrar um problema visto no dia a dia da área de produção. O setor de montagem opera em capacidade máxima de sua disponibilidade, seguido pelo setor de pintura, que também trabalha próximo da capacidade máxima, em comparação aos outros setores que apresentam uma folga significativa em sua disponibilidade de trabalho. Diante dos dados apresentados, optou-se por propor a utilização da produção enxuta com o intuito de eliminar desperdícios produtivos.

### 5.1 Identificações dos desperdícios

Após o uso da ferramenta solver, percebeu-se que a empresa apresentava perdas produtivas. Através da solução matemática de Programação Linear, optou-se por sugerir a utilização de um sistema de manufatura enxuta, visto que os seus conceitos se adequam às necessidades expostas pela empresa. A filosofia de produção enxuta baseia-se na identificação dos sete desperdícios, segundo Ohno (1997). Diante disto, foi organizada cada não conformidade encontrada em cada um dos sete desperdícios.

Quadro 1 - Principais Desperdícios

PRINCIPAIS DESPERDÍCIOS		
1	Superprodução	Produção de produtos desnecessários, sem ordens de serviço.
2	Defeitos	Produto fora das especificações requisitadas pelo cliente, ou defeitos de processo.
3	Estoque	Falta de controle sobre os estoques, ausência de materiais para início do processo produtivo.
4	Processamento	Erro no dimensionamento da capacidade produtiva, perdas com tempo ocioso de produção.
5	Transporte	Falta de organização na entrega, saída para entrega sem aviso prévio para o cliente.
6	Esperas	Falta de organização na área produtiva e todos os outros desperdícios mencionados.
7	Movimentação	Posicionamento das máquinas inadequadas, perdas na organização do <i>layout</i> da fábrica.

Fonte: Autores (2017)

Assim, com o conhecimento de todos os desperdícios, é possível identificar e propor soluções que melhoram os impactos no processo produtivo.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a identificação das não conformidades, é possível propor oportunidades de melhorias. O plano de ação 5W2H apresenta as seguintes propostas para a empresa YZ.

Plano de Ação - 5W2H

	O que?	Por que?	Onde?	Quem ?	Quando?	Como?
1	Redistribuição de Colaboradores	Para diminuir as perdas por tempo ocioso, diminuir sobre carga de trabalho sobre a equipe, capacidade de aumento no atendimento a demandas.	Área de Produção	Equipe de Produção	60 dias	Através da redistribuição de colaboradores entre os setores de forma que nenhum setor opere no seu limite máximo.
2	5 S	Para facilitar a rotina de trabalho, através da disposição de ferramentas em lugares certos, evitando perda de tempo na procura de instrumentos.	Área de Produção	Equipe de Produção	30 dias	Demarcar áreas da fábrica e criação de gabaritos de ferramentas entre outros.
3	Treinamento de Melhoria	Para que os colaboradores estejam capacitados para vivenciar as melhorias propostas.	Área de Produção	Equipe de Produção	30 dias	Propor treinamento de colaboradores que forem realocados na redistribuição de setores, treinamentos.
4	Reorganização do <i>Layout</i>	Para diminuir as perdas por movimento e aumentar a visibilidade da área produtiva.	Área de Produção	Equipe de Produção	30 dias	Propor a utilização do diagrama de proximidade para melhor o fluxo de produção.
5	O uso do quadro <i>Kamban</i>	Para diminuir os atrasos de entregas devido a falta de materiais em estoque para produção, e diminuir perdas de viagem de entrega de produtos.	Área de Produção	Equipe de Produção	30 dias	Propor a utilização de sistema Kanban na linha de produção, para que os colaboradores saibam quando deverão solicitar materiais.
6	Indicadores de Desempenho	Para monitorar as melhorias propostas, a fim de ter uma gestão a vista.	Área de Produção	Equipe de Produção	60 dias	Através da mensuração de dados do processo.

Figura 5 - Plano de ação 5W2H

Fonte: Autores (2017)

As ações propostas foram apresentadas ao proprietário da empresa YZ, porém ele não dispõe de recursos para implementar as mudanças. Diante disto, a análise dos resultados será apresentada através de projeções e algumas ações não tiveram custos definidos, pois não havia meios ou necessidade de apresentação.

### 6.1 Aplicação de 5W2H

A redistribuição dos colaboradores foi necessária diante da apresentação dos dados apurados no problema de programação linear, pois os setores de montagem e pintura trabalhavam em nível máximo de suas capacidades produtivas.

O uso dos setores em sua capacidade máxima serviu como base também para identificar que os outros postos de trabalho tinham horas produtivas sobressalentes, gerando tempo ocioso.



Diante disto, através das informações, foi possível planejar a capacidade dos recursos de mão de obra alocados em cada setor e propor remanejá-los de forma a não prejudicar nenhuma etapa produtiva. O Figura 6 apresenta a seguinte proposta.

Redistribuição de Colaboradores		
Setores	Quantidade Atual	Quantidade Proposta
Corte	5	3
Dobras	5	3
Solda	3	3
Montagem	3	5
Pintura	2	4

Figura 6 - Redistribuição dos Colaboradores  
Fonte: Autores (2017)

Assim, iniciou-se um estudo de remanejamento dos colaboradores iniciando pelo o setor de corte que inicialmente contava com a disponibilidade de 5 colaboradores e só utilizava, assim, 12% dos recursos, o setor de dobras possui a disponibilidade de 5 colaboradores e utilizava 32% deste recurso, a solda disponibiliza a mão de obra de 3 trabalhadores e utilizava 38% do seu recurso, a montagem apresentava o maior índice de criticidade, pois contava com 3 colaboradores e utilizava 100% deste recurso, o setor de pintura contava com 2 colaboradores e utilizava 84% de sua capacidade produtiva.

Diante disso, caso os gestores optem por deixar os setores trabalharem com folga na capacidade produtiva dos seus recursos, é possível que tenham disponibilidade de atendimento em picos de demanda. Sendo assim, os setores de corte e dobras, que apresentavam os maiores índices de capacidade sobressalentes, são alvo para o remanejamento de seus colaboradores.

Assim, o setor de corte e dobras conta com 5 colaboradores em cada posto de trabalho e após uma possível redistribuição passaram a operar com 3 em cada. Os colaboradores restantes podem ser treinados para 2 auxiliares na montagem e 2 para a pintura.

Com as alterações propostas, é possível novamente montar o problema de PL, só que em cima das mudanças propostas, para realizar a comparação da função objetivo antes e após a redistribuição dos colaboradores.

A Figura 7 apresenta os valores após a utilização do Solver.

PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO					
RECURSOS	PN 200	PN 600	PNP	DISPONIBILIDADE	UTILIZAÇÃO
Corte	0,25	0,5	0,5	45	10
Dobras	1	0,6	1	45	23
Montagem	1,5	2	2,5	75	50
Solda	0,5	1	1	45	20
Pintura	1	0,5	1,5	60	28
Chaparia	1	4	2	50	50
<b>VARIÁVEIS</b>	10	5	10		
<b>FUNÇÃO OBJETIVO</b>	R\$4.800,00	R\$ 3.500,00	R\$ 13.000,00	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 21.300,00</b>

\*Recursos: min/h e Chapa: m<sup>2</sup>

Figura 7 - Proposta de Redistribuição  
Fonte: Autores (2017)

Com a proposta de redistribuição é possível observar as alterações na disponibilidade produtiva, realizando a comparação entre as disponibilidades expostas, além de observar evidente aumento na função objetivo.

O Gráfico 4 expõe a disponibilidade de horas antes da proposta de redistribuição em comparação à disponibilidade proposta.

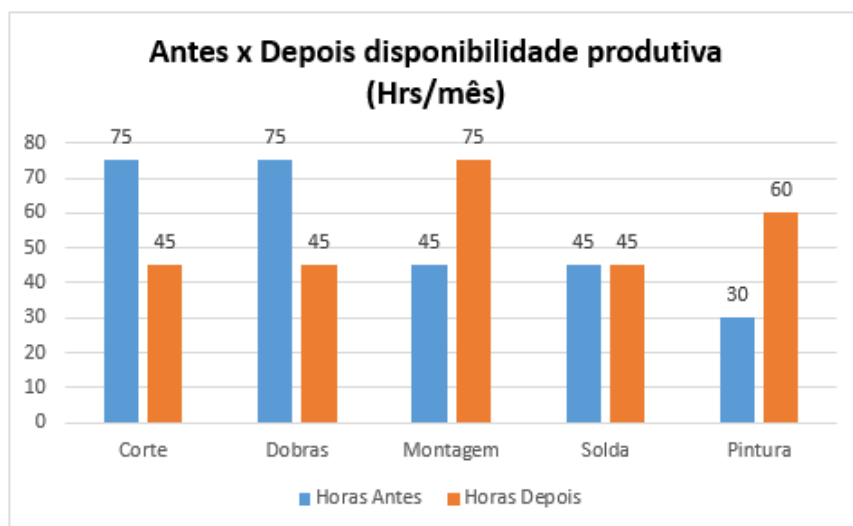


Gráfico 4 - Utilização das horas produtivas na empresa YZ  
Fonte: Autores (2017)

Após a proposta de otimização dos recursos, a disponibilidade da capacidade produtiva se tornou mais adaptável a possíveis oscilações de demanda, sem que os setores trabalhassem em sua capacidade

máxima e seus colaboradores tivessem sobrecarga de tarefas possibilitando mais flexibilidade e qualidade na execução das atividades produtivas.

Na pesquisa de campo, observou-se que não há identificação visual nas estações de trabalho, o que contribui para a falta de controle e desorganização da linha. Assim, os pesquisadores propõem que seja utilizada a ferramenta de 5s para área de produção, esta proposta de melhoria poderá ser realizada em 4 passos, perante o contexto vivido pela empresa YZ.

Passo 1 da organização se dará pela limpeza da área de produção, eliminando todos os objetos que não tiverem serventia e que ocupam espaço desnecessário. Hoje a empresa apresenta em sua cultura a ideia de guardar todos os tipos de peças ou objetos para que possam ser utilizados um dia. Pretende-se eliminar isso, deixando somente aquilo que é realmente apropriado ao uso.

Passo 2 consiste em criar um local para armazenamento de todas as ferramentas, pois elas se encontram desorganizadas, muitos colaboradores reclamam de perder tempo procurando as ferramentas. Sendo assim, devem ser identificadas todas as ferramentas e dispositivos que os operadores necessitam na célula e selecionar aquelas que podem ser dispensadas.

Passo 3 consiste em utilizar algumas peças de chapas que não possuem mais serventia para o processo produtivo e montar carrinhos para acomodação de materiais que auxiliam a produção, de modo que possam se locomover com mais rapidez pela área produtiva.

Passo 4 consiste na criação de gabaritos que armazenam as ferramentas. A opção será a utilização do quadro de ferramentas, que é simplesmente uma maneira visual de armazenar e organizar as ferramentas usando o formato do material para indicar exatamente onde ela deve ser armazenada. Caso alguma ferramenta seja retirada ou esteja faltando, isto será facilmente identificado.

Os pesquisadores propõem a aplicação de treinamentos de melhoria que devem apresentar novas rotinas e novas instruções de trabalho com o objetivo de disseminar os conceitos de produção enxuta, 5s, *kaizen* e *Kanban* para serem aplicados na produção. E os colaboradores que forem realocados em outros setores como forma de otimização, segundo o problema de PL, necessitarão de treinamento para a realização de suas novas atividades.

Após observação dos diversos postos de trabalho, verifica-se que os colaboradores acabam por desperdiçar um tempo significativo do processo produtivo, se locomovendo entre as máquinas. Conforme exposto na Figura 8.

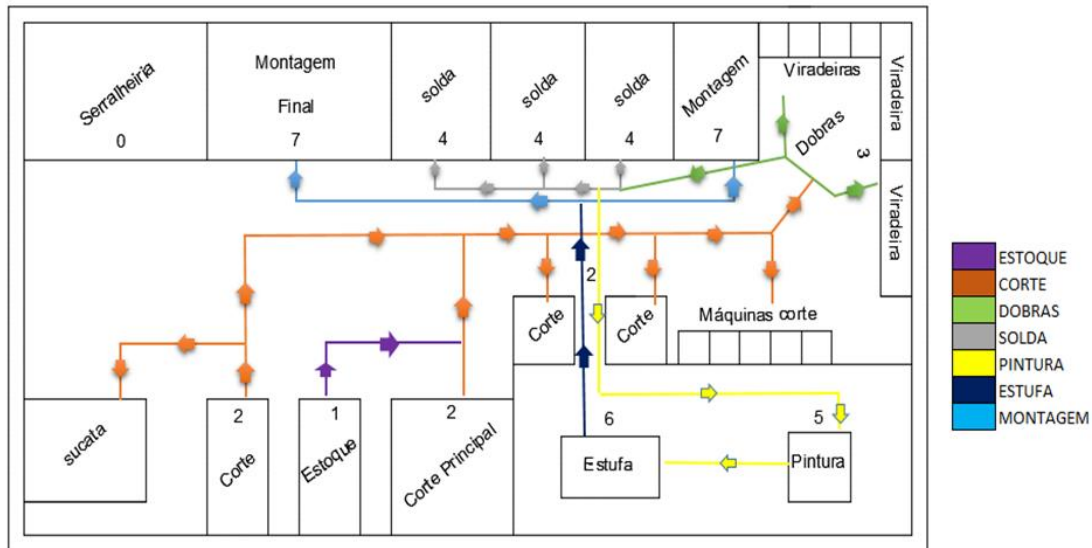


Figura 8 - Arranjo Físico da área de produção  
Fonte: Autores (2017)

Diante disto, a reorganização do *layout* proposta para área de produção poderá ser realizada através do diagrama de relacionamento, com o intuito de alcançar um fluxo produtivo contínuo e harmonioso.

Assim, torna-se interessante realocar o posicionamento dos maquinários respeitando a necessidade de proximidade entre os setores, desse modo, priorizam-se com o auxílio do diagrama de relacionamento os setores com maior intensidade de interação no desenvolvimento das alternativas de *layout*. A Figura 9 apresenta o diagrama de relacionamento.

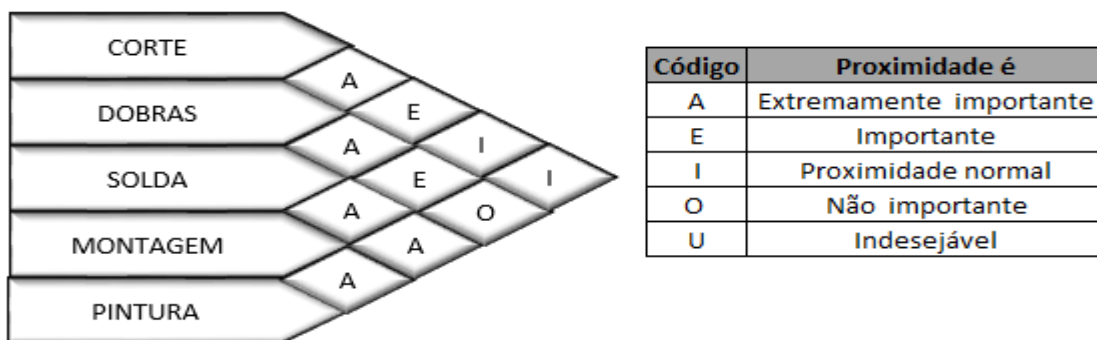


Figura 9 - Diagrama de Relacionamento  
Fonte: Autores (2017)

Através do diagrama de relacionamento, é possível redefinir o fluxo produtivo, conforme apresentado na Figura 10.

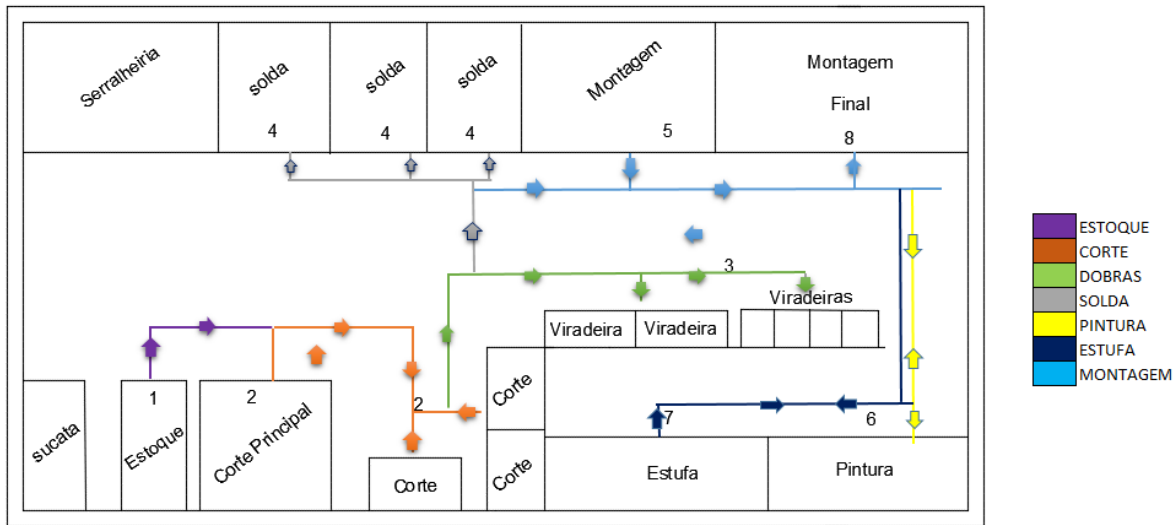


Figura 10 - Apresentação da proposta de layout  
 Fonte: Autores (2017)

A nova proposta de organização do maquinário na área de produção é capaz de possibilitar maior flexibilidade na movimentação entre setores, agilidade, integração entre os setores produtivos, proporciona maior visibilidade das limitações de cada setor, maior gestão visual do processo produtivo.

Os pesquisadores propõem a utilização de indicadores de desempenho para auxiliar o acompanhamento e a efetividade das melhorias propostas. Os indicadores são capazes de possibilitar uma maior gestão visual das melhorias e sua manutenção, sendo apresentados 3 indicadores.

Quadro 2 - Proposta de Indicadores

INDICADORES	OBJETIVO	CÁLCULO	META
<b>Eficiência da Produção</b>	Medir a eficiência diária do setor	Produtos acabados / programação da produção	<b>60%</b>
<b>Giro de Estoque</b>	Avaliar a eficiência da compra de materiais em relação à sua utilização	Quantidade de materiais comprados / quantidade disponível em estoque	<b>60%</b>
<b>Atendimento ao Cliente</b>	Acompanhar a capacidade de entrega aos clientes	Quantidade de pedidos entregues / número de pedidos solicitados	<b>90%</b>

Fonte: Autores (2017)

A meta de alcance de 60% para os indicadores está baseada na tabulação dos dados que compõem os indicadores antes da proposta de melhorias, conforme Figura 11.

Indicadores de desempenho (Março/2017)					
Eficiência da Produção		Giro de Estoque		Atendimento ao Cliente	
Qtd. Acabada	Qtd. Programada	Qtd.Comprada	Qtd. Estoque	Qtd.Entregue	Qtd. Solicitada
98	182	52	26	82	96
54%		50%		84%	

Figura 11 - Indicadores de desempenho  
Fonte: Autores (2017)

Diante disto, o proprietário da empresa acredita que é possível alcançar o aumento de 60% dos indicadores, pois a eficiência de produção apresenta 54%, o giro de estoque 50% e o indicador de atendimento ao cliente supera, chegando a 60% com intuito de alcançar 90%.

O acompanhamento dos indicadores deverá ser realizado mensalmente para acompanhar o fechamento das demandas mensais, seus dados deverão ser exibidos em forma de gráfico e disponibilizados aos gestores da empresa e para todos os envolvidos no setor produtivo, como forma de gestão visual, para acompanhamento das melhorias e evidência para possíveis investigações.

## 7 CONCLUSÃO

A empresa objeto deste estudo enfrentou problemas que são considerados comuns, dadas as dificuldades apresentadas. Diante de tal situação, tornou-se necessário buscar melhorias com o objetivo principal de atender de forma mais eficiente a demanda de clientes. O estímulo para esse trabalho foi a proposta de utilizar ferramentas matemáticas, como a Programação Linear, para quantificar e evidenciar um problema, auxiliando a tomada de decisões. Como resultado, ficou evidente uma cultura de desperdícios na empresa, sem que os gestores percebessem. Optou-se, então, pela adoção da prática de produção enxuta e eliminação de desperdícios.

Na área de produção, as atividades eram conduzidas sem planejamento e controle efetivo sobre o ritmo de trabalho. A falta de consideração pela demanda dos clientes persistia há muitos anos, impactando as oportunidades de melhoria. A filosofia de produção enxuta é capaz de destacar para os colaboradores como suas atividades afetam diretamente o processo

Após a proposta de redistribuição dos colaboradores, a lucratividade da empresa passa a ter uma perspectiva de aumento de capital. Antes, cada produção poderia gerar até R\$16.200,00, mas com as melhorias propostas, essa possibilidade aumentou para R\$21.300,00 por produção. Esses resultados apontam para os benefícios da aplicação da programação linear como ferramenta de decisão.

A implementação dos conceitos de produção enxuta pode ser desafiadora, especialmente em empresas cujas áreas de produção não foram projetadas com esses princípios desde o início. A adaptação requer consideração do tipo de empresa e do produto fabricado. No entanto, a análise proposta neste trabalho oferece uma estrutura de modelo para identificar e reduzir perdas no processo produtivo. Essa abordagem permite que a empresa aperfeiçoe seu processo e alcance certa estabilidade, tornando-se mais competitiva para atender às demandas do mercado.

O estudo de caso realizado neste trabalho demonstra que a proposta de uso da filosofia de produção enxuta pode ser aplicada em diversas organizações, independentemente do produto fabricado. Ao identificar desperdícios, essa abordagem contribui para a eficiência operacional. As ferramentas de produção enxuta propostas foram adaptadas à realidade da empresa e o conjunto de propostas de melhoria desempenhou um papel essencial na consecução dos objetivos.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. A.; ZANARDINI, R. A. **Iniciação à pesquisa operacional no ambiente de gestão**. 2. ed. Curitiba: Inter Saberes, 2014

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

DENNIS, P. **Fazendo acontecer à coisa certa: um guia de planejamento e execução para líderes**. São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 2007.

DE SORDI, Jose Osvaldo. **Gestão por processos**. 2. ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2008.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GASPAR, Flavio; LEAL Fabiano. *A methodology for applying the shop floor management method for sustaining lean manufacturing tools and philosophies: a study of an automotive company in Brazil*. Revista Internacional de Lean Six Sigma, 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. **Otimização Combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HUANG, C.Y., LEE, D., CHEN, S.C., & TANG, W. **A Lean Manufacturing Progress Model and Implementation for SMEs in the Metal Products Industry**. Multidisciplinary Digital Publishing Institute; Volume: 10; 2022.

LEAN INSTITUTE. Disponível em: [www.lean.org](http://www.lean.org). Acesso em: 17 maio 2024.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.

LISBÔA, M. G. P.; GODOY, L. P. Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: a joia. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, v. 4, n. 7, p. 32-47, 2012. Disponível em: <http://www.incubadora.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/1585>. Acesso em: 13 maio. 2017.

LÓSS, Z. E. **O Desenvolvimento da Pesquisa Operacional no Brasil**. 1981. Dissertação (Mestrado) - COPPE/UFRJ, 1981.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção Além Da Produção**. Porto Alegre, RS: Bookman, 1997.

SHULZ, J. A. T. et al. **Pesquisa operacional aplicada à logística de transporte**. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL, 2., 2010, Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos [...]** Bento Gonçalves: IFRS, 2010. p. 58-63.

TAHA, H. **Pesquisa Operacional: uma visão geral**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

TREIN, F. A. **Análise e melhoria de layout de processo na indústria de beneficiamento de couro**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VERGARA, S. C. **Projeto de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.