

## O uso da lógica Fuzzy no auxílio da gestão e controle dos níveis de estoques de peças

### The use of Fuzzy logic to aid in the management and control of parts inventory levels

Gerberson das Chagas Gomes Maciel<sup>1</sup>, Josiel Lobato Ferreira<sup>1\*</sup>

---

#### RESUMO

O presente trabalho tem como finalidade apresentar uma ferramenta que possibilite análises de estoque de peças utilizando lógica fuzzy, tendo como variável de saída, o nível do estoque após considerar as variáveis de demanda do cliente e do plano de produção. Por meio desta pesquisa, as análises dos níveis de estoque foram realizadas utilizando a toolbox fuzzy do software do Matlab versão 2015a, em modelos de um produto voltado para o segmento de automotivo, fabricados por uma empresa do Polo Industrial de Manaus. Após a aplicação da ferramenta de análise, o nível normal subiu de 20% para 93%, e os índices de excessos e os riscos de falhas de entrega foram eliminados. Tais resultados permitiram a validação da eficácia da ferramenta, que se mostrou aplicável em qualquer tipo de estoque, em qualquer tipo de empresa.

**Palavras-chave:** Nível de Estoque; Demanda; Plano de Produção; Lógica Fuzzy.

---

#### ABSTRACT

The presente work aims to present a tool that allows analysis of parts stock using fuzzy logic, having as output variable, the stock level after considering the variables of customer demand and the production plan. Through this research, the analyzes of the stock levels were carried out using the fuzzy toolbox of the Matlab software version 2015a, in models of a product aimed at the automotive segment, manufactured by a company from the Industrial Pole of Manaus. After applying the analysis tool, the normal level rose from 20% to 93%, and excess rates and the risk of delivery failures were eliminated. Such results allowed the validation of the tool's effectiveness, which proved to be applicable in any type of stock, in any type of company.

**Keywords:** Stock Level; Demand; Production Plan; Fuzzy Logic.

---

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará  
\*E-mail: jlobato@ufpa.br

## INTRODUÇÃO

Empresas no mundo inteiro buscam a excelência no gerenciamento de seus recursos e suas estruturas, onde aproveitar da melhor forma cada metro quadrado e cada recurso, seja ele material ou pessoal, pode ser o diferencial para o fracasso ou o sucesso nos dias atuais. Dessa forma tratar os estoques como parte essencial de uma empresa faz toda a diferença, uma vez que este pode concentrar uma grande quantidade de espaços, bem como reter um alto capital investido.

Este cenário faz com que algumas empresas procurem explorar técnicas inovadoras para o controle de seus estoques e armazenagens internas, definindo a importância da gestão de estoque e do processo de armazenagem dentro de uma empresa, em qualquer que seja seu segmento, seja por meio de novas ferramentas, técnicas ou sistemas de gestão de estoque (MARTELLO e DUNDARO, 2015).

Para TUBINO (2008), muitas empresas trabalham com estoques de diferentes tipos e estes necessitam ser bem administrados, uma vez que a gestão de estoques é uma das atividades mais importantes de uma empresa de manufatura. Dessa forma, um gerenciamento de estoques eficaz ajuda na redução dos custos investidos, de forma a mantê-los os mais baixos possíveis, obedecendo os níveis de segurança e dos volumes para o atendimento da demanda, além de trazer ótimos resultados para uma empresa.

Neste contexto, SLACK *et al.* (2006), afirmam que é muito importante que os gestores compartilhem opiniões ambivalentes em relação aos estoques, pois para uns os estoques são custosos e algumas vezes representam grande quantidade de capital, para outros, mantê-los também representa um certo nível de segurança, principalmente em cenários complexos e repletos de incertezas. Ao identificar a importância de se atender os clientes de acordo com as suas necessidades, entende-se as estratégias traçadas em manter estoques, principalmente em mercados instáveis e altamente flexíveis, entretanto, ao traçar tais estratégias a empresa deve assumir o desafio de controlar estes estoques, não permitindo que estes acabem sendo prejudiciais para a organização, consumindo grandes volumes de áreas e de capital.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma solução sistêmica para o controle de peças no estoque, utilizando a lógica fuzzy para o controle e gestão dos níveis de estoque na expedição de uma empresa do segmento automotivo, operante no Polo Industrial de Manaus (PIM).

Mediante a um cenário econômico instável, a empresa sofre grandes impactos decorrente das constantes variações apresentadas nas demandas dos seus clientes, essas variações fazem com que a empresa enfrente grandes dificuldades em disponibilizar mais espaços para comportar maior quantidade de peças quando a demanda do cliente varia para baixo, ou produza a uma carga acima da sua capacidade produtiva, envolvendo e concentrando o máximo de recurso possível, para atender a demanda dos clientes, quando esta varia para cima.

Ao considerar a quantidade e a variedade de produtos fabricados nas linhas de montagens, fica evidente o desafio de alocar as peças produzidas nos espaços disponíveis, garantindo todos os controles realizados para garantir a qualidade dos produtos e a satisfação dos clientes. Cada produto e/ou modelo possui uma locação dedicada e esta foi pensada para evitar misturas entre peças e garantir a sequência correta de despacho em acordo com o controle de Primeiro que Entra é o Primeiro que Sai (PEPS), visando não enviar o produto errado ao cliente e garantir a rotatividade ideal das peças no estoque.

## **METODOLOGIA**

Para atingir o objetivo da pesquisa, as análises delimitaram-se ao setor de estoque de Produto Acabado (PA), de uma multinacional instalada no Polo Industrial de Manaus (PIM), observando os dois principais critérios que influenciam diretamente nos níveis de estoques, o pedido do cliente e o plano de produção, ambos em uma frequência diária. O estoque de produto acabado é o estoque composto pelo produto que teve seu processo de fabricação terminado, armazenando todos os produtos prontos para serem vendidos ou expedidos para os clientes (BAZANTE, 2016).

Por meio de análises dos Planos de Produção periódicos, gerados por meio de sistema ERP (Enterprise Resource Planning) e documentos da empresa utilizados nos controles dos processos, coletou-se dados com a finalidade de consolidar o fundamento teórico e prático sobre a gestão de estoques e sua importância nas tomadas de decisão por parte dos gestores do processo de planejamento, produção e expedição, evidenciando as principais dificuldades encontradas. É importante reconhecer a necessidade de uma visão estratégica para a gestão dos estoques, uma vez que não se pode exercer muita influência sobre o processo de demanda, já que o cliente não comprará produtos se não tiver

necessidade dos mesmos, e o suprimento deve traduzir a decisão de que item suprir, em que quantidade e em que momento (GIANESI e BIAZZI, 2011).

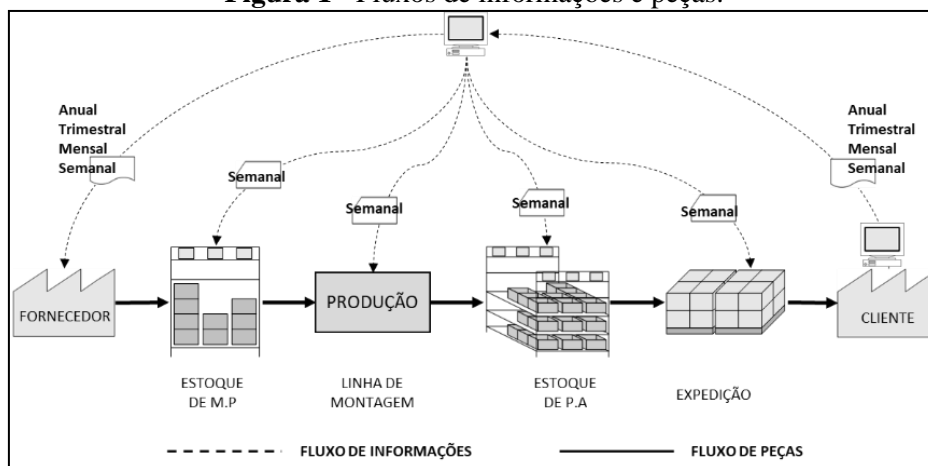
Para a implementação computacional, utilizou-se o ambiente *Fuzzy Logic Toolbox* do software Matlab® versão R2015a, com informações de demandas, política de estoque e planos de produção que contribuíram na interação entre os setores de plano de controle de produção (PCP), produção e expedição da empresa. O uso dessa ferramenta teve o propósito único e exclusivo de fornecer uma ampla visão dos níveis de estoque diários, confrontando os dados de planejamento e demanda.

Na qualificação dos níveis do estoque o modelo proposto considerou cinco níveis de decisão: crítico, baixo, normal, alto e excesso. Estes níveis são compostos por aspectos quantitativos e qualitativos, para a garantia do atendimento das necessidades do cliente e da empresa, com a intenção de orientar o processo de planejamento de produção diário, através de técnicas que lidam com o cenário atual e sua dinâmica diária.

A empresa estudada adota o modelo de fabricação que utiliza o sistema de produção empurrada como estratégia de manufatura, seguindo um Plano Mestre de Produção (PMP) periódico. Conforme ZORZO (2015), o PMP é responsável pelos dados necessários para que a produção seja possível e as decisões relacionadas às necessidades de produtos sejam planejadas visando atender no curto e médio prazo as necessidades dos clientes.

O sistema de produção utilizado pela empresa é o sistema de produção empurrada, onde as linhas de produção executam suas atividades baseadas nas previsões de vendas enviadas pelos clientes de forma desniveladas, gerando revisões semanais do PMP, divulgando novas ordens de produção, separação e entregas para os clientes. Conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1** - Fluxos de informações e peças.



Fonte: Autor.

Porém, a frequência dos ajustes de demanda, somado ao desnivelamento praticado pelos clientes, fazem com que em diversos pontos da cadeia existam peças estagnadas por não possuírem demanda dos clientes, ao mesmo tempo em que os níveis de estoques ficam críticos por não terem as peças necessárias solicitadas pelos clientes. Esse problema é conhecido como efeito chicote, que segundo BRANDÃO e FILHO (2020), é a amplificação da demanda causada pela distorção das informações entre os elos da cadeia produtiva e geralmente ocorre nos últimos processos, se expandindo para os processos anteriores.

Este cenário mostra que trabalhando desta forma, a empresa acaba montando produtos que os clientes não necessitam no momento, aumentando os níveis de estoque desses modelos e deixando crítico os níveis de estoques dos produtos necessários de imediato, gerando o risco de falhar com os clientes. Tal situação faz com que a empresa passe a adotar sistemas de trabalho utilizando horas extras para elevar os níveis de estoques, pedidos de matéria-prima (MP) em caráter de urgência com os fornecedores, contratação de mais pessoas para manusear e controlar as peças em estoque, aumentando seu custo de fabricação, além da perda de área útil ocupada com peças em estoque.

A Tabela 1 apresenta a condição de cada modelo analisado em relação as variações dos pedidos e planos de produção, considerando variação altas ou baixa para quantidades que apresentam variação de  $\pm 25\%$  em relação a quantidade média diária de cada modelo, conforme política interna definida pela empresa.

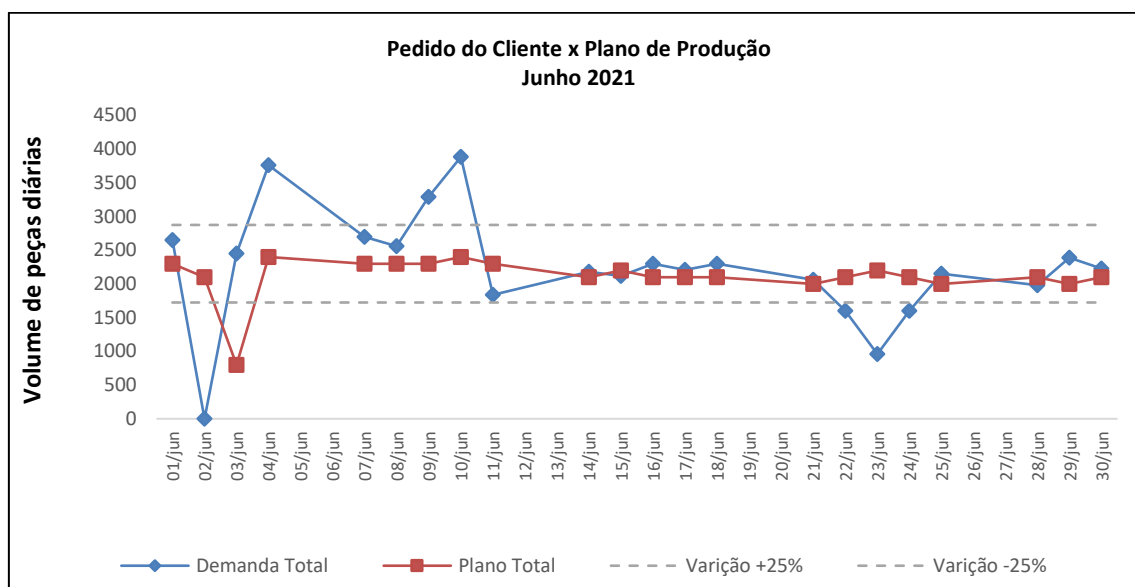
**Tabela 1** – Variação por modelo.

Modelo	Ocorrências jun/21			Ocorrências jun/21		
	Variação da Demanda			Variação do Plano		
	Alta	Normal	Baixa	Alta	Normal	Baixa
98200	9%	73%	18%	36%	64%	0%
02100	24%	29%	47%	29%	47%	24%
98100	32%	58%	11%	89%	11%	0%
98000	33%	19%	48%	67%	33%	0%
04200	32%	18%	50%	18%	73%	9%
04100	0%	63%	38%	38%	38%	25%

Fonte: Autor.

De forma ilustrativa, a Figura 2 resume a Tabela 1, ao comparar os pedidos dos clientes com o planejamento da produção, antes dos ajustes semanais, que são realizados para corrigir os erros gerados por decisões ou análises rasas e conservadoras.

**Figura 2 - Plano de produção e demanda total 06/2021.**



Fonte: Autor.

A Tabela 2 apresenta os níveis do estoque por modelo, considerando os planos de entrega, de produção e a política praticada pela empresa. Após a análise dos níveis do estoque, notou-se que 1 modelo não conseguiria suprir a necessidade do cliente, apresentando ocorrências de falha de entrega, ou seja, faltaria peças para entregar ao cliente, sem contar que em média, apenas 20% do estoque apresenta nível normal no período.

**Tabela 2 - Ocorrências nível de estoque por modelo.**

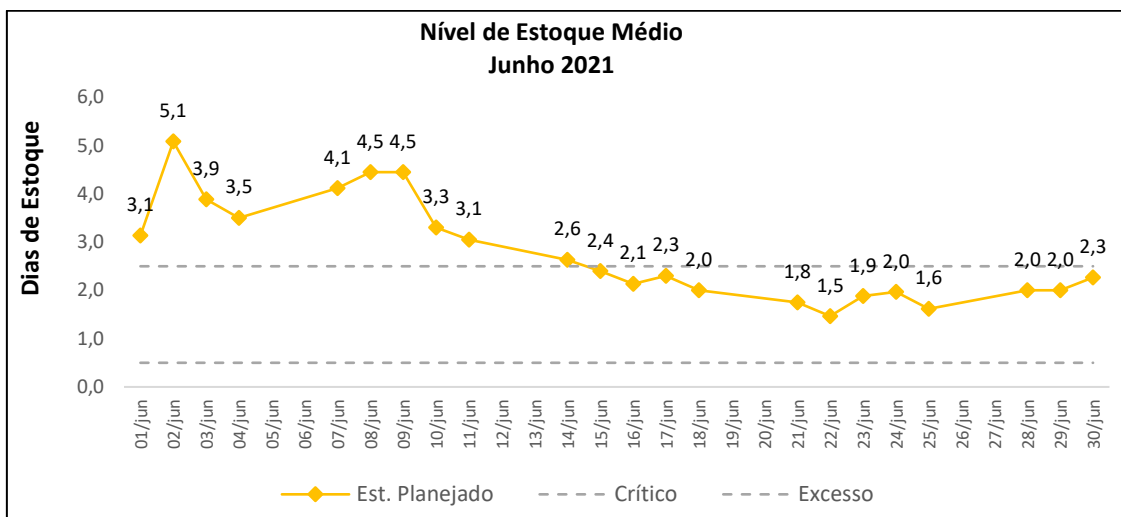
Modelo	Nível do Estoque Jun/2021					*Falhas
	Baixo	Normal	Alto			
98200	9%	32%	<b>45%</b>	9%	5%	<b>0%</b>
02100	0%	18%	<b>6%</b>	24%	53%	<b>0%</b>
98100	11%	6%	<b>11%</b>	6%	0%	<b>67%</b>
98000	0%	5%	<b>43%</b>	33%	19%	<b>0%</b>
04200	0%	0%	<b>0%</b>	32%	68%	<b>0%</b>
04100	0%	0%	<b>13%</b>	0%	88%	<b>0%</b>
<b>Média</b>	<b>3%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>17%</b>	<b>39%</b>	<b>11%</b>

\*Falhas - Dias que faltarão peças para entrega.

Fonte: Autor.

A Figura 3 ilustra o nível de estoque geral, considerando a política de gestão adotada pela empresa, equivalente a 2,5 dias de produção na linha tracejada superior e 20% desta quantidade, 0,5 dia na linha tracejada inferior.

**Figura 3 - Nível de estoque diário.**



Fonte: Autor.

## IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE

O modelo criado utilizando o sistema fuzzy considerou duas variáveis de entradas e cinco resultados possíveis de saída, utilizados como variáveis e termos linguísticos. As variáveis de entrada “Pedido do cliente” e “Plano de produção” foram classificadas com três variações específicas cada, podendo apresentar condições de “Baixo”, “Normal” e “Alto”, representadas em escalas específicas por modelo, tendo como base o PMP mensal do cliente, conforme verificado na Tabela 3.

**Tabela 3 - Variáveis de entrada.**

<b>Variáveis Linguísticas de Entrada</b>	<b>Termos Linguísticos</b>
Pedido do Cliente	Baixa
	Normal
	Alta
Plano de produção	Baixo
	Normal
	Alto

Fonte: Autor.

Para as variáveis linguísticas de saída, cada nível do estoque pertencerá às classes linguística “Crítico”, “Baixo”, “Normal”, “Alto” ou “Excesso”. Conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** - Variáveis de saídas.

<b>Variáveis Linguísticas de Saída</b>	<b>Termos Linguísticos</b>
Nível do	Crítico
	Baixo
Estoque	Normal
	Alto
	Excesso

Fonte: Autor.

Quanto às regras de inferência, foram definidas 9 regras específicas, de acordo com as situações de cruzamentos das entradas (pedido e plano) com a saída (nível de estoque). A Tabela 5 apresenta os critérios das 9 regras.

**Tabela 5** - Regras de Inferência.

Regras de Inferência Fuzzy								
Nº	Entrada 1			Entrada 2			Saída	
1	<i>Se</i>	Pedido	Baixo	<i>e</i>	Plano	Baixo	<b><i>Então</i></b>	Estoque
2	<i>Se</i>	Pedido	Baixo	<i>e</i>	Plano	Normal	<b><i>Então</i></b>	Estoque
3	<i>Se</i>	Pedido	Baixo	<i>e</i>	Plano	Alto	<b><i>Então</i></b>	Estoque
4	<i>Se</i>	Pedido	Normal	<i>e</i>	Plano	Baixo	<b><i>Então</i></b>	Estoque
5	<i>Se</i>	Pedido	Normal	<i>e</i>	Plano	Normal	<b><i>Então</i></b>	Estoque
6	<i>Se</i>	Pedido	Normal	<i>e</i>	Plano	Alto	<b><i>Então</i></b>	Estoque
7	<i>Se</i>	Pedido	Alto	<i>e</i>	Plano	Baixo	<b><i>Então</i></b>	Estoque
8	<i>Se</i>	Pedido	Alto	<i>e</i>	Plano	Normal	<b><i>Então</i></b>	Estoque
9	<i>Se</i>	Pedido	Alto	<i>e</i>	Plano	Alto	<b><i>Então</i></b>	Estoque

Fonte: Autor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação da ferramenta de gestão do estoque utilizando a lógica fuzzy, como base nos requisitos já definidos e utilizados pela empresa, como as variações dos pedidos e do plano de produção e a política de estoque. Os resultados obtidos foram determinantes para estabelecer uma nova visão para a gestão dos níveis de estoque e também para o planejamento da produção.

A Tabela 6 apresenta as variações por modelos após a aplicação da ferramenta, onde apenas o modelo 02100 apresentou variações maiores e menores que 25%, mesmo assim, mantendo sua maior parte dentro da normalidade.



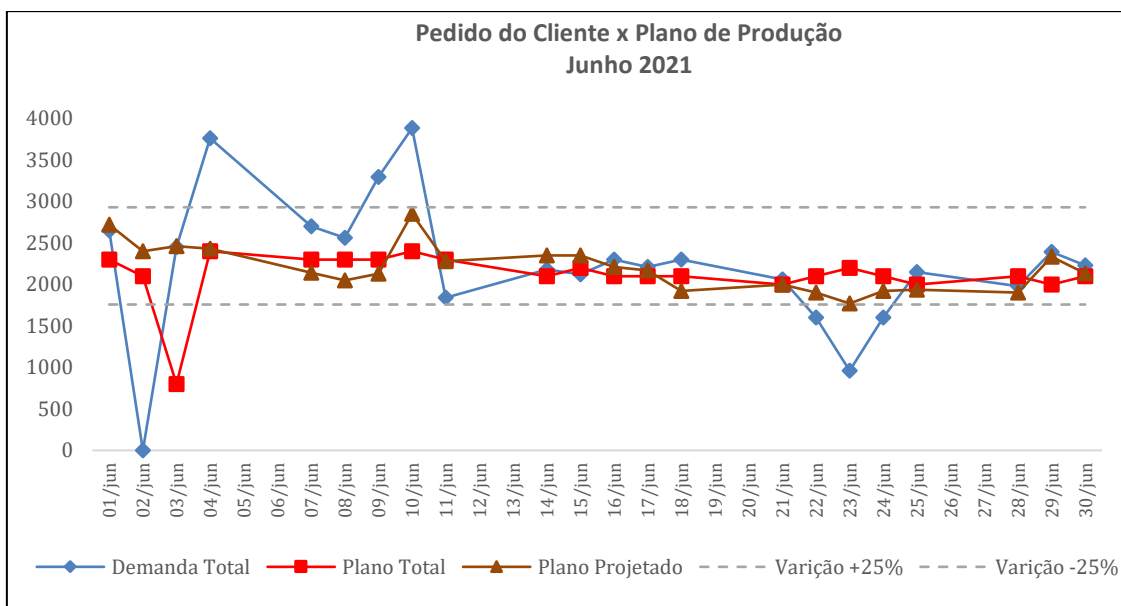
**Tabela 6** – Variação por modelo.

Modelo	Ocorrências jun/21			Total
	Variação do Plano			
	Baixa	Normal	Alta	
98200	0%	100%	0%	100%
02100	15%	62%	23%	100%
98100	0%	100%	0%	100%
98000	0%	100%	0%	100%
04200	0%	100%	0%	100%
04100	0%	100%	0%	100%

Fonte: Autor.

A Figura 4 reapresenta o cenário do mês de junho, considerando a demanda do cliente, o plano de produção total, antes do uso da ferramenta, e o plano de produção projetado, após o uso da lógica fuzzy como ferramenta de análise.

**Figura 4** - Plano de produção, demanda total e Plano projetado 06/2021.



Fonte: Autor.

Percebe-se através da Figura 4, uma melhora qualitativa, após a aplicação da lógica fuzzy na elaboração do plano de produção, entretanto, a finalidade desta pesquisa é desenvolver uma ferramenta para auxiliar na gestão dos níveis de estoque de PA da empresa.

Analisando o nível de estoque por modelo, nota-se que foi possível eliminar todas as ocorrências de falhas, garantindo que não faltará peças para entrega para os clientes e o nível de estoque não apresenta grandes variações, conforme apresentado na Tabela 7.

**Tabela 7 - Ocorrências nível de estoque por modelo.**

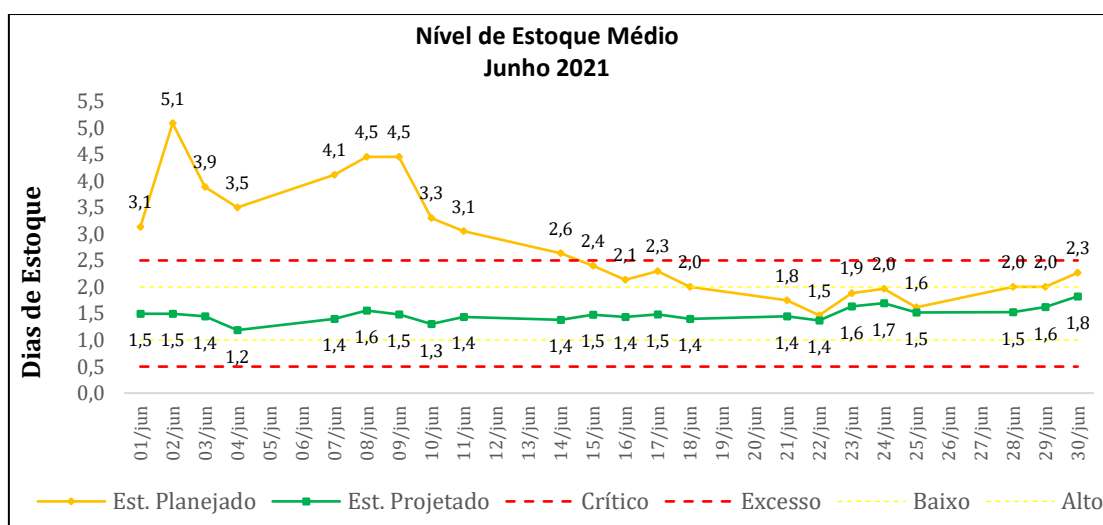
Modelo	Nível do Estoque Jun/2021					
	<b>Crítico</b>	<b>Baixo</b>	<b>Normal</b>	<b>Alto</b>	<b>Excesso</b>	<b>*Falhas</b>
98200	0%	0%	<b>100%</b>	0%	0%	<b>0%</b>
02100	0%	0%	<b>92%</b>	8%	0%	<b>0%</b>
98100	0%	0%	<b>93%</b>	7%	0%	<b>0%</b>
98000	0%	11%	<b>89%</b>	0%	0%	<b>0%</b>
04200	0%	5%	<b>85%</b>	10%	0%	<b>0%</b>
04100	0%	0%	<b>100%</b>	0%	0%	<b>0%</b>
<b>Média</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>93%</b>	<b>4%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

\*Falhas - Dias que faltarão peças para entrega.

Fonte: Autor.

Dessa forma, a Figura 5 apresenta os resultados dos níveis do estoque após a aplicação da ferramenta, considerando os 5 níveis de saídas estabelecidos nas regras de inferência, além de mostrar as diferenças de níveis antes e depois do uso da lógica fuzzy. Este último resultado comprova a eficácia da ferramenta aplicada, reduzindo não só os níveis do estoque de PA da empresa, mas também os riscos de paradas aos clientes, além de reduzir os custos e otimizar os espaços.

**Figura 5 - Nível de estoque conforme as regras de inferência fuzzy.**



Fonte: Autor.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos, após serem comparados com o cenário anterior, mostraram-se satisfatórios, principalmente por possibilitar uma projeção segura dos níveis de estoque sem colocar em risco a necessidade do cliente, além de minimizar os impactos de área e financeiros para a empresa, permitindo ao PCP um melhor planejamento do plano de produção.

Para conclusão dos resultados, foram feitas as simulações utilizando as saídas de inferência fuzzy: Crítico, Baixo, Normal, Alto e Excesso, através da Tabela 4 e os resultados obtidos por modelo e as médias proporcionais para cada nível do estoque ou saída do sistema fuzzy, apresentaram os seguintes resultados:

- Redução da média dos níveis de estoque crítico de 3% para 0%;
- Redução da média do nível de estoque baixo de 10% para 3%;
- Aumento da média de dos níveis de estoque normais de 20% para 93%;
- Redução da média do nível de estoque alto de 17% para 4%;
- Redução da média do nível de estoque excesso de 39% para 0%, e;
- Eliminação das ocorrências de falhas de entrega de 17% para 0%.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a ferramenta aplicada, utilizando a lógica fuzzy, foi eficaz não só para o suporte na gestão do estoque, mas também para o planejamento da produção, por apresentar a possibilidade de desenvolver um plano de produção sem variação, possibilitando uma produção estabilizada e controlada, podendo impactar na redução dos custos altos com horas extras, por exemplo, melhorando a qualidade do trabalho dos colaboradores e conseqüentemente do produto.

Portanto, com base em todas as informações obtidas e apresentadas, conclui-se a eficácia no uso da ferramenta de análise através da lógica fuzzy, podendo ser utilizada não apenas no estoque de PA, mas para qualquer estoque dentro da cadeia produtiva de uma empresa, reduzindo os riscos por falta de peças para o cliente, os custos, melhorando a efetividade do planejamento e padronizando os processos.

Esta pesquisa pode contribuir para a melhoria desses sistemas, na empresa base do estudo ou em qualquer outra empresa, através da implementação da Lógica Fuzzy em suas análises, uma vez que esta lógica pode representar uma técnica inovadora que facilita o manuseio de dados e informações, transformando expressões verbais do cotidiano, muitas vezes, vagas, imprecisas e qualitativas, em valores numéricos, para posteriormente

converter a experiência humana em uma forma compreensível pelos computadores, possibilitando o sucesso na criação de estratégias para tomada de decisão em problemas complexos como é o caso do controle de estoques nas plantas industriais.

No âmbito acadêmico, esta pesquisa busca contribuir de forma relevante aos estudantes e pesquisadores no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos diversos, bem como os profissionais da área e qualquer pessoa que tenham interesse pelos assuntos aqui abordados através de uma vasta literatura.

## REFERÊNCIAS

BAZANTE, L. **Estoques: Curso Técnico em Administração: Educação a distância**. Recife: Secretaria Executiva de Educação Profissional de Pernambuco, 2016.

BRANDÃO M. S.; FILHO, M. G. Ocorrência e causas do efeito chicote para a cadeia de suprimentos de produtos de luxo. **Revista de Administração de Roraima**, v. 10, n. 1, p. 1-25, 2020.

GIANESI, I. G. N.; BIAZZI, J. L. Gestão estratégica dos estoques. **Revista Administração**, São Paulo, v. 46, n. 3, p. 290-304, 2011.

MARTELLO, L. L.; DUNDARO, F. Planejamento e controle de estoque nas organizações. **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n. 2, p. 170-185, 2015.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. Edição única, São Paulo: Editora Atlas, 2006.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

ZORZO, A. **Gestão de Produtos e Operações**. 1. ed. São Paulo: Person Education do Brasil, 2015.

*Recebido em: 03/05/2022*

*Aprovado em: 05/06/2022*

*Publicado em: 08/06/2022*