

PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA – PTT**TEMA: MODELO FUZZY PARA AVALIAR O NÍVEL DO LEAN MANUFACTURING EM UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE AR-CONDICIONADO COMERCIAL**

Nome do discente	RAQUEL BORGES SOARES
Orientador	
Data de ingresso: ***	Natureza da produção: ***
Data de conclusão: 18/12/2023	Financiamento, se houver: * * *

1 - Apresentação do Produto ou Serviço, incluindo justificativa, relevância, descrição sumária, nível de desenvolvimento, ineditismo e inovação representada:

A dissertação justifica-se pela necessidade de observar como a introdução de uma metodologia inovadora pode contribuir para a ciência e formação acadêmica, além de impactar positivamente nos resultados de uma empresa que ainda não adotou os pilares do Lean Manufacturing. A pesquisa é especialmente relevante para a empresa MCJV Manaus, que opera no setor de linha branca e cuja matriz deseja padronizar processos através da filosofia Lean e do Sistema de Produção Toyota (TPS). A justificativa inclui a análise de produtividade e qualidade, identificando causas e propondo soluções baseadas na prática científica.

Relevância

A relevância do trabalho está na potencial transformação dos processos produtivos da empresa alvo, utilizando o Lean Manufacturing para aumentar a competitividade no mercado. Em um cenário de constante mudança, as empresas precisam reavaliar e adaptar seus processos para atender às demandas de produtividade, qualidade, e satisfação do cliente. A implementação do Lean, alinhada com a metodologia Fuzzy, oferece uma ferramenta poderosa para a tomada de decisões mais precisas e eficazes na gestão industrial.

Descrição Sumária

O trabalho propõe a implementação de um modelo de avaliação do nível de maturidade do Lean Manufacturing em uma empresa de fabricação de ar-condicionado comercial, utilizando a inferência Fuzzy. A metodologia envolve a realização de semanas Kaizen para observação prática dos impactos e resultados, focando na redução de desperdícios e melhoria dos processos produtivos. A pesquisa inclui a aplicação de treinamentos e a participação ativa de todos os níveis organizacionais, desde a alta gestão até o chão de fábrica.

Nível de Desenvolvimento

O estudo foi desenvolvido em cinco etapas principais:

Introdução: Apresentação da motivação, objetivos e organização do trabalho.

Revisão de Literatura: Discussão teórica sobre Lean Manufacturing e Lógica Fuzzy.

Metodologia: Contextualização do ambiente de estudo e criação do modelo Fuzzy usando Matlab.

Estudo de Caso: Detalhamento do processo produtivo da empresa e aplicação do modelo Fuzzy.

Resultados e Discussões: Apresentação dos resultados obtidos e sugestões para trabalhos futuros.

Ineditismo

O ineditismo do trabalho reside na combinação do Lean Manufacturing com a lógica Fuzzy para avaliar a maturidade dos processos produtivos em uma indústria específica de ar-condicionado

comercial no Polo Industrial de Manaus. Essa abordagem híbrida é inovadora e proporciona uma análise mais detalhada e adaptável das práticas Lean, considerando as nuances e variabilidades dos processos produtivos.

Inovação

A inovação do estudo está na utilização da inferência Fuzzy para modelar e avaliar a maturidade do Lean Manufacturing, o que permite uma avaliação mais precisa e flexível das implementações Lean. A aplicação prática das semanas Kaizen, aliada ao treinamento de todos os níveis organizacionais, assegura a sustentabilidade das melhorias e a adaptação cultural necessária para o sucesso contínuo da metodologia Lean.

2- Descrição do desenvolvimento, técnicas e bases teóricas:

Após a Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan, da General Motors e Henry Ford, da Ford Motors, eram os grandes nomes da indústria automobilística, Henry Ford no gerenciamento de sua empresa inovou com o sistema de produção em massa. Este sistema de produção foi utilizado inicialmente nos Estados Unidos e posteriormente foi sendo difundido na indústria Europeia. Porém, a produção em massa deixava uma lacuna no que diz respeito a termos de competitividade e atendimento aos desejos dos consumidores (MOREIRA, 2011).

Para WOMACK, JONES e ROOS (1990), o termo Lean Manufacturing surgiu pela primeira vez em 1990, resultante de um estudo comparativo entre o modelo de produção em massa das empresas Americanas e Europeias, com o tipo de produção flexível, executada pela Toyota, o chamado Toyota Production System (STP) ou Sistema Toyota de Produção (STP).

Para DEVERAS (2019), o STP tornou-se a base de uma filosofia de gestão hoje é mundialmente conhecida como Lean Manufacturing, tendo como objetivo principal a maximização do valor para o cliente através da eliminação dos desperdícios ligados à produção.

Reforçando o trecho acima, para SILVA et al. (2019), a manufatura enxuta pode ser delineada como uma estratégia de produção com foco na melhoria contínua dos processos produtivos através da eliminação das atividades que não agregam valor ao cliente final.

O sistema enxuto de produção pode ser interpretado como um sistema de manufatura onde seu propósito é aprimorar tanto os procedimentos quanto os processos, empregando uma redução contínua dos desperdícios, almejando a flexibilidade do processo, elevando a produtividade, a alta qualidade sempre propondo uma certa competitividade no mercado num ambiente globalizado (GASTL, 2017).

A manufatura enxuta é definida como uma estratégia de produção sua finalidade é melhorar o sistema produtivo erradicando etapas/ atividades dos processos que não beneficiam o produto, ou seja, não agregam valor (TUBINO, 2015).

A coleta de dados foi realizada em uma Empresa, denominada MCJV, que fica localizada no Distrito Industrial de Manaus, onde se fabrica Ar-Condicionado, onde foi avaliado quantos e quais eram seus processos de fabricação e quais ferramentas do Lean Manufacturing já haviam sido implementadas. Tivemos como entradas de fatores, os dados da:

- Quantidade de Processos;
- Ferramentas do Lean Manufacturing;
- Cronograma de Implementação das Ferramentas do Lean Manufacturing por Processo.

3.2.2 Análise de Dados

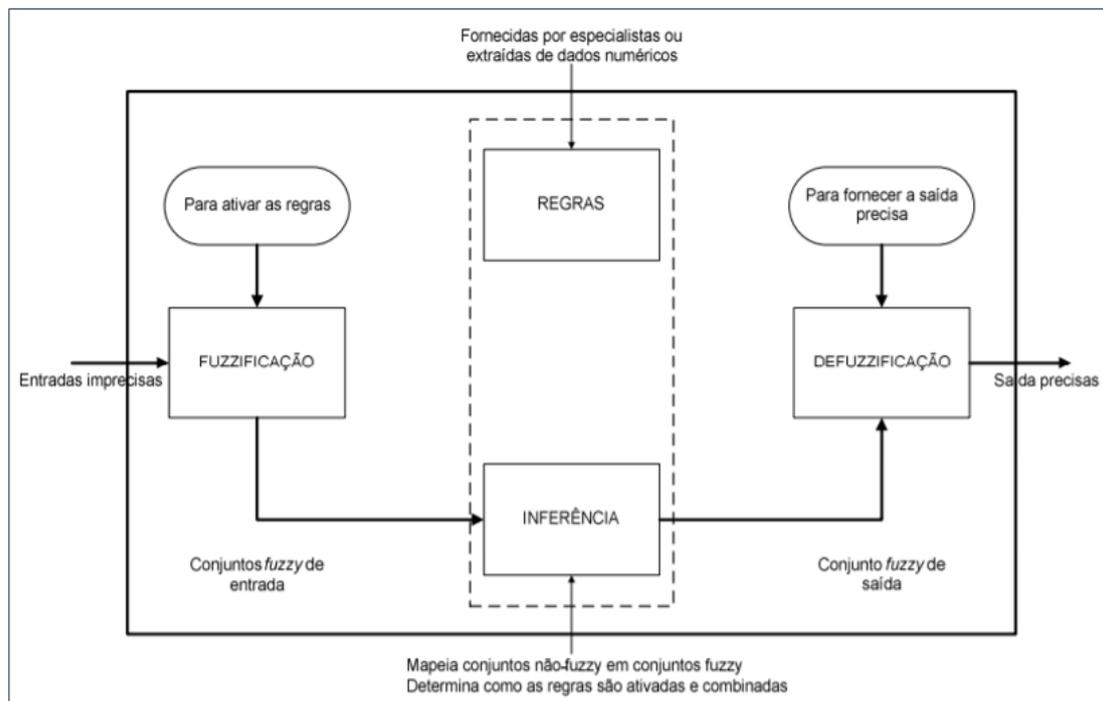
O Sistema Lógico Fuzzy está estruturado nos componentes básicos: fuzzificador, regras, inferência e defuzzificador, como mostra a Figura 13 adaptada de Rezende (2012, p 30).

Este sistema é interpretado como um mapeamento com entrada e saída, por meio de um modelo matemático $y = f(x)$.

No fuzzificador com os conjuntos Fuzzy de entrada, temos a transformação dos dados em variáveis linguísticas, fase em que todas as informações relativas à imprecisão ou incerteza associada a estas variáveis devem ser consideradas.

3 - Apresentação do produto (fotografia, *PrintScreen*, imagens em geral para apresentar o produto ou processo):

Figura 6 - Sistema Fuzzy.



Fonte: Oliveira Junior (2007).

Tabela 1 - Processo Metodológico.

FASE	ETAPA
1. Indicadores de Nível do <u>Lean Manufacturing</u>	1.1 Mapeamento de Processo de Fabricação da Empresa "MCJV"
	1.2 Entrevista com Especialistas
	1.3 Definição dos Range/Valor Linguístico/Valor Numérico de cada Variável Linguística.
2. Sistema de "Inferência" <u>Fuzzy</u>	2.1 Desenvolvimento dos Conjuntos <u>Fuzzy</u>
	2.2 Desenvolvimento das Regras de "Inferência"
	2.3 Simulação no Software <u>MatLab R2016a</u>
3. Experimento do Modelo Proposto	3.1 Compilação do <u>Algoritmo de Agregação dos Indicadores no Software MatLab R2016a</u>
	3.2 Simulação dos Resultados
	3.3 Conclusão

Figura 14 - Gráfico % de valor agregado.

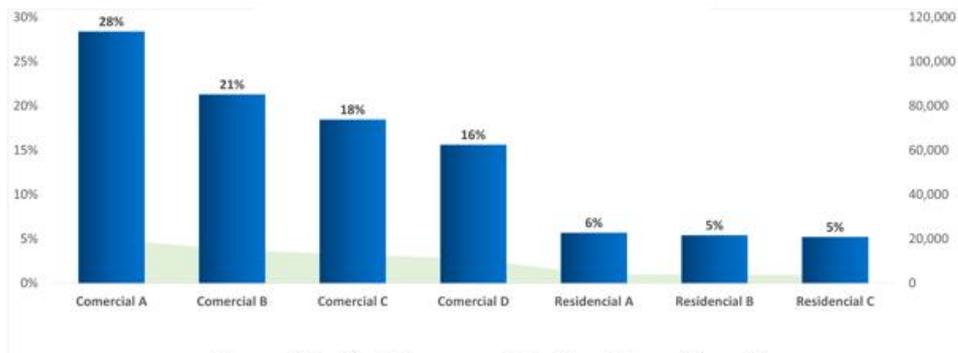


Figura 15 - Produto comercial e Produto residencial



Figura 16 - Fluxograma do Processo de Fabricação.

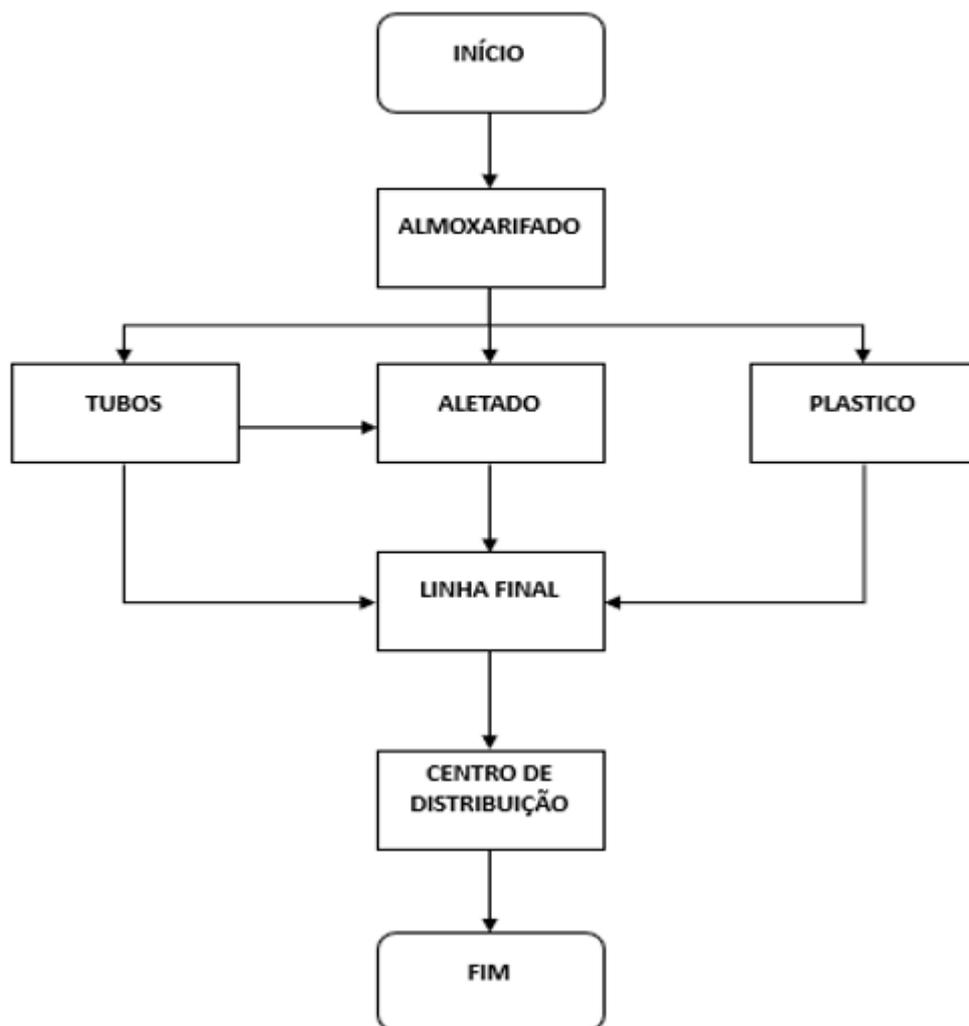


Tabela 2 - Definição das Variáveis Linguísticas.

ETAPA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO	NOME PROCESSOS	DOS	VARIÁVEL LINGUISTICA	
			ENTRADA	SAÍDA
ALMOXARIFADO	ALMOXARIFADO 01 ALMOXARIFADO 02 ALMOXARIFADO 03		5'S VSM TPM SMED	MATURIDADE LEAN
TUBOS	TUBOS 01 TUBOS 03		5'S VSM TPM SMED	MATURIDADE LEAN
ALETADO	ALETADO 01 ALETADO 03		5'S VSM TPM SMED	MATURIDADE LEAN
PLÁSTICO	PLÁSTICO 02		5'S VSM TPM SMED	MATURIDADE LEAN -
LINHA FINAL	IDU 5 ODU 6 SUB ASSEMBLY		5'S VSM TPM SMED	MATURIDADE LEAN
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	CD 01		5'S VSM SW SMED	MATURIDADE LEAN

Tabela 3 - Definição Range/Valor Linguístico/Valor Numérico

VARIÁVEL LINGUISTICA	DESCRIÇÃO	RANGE	VALOR LINGUISTICO	VALOR NUMERICO
5S TOOL	Aplicação dos 3S de ação.	0 - 100 (%)	Baixa	[0 0 25 50]
	Identificação das fontes de problema e implementação de ações permanentes.		Média	[25 50 75]
	Padronização, Treinamento e Sustentabilidade (Auditoria periódica definida)		Alta	[50 75 100 100]
TPM TOOL	Avaliação de dados históricos e implementação de ações temporárias	0 - 100 (%)	Baixa	[0 0 25 50]
	Identificação de fontes de problema e sistemas do equipamento (com closed loop)		Média	[25 50 75]
	Identificação de lista de peças de reposição completa, implementação de ações de treinamento,		Alta	[50 75 100 100]

definição de ações de melhoria.		
MATURIDADE LEAN	0 - 100 (%)	No Lean [0 0 25 50]
		Low Lean [25 50 75]
		Medium Lean [25 50 75]
		Lean [25 50 75]
		High Lean [50 75 100 100]

Figura 17 - Função de pertinência para variável de entrada 5S Tool.

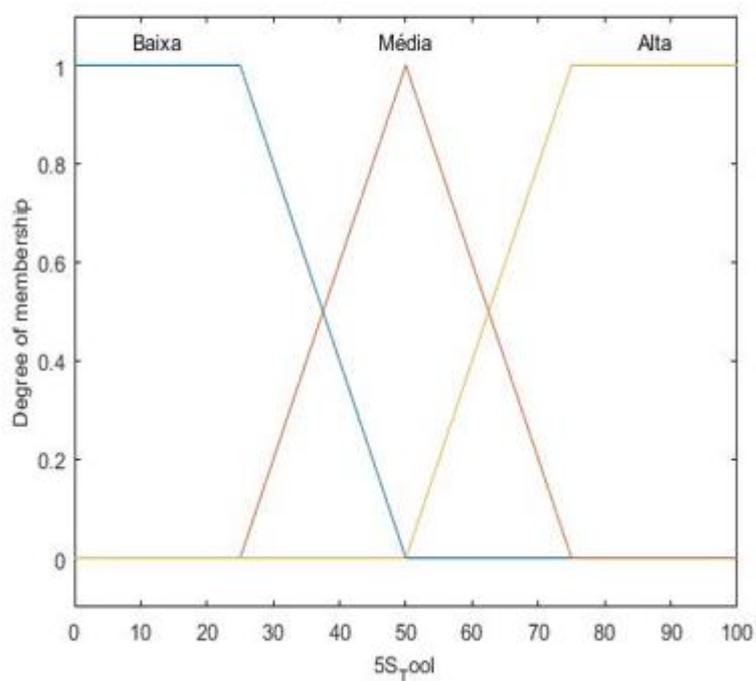


Figura 18 - Função de pertinência para variável de entrada TPM Tool.

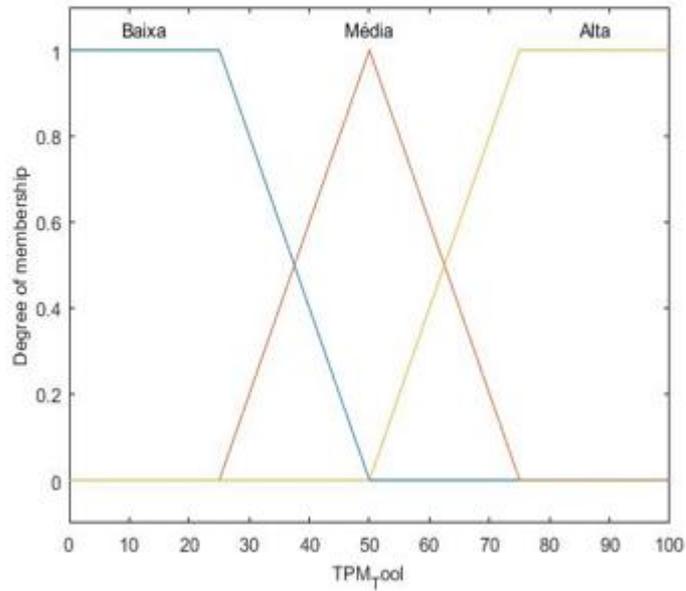
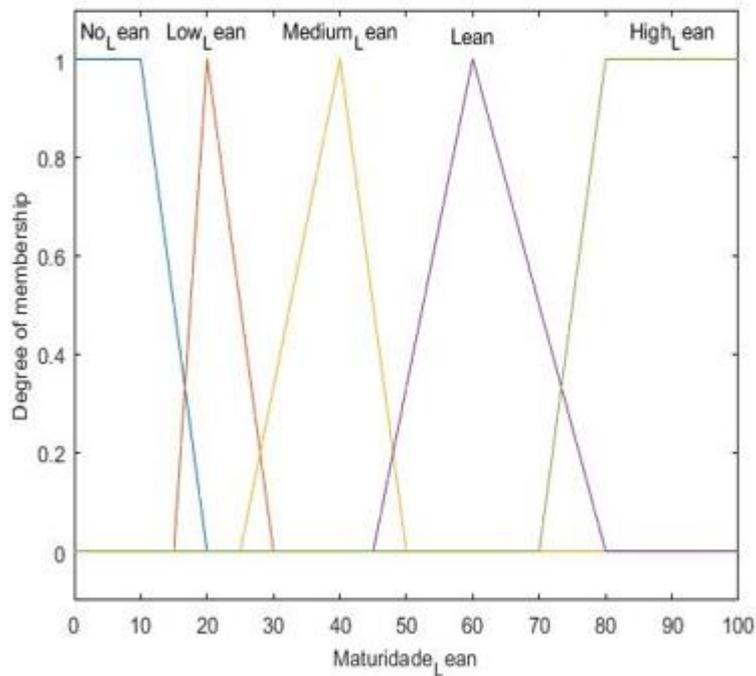


Figura 21 - Função de pertinência para variável de saída Maturidade Lean.



- **SMED Tool - Fuzzyficação**

A variável linguística de entrada “SMED Tool” constitui três níveis de inferência, com formatos trapezoidais e triangular. A Figura 19, apresenta as estruturas trapezoidais e triangular, atendendo valores linguísticos: Baixa, Média, Alta, de acordo com a Tabela 3.

Figura 19 - Função de pertinência para variável de entrada SMED Tool.

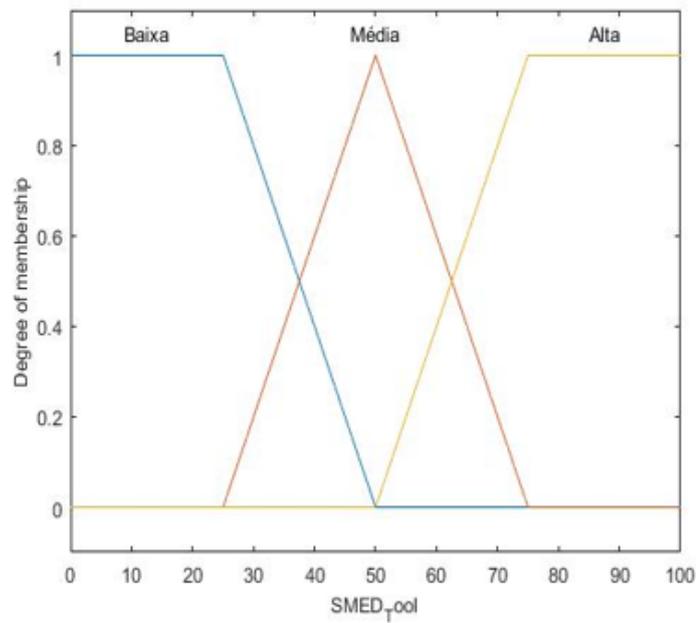


Figura 20 - Função de pertinência para variável de entrada VSM Tool.

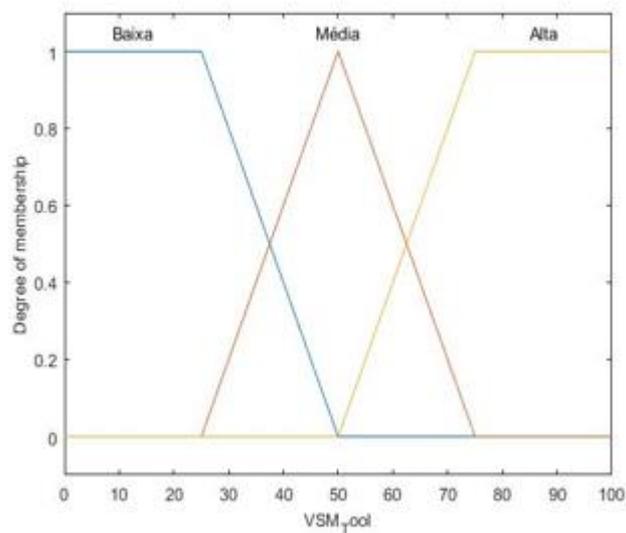


Figura 21 - Função de pertinência para variável de saída Maturidade Lean.

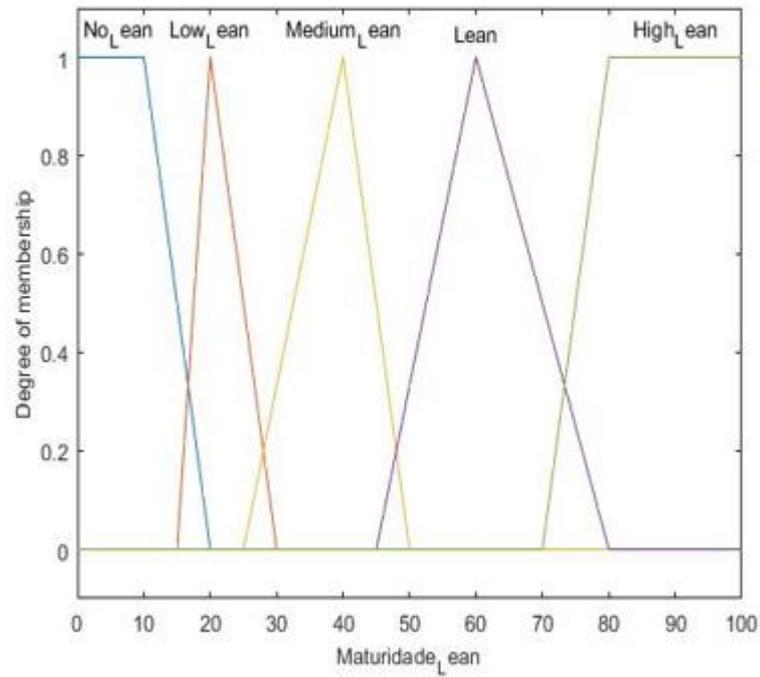


Tabela 4 - Base de Regras.

REGRAS	ENTRADAS				SÁIDA
	5S	TPM	SMED	VSM	MATURIDADE LEAN
1	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Não Lean
2	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Não Lean
3	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Baixo Lean
4	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Não Lean
5	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Não Lean
6	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Baixo Lean
7	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Baixo Lean
8	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Baixo Lean
9	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Médio Lean
10	Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Não Lean
80	Alto	Alto	Alto	Médio	Lean
81	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto Lean

Figura 22 - Representação do Controlador Fuzzy para Maturidade Lean.

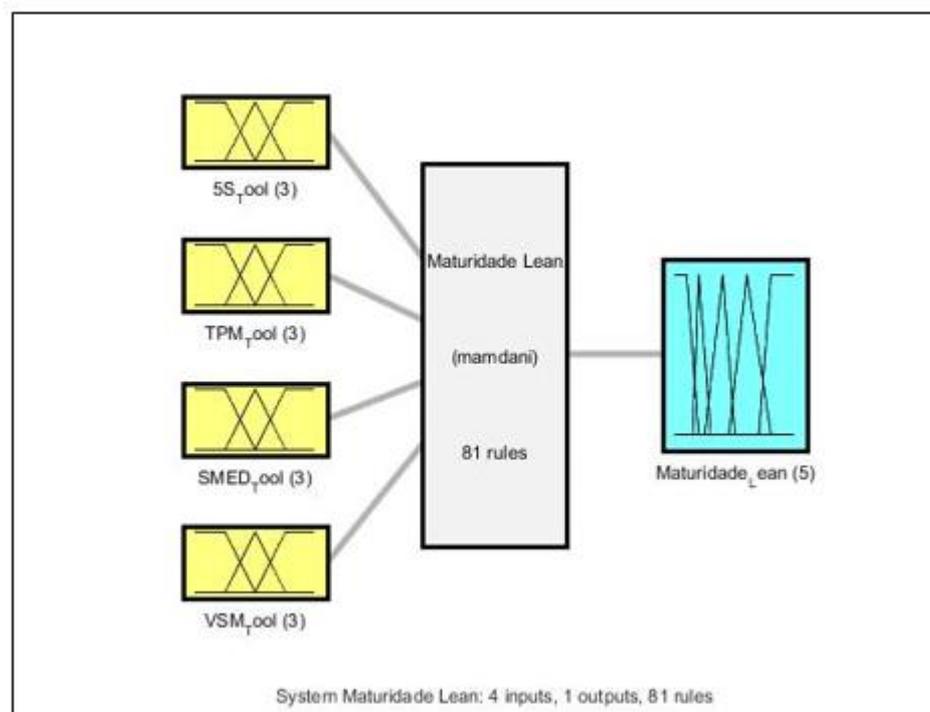


Figura 23 - Gráfico das Regras Maturidade Lean – “Não Lean”.

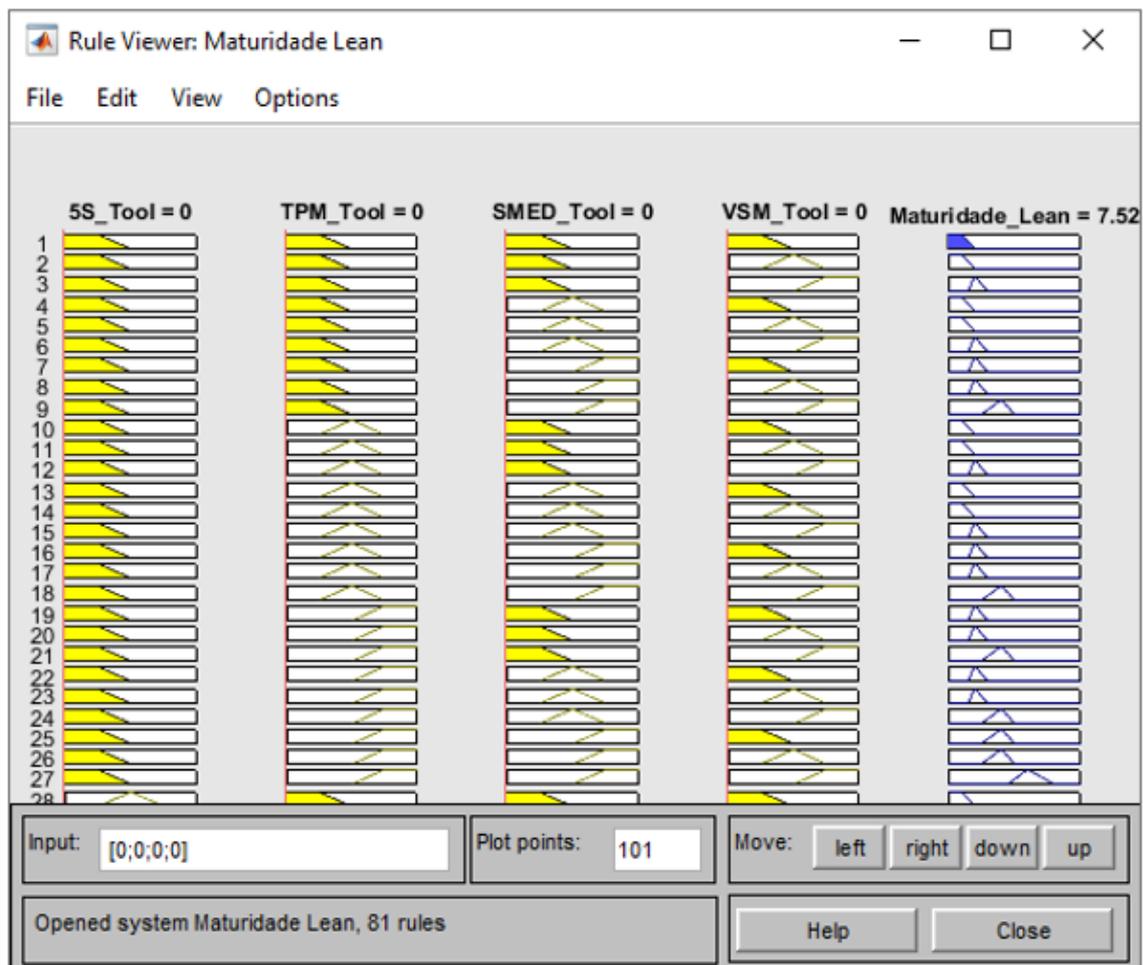


Figura 24 - Gráfico das Regras Maturidade Lean – “Baixo Lean”.

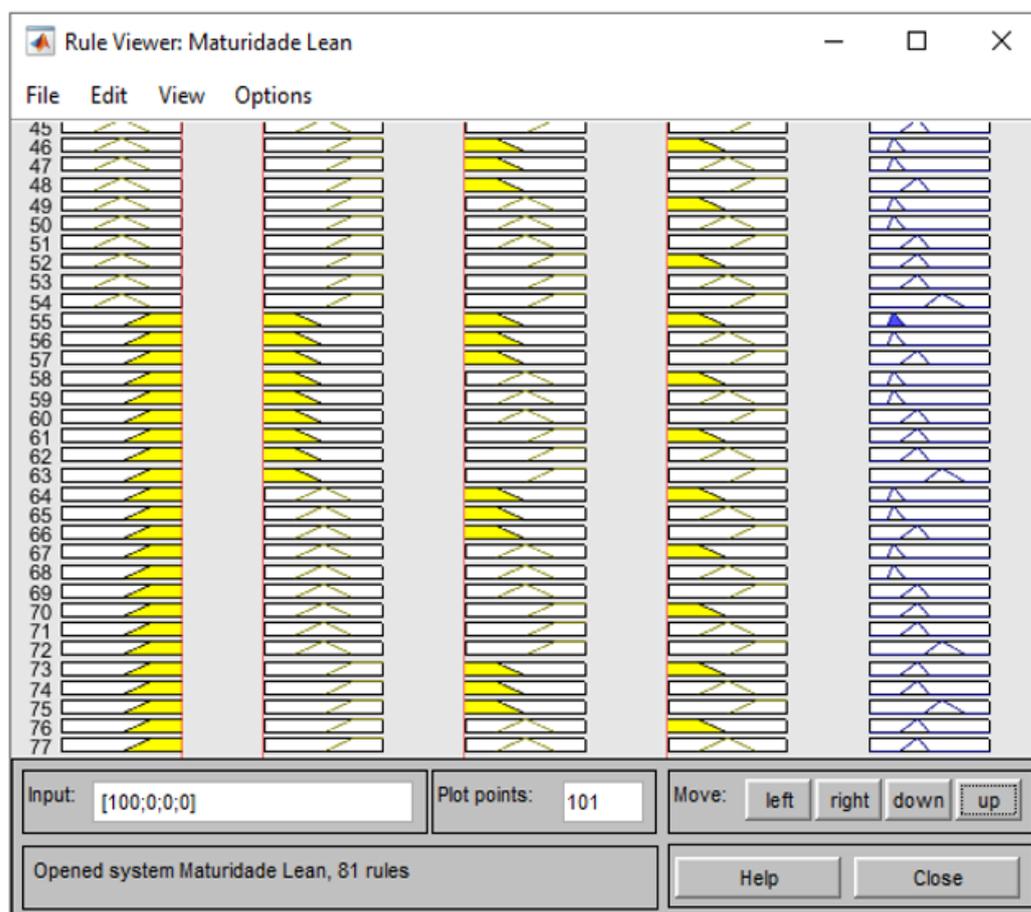


Figura 25 - Gráfico das Regras Maturidade Lean – “Médio Lean”.

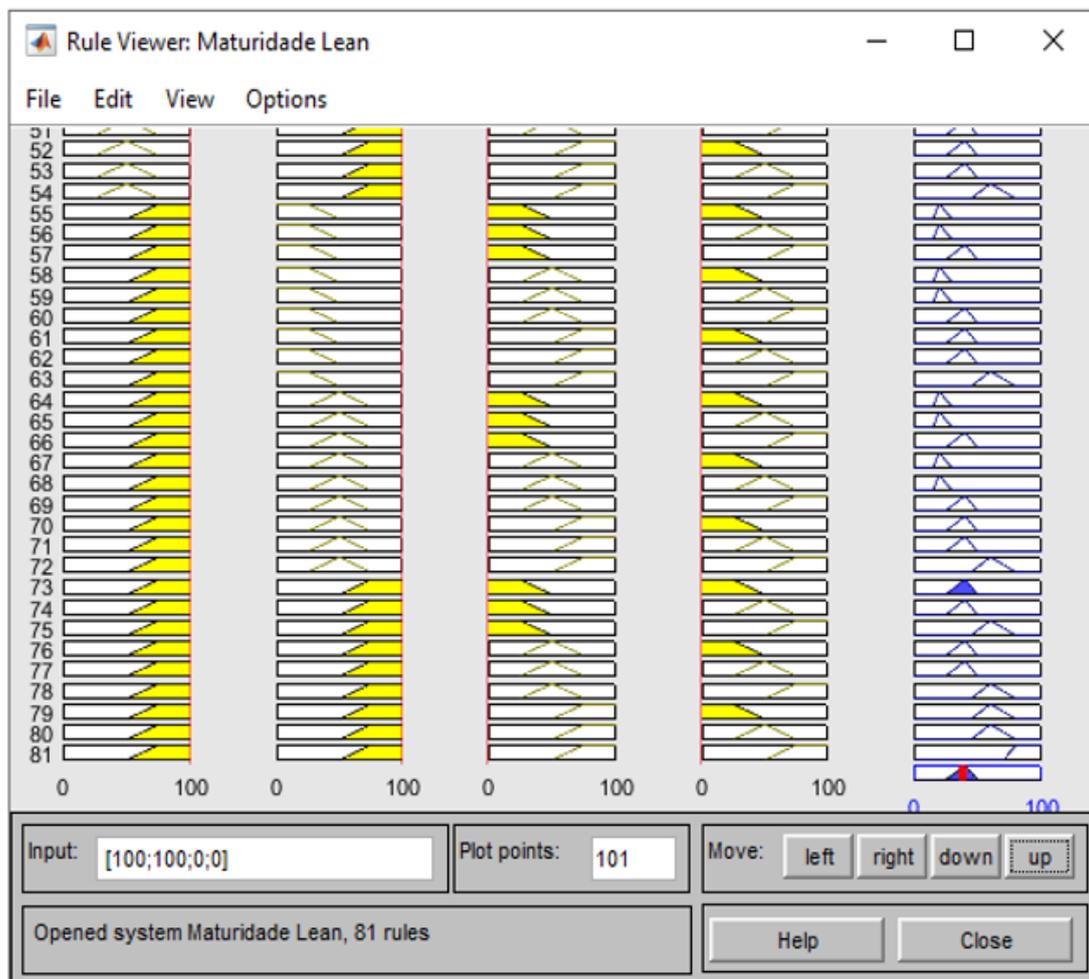




Figura 26 - Gráfico das Regras Maturidade Lean – “Lean”.

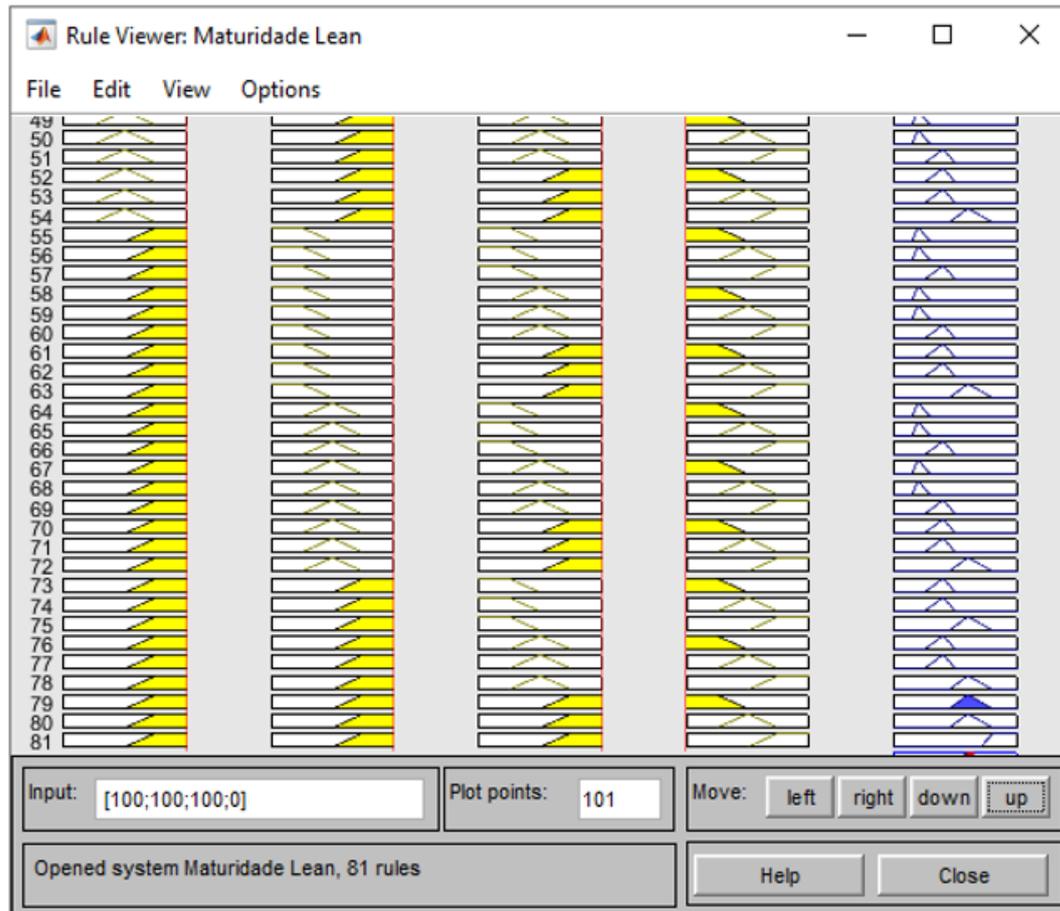


Figura 27 - Gráfico das Regras Maturidade Lean – “Alto Lean”.

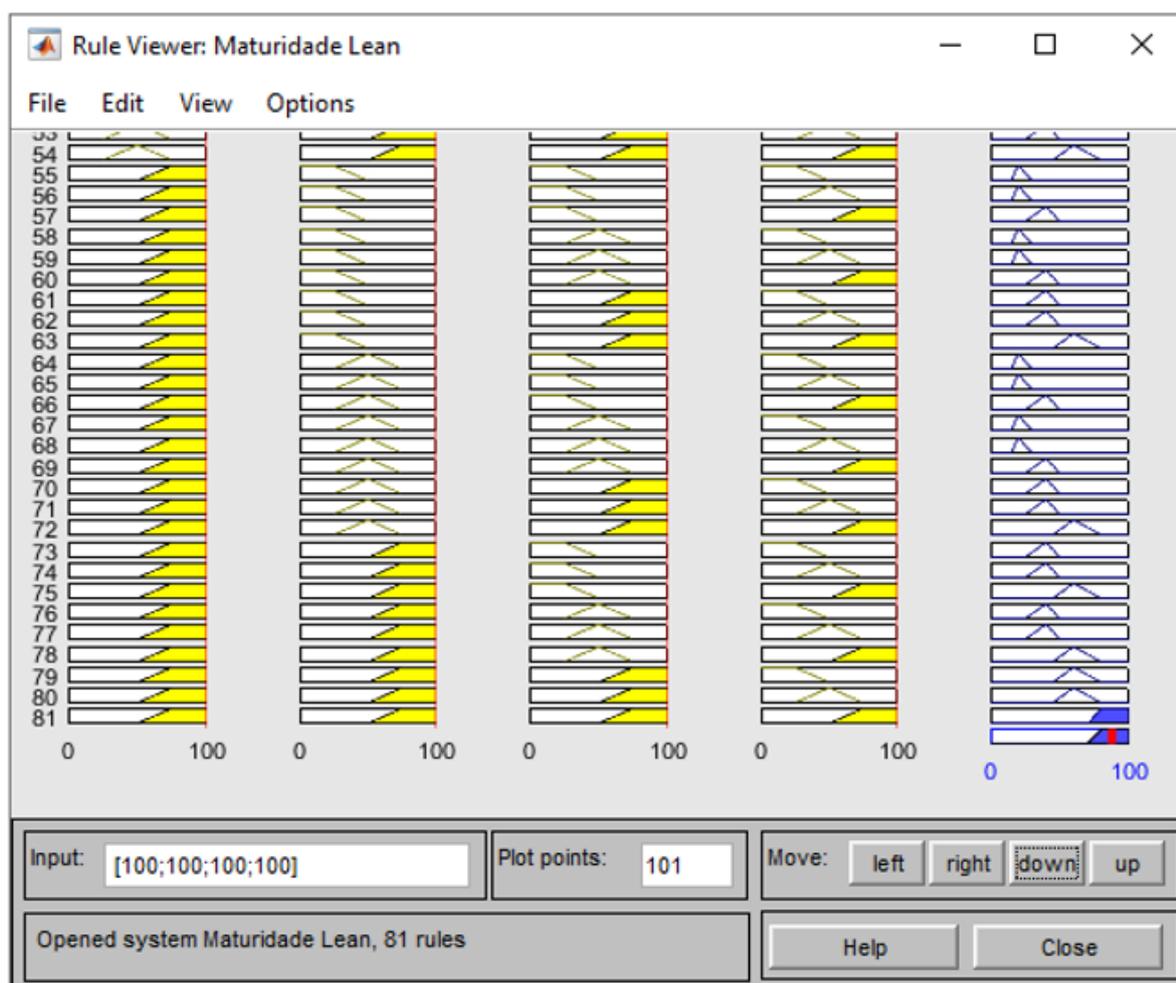
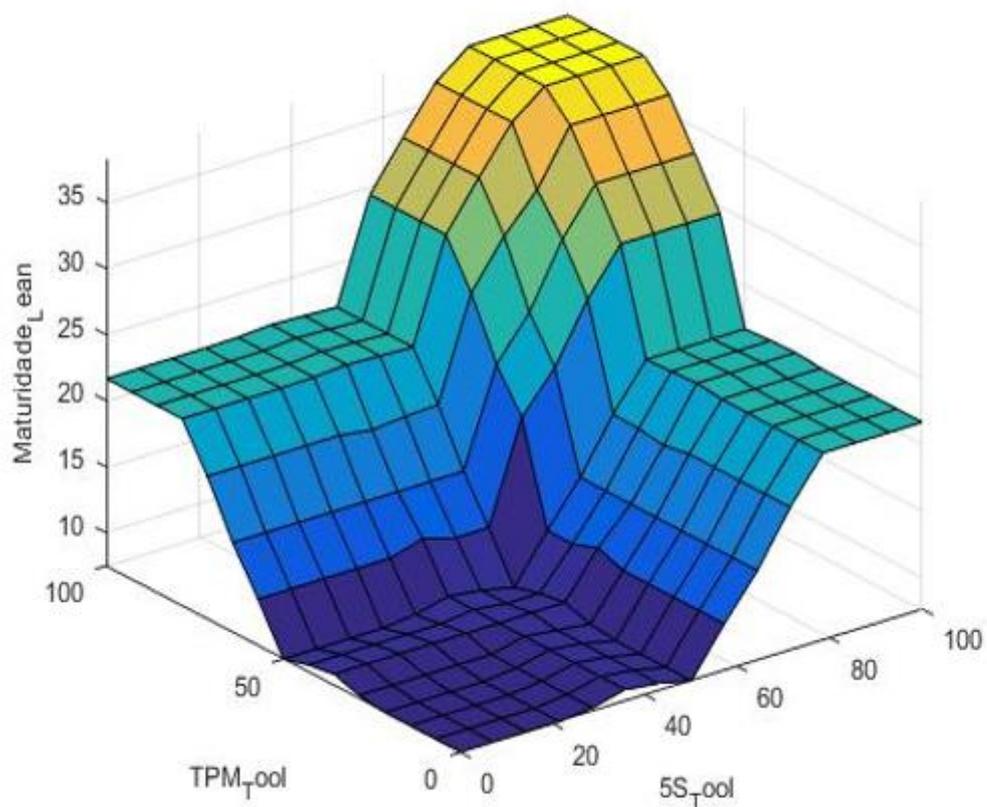


Figura 28 - Gráfico 3D.





4 - Apresentação dos reflexos econômicos e sociais (geração de riqueza/saúde, qualidade de vida e redução de assimetrias regionais, dentre outros):

A análise da eficácia dos principais métodos de implementação do lean, por meio do mapeamento completo do processo de fabricação, permitiu identificar as etapas com influência direta no processo. Isso possibilitou a implementação de um sistema Fuzzy para avaliação do processo produtivo e a identificação do nível de Maturidade do Lean Manufacturing.

A partir do Fluxograma do Processo de Fabricação e de entrevistas com especialistas, foi possível determinar as variáveis mais relevantes e estabelecer os requisitos para o modelo Fuzzy que avalia o processo produtivo. Com as variáveis de entrada e saída mais significativas em mãos, foram criados modelos matemáticos para avaliar o nível ideal de Maturidade Lean, desenvolvendo-se, assim, as regras de inferência Fuzzy para o modelo de maturidade.

O sistema Fuzzy proposto gerou cinco classificações: “No lean”, “Low Lean”, “Medium Lean”, “Lean” e “High Lean”, baseadas nas diferentes variações do nível de aplicação das ferramentas utilizadas no estudo. Dessas classificações, duas indicaram sucesso potencial para a Maturidade Lean dos processos, permitindo que a Empresa MCJV estabeleça parâmetros para manter os processos nos níveis Lean ou High Lean.

Impactos Econômicos

1. **Geração de Riqueza:** A implementação eficaz do Lean Manufacturing aumenta a produtividade e a eficiência, reduzindo desperdícios e custos operacionais. Isso resulta em maiores margens de lucro e, conseqüentemente, na geração de mais riqueza para a empresa.
2. **Competitividade:** Empresas que adotam o Lean Manufacturing com sucesso tornam-se mais competitivas no mercado global, podendo oferecer produtos de melhor qualidade a preços mais competitivos.

Impactos Sociais

1. **Qualidade de Vida:** A redução de desperdícios e a melhoria dos processos produtivos podem levar a um ambiente de trabalho mais organizado e seguro, melhorando a qualidade de vida dos trabalhadores.
2. **Saúde:** Processos mais eficientes e bem estruturados podem reduzir o estresse e a fadiga dos trabalhadores, promovendo uma melhor saúde ocupacional.
3. **Redução de Assimetrias Regionais:** Ao melhorar a eficiência e a competitividade, empresas localizadas em regiões menos desenvolvidas podem se fortalecer economicamente, ajudando a reduzir disparidades regionais e promovendo um desenvolvimento mais equilibrado.

A aplicação do modelo desenvolvido demonstrou que a avaliação da Maturidade Lean através da aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing no Processo Produtivo, utilizando a metodologia Fuzzy, é viável para auxiliar as observações desejadas. Isso permite compreender o impacto de cada variável linguística no resultado da pesquisa, indicando como a Empresa MCJV pode utilizar as informações obtidas para melhorar seu sistema e, conseqüentemente, sua eficiência.

É importante destacar que o estudo foi focado em apenas um setor da empresa, o que não limita o

sucesso da aplicação do método Fuzzy em outros setores da organização. A abordagem tem a vantagem de não exigir um aparato complexo em termos de programação matemática, pois os dados utilizam a linguagem subjetiva de classificação e o conhecimento dos especialistas para tratar e interpretar as informações. Portanto, considera-se que o objetivo inicial de propor uma metodologia diferenciada para avaliação da Maturidade do Lean Manufacturing, baseada na lógica fuzzy, foi alcançado.

Sugestões para Trabalhos Futuros

Para pesquisas futuras, recomenda-se estudar a implementação da lógica fuzzy na validação de outras metodologias ou processos, como o nível de maturidade de um sistema de manutenção produtiva total com saídas semelhantes às apresentadas nesta pesquisa, nível de desperdícios, ou validação da capacidade intelectual de colaboradores do chão de fábrica. Isso poderia definir variáveis para um nível de aproveitamento excelente (alto), padrão (médio), básico (baixo), iniciante (muito baixo), entre outros, pois esses desperdícios podem ser significativos e influenciar o desempenho de um processo. Outra recomendação seria a análise da Maturidade Lean dos Processos Produtivos utilizando mais ferramentas, pois a eficiência produtiva tende a aumentar com a implementação de mais ferramentas lean.

Conclusão

A utilização da Lógica Fuzzy constitui, portanto, uma ferramenta simples, mas dinâmica, para alcançar resultados mais rápidos sobre a Maturidade Lean do Processo Produtivo. A metodologia proposta não só melhora a eficiência e competitividade da empresa, mas também traz benefícios sociais significativos, promovendo um ambiente de trabalho melhor e contribuindo para o desenvolvimento regional equilibrado.

5 - Descrição da participação do solicitante em caso de ser co-autor.

O Prof. Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento orientou e supervisionou a produção da referida pesquisa, fruto da dissertação de mestrado do discente Raquel Borges Soares.

. 6 - Descrição do estágio de andamento da utilização do produto/serviço

A análise da eficácia dos principais métodos de implementação do lean, por meio do mapeamento completo do processo de fabricação, permitiu identificar as etapas que têm influência direta no processo. Isso viabilizou a implementação de um sistema Fuzzy para avaliação desse processo produtivo e a identificação do nível de Maturidade do Lean Manufacturing.

A partir do Fluxograma do Processo de Fabricação e de entrevistas com especialistas, foi possível determinar as variáveis mais relevantes e estabelecer os requisitos para o modelo Fuzzy que avalia o processo produtivo. Com as variáveis de entrada e saída mais significativas em mãos, foram criados modelos matemáticos para avaliar o nível ideal de Maturidade Lean, desenvolvendo-se, assim, as regras de inferência Fuzzy para o modelo de maturidade.

O sistema Fuzzy proposto gerou cinco classificações: “No lean”, “Low Lean”, “Medium Lean”, “Lean” e “High Lean”, baseadas nas diferentes variações do nível de aplicação das ferramentas utilizadas no estudo. Dessas classificações, duas indicaram sucesso potencial para a Maturidade Lean dos processos, permitindo que a Empresa MCJV estabeleça parâmetros para manter os processos nos níveis Lean ou High Lean.

A aplicação do modelo desenvolvido demonstrou que a avaliação da Maturidade Lean através da aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing no Processo Produtivo, utilizando a metodologia Fuzzy, é viável para auxiliar as observações desejadas. Isso permite compreender o impacto de cada variável linguística no resultado da pesquisa, indicando como a Empresa MCJV pode utilizar as informações obtidas para melhorar seu sistema e, conseqüentemente, sua eficiência.

É importante destacar que o estudo foi focado em apenas um setor da empresa, o que não limita o sucesso da aplicação do método Fuzzy em outros setores da organização. A abordagem tem a vantagem de não exigir um aparato complexo em termos de programação matemática, pois os dados utilizam a linguagem subjetiva de classificação e o conhecimento dos especialistas para tratar e interpretar as informações. Portanto, considera-se que o objetivo inicial de propor uma metodologia diferenciada para avaliação da Maturidade do Lean Manufacturing, baseada na lógica fuzzy, foi alcançado.

Nesse sentido, sugere-se o uso apropriado dessa técnica para contribuir com a melhoria e o alcance dos processos ideais nos diversos segmentos empresariais. A utilização da Lógica Fuzzy constitui, portanto, uma ferramenta simples, mas dinâmica, para alcançar resultados mais rápidos sobre a Maturidade Lean do Processo Produtivo.

Sugestões para Trabalhos Futuros

Para pesquisas futuras, recomenda-se estudar a implementação da lógica fuzzy na validação de outras metodologias ou processos, como o nível de maturidade de um sistema de manutenção produtiva total com saídas semelhantes às apresentadas nesta pesquisa, nível de desperdícios, ou validação da capacidade intelectual de colaboradores do chão de fábrica. Isso poderia definir variáveis para um nível de aproveitamento excelente (alto), padrão (médio), básico (baixo), iniciante (muito baixo), entre outros, pois esses desperdícios podem ser significativos e influenciar o desempenho de um processo. Outra recomendação seria a análise da Maturidade Lean dos Processos Produtivos utilizando mais ferramentas, pois a eficiência produtiva tende a aumentar com a implementação de mais ferramentas lean.

7 – Referências (apenas as mencionadas neste documento):

MOREIRA, S. P. S. Aplicação das Ferramentas Lean. Caso de Estudo. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. The Machine that changed the World. [s.l.] Simon and Schuster, 1990. ZADEH, L. A- Fuzzy Sets, Information and Control, p.338-353, 1965.

DEVERAS, A. M. Proposta de implementação do Lean Manufacturing em indústrias de pequeno porte. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

SILVA, M. F. Uma proposta de aplicação da Lógica Fuzzy no Ensino Médio. Disponível em: . Acesso em: 14 de julho de 2018, 21h45min.

SILVA, C. C. M. et al. Application of Lean manufacturing tools: a case study in a mattress factory. Journal of Lean systems, v.4 , n.1, pp. 87-104, 2019.

GASTL, C. E. Proposta de melhorias no processo produtivo de uma indústria alimentícia do Paraná através do acompanhamento do indicador de eficiência global OEE. 2017. 56 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

TUBINO, D. F. Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015.

8 – Apêndice – comprovante que a pesquisa foi aplicada



Manaus, 11 de Outubro de 2021.

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que o Sr (a). **RAQUEL BORGES SOARES**, portador(a) do CPF nº 747004802-20, trabalha na empresa Climazon Industrial LTDA desde o dia 16/03/2017, na função atual de **Especialista de Engenharia de Processos** e com o horário de trabalho das 07h10 às 17h13.

No dia **08/10/2021(sexta)** ela permaneceu na empresa até às **20h** para atendimento de uma demanda de trabalho.

Ficamos a disposição para quaisquer informações necessárias.

Atenciosamente,


Matheus Oliveira
Recursos Humanos
Climazon Industrial LTDA.

04.222.931/0001-95
CLIMAZON INDUSTRIAL LTDA
Av. Torquato Tapajós, Nº 937
Lotes 14 e 14B, Tarumã
CEP 69041-025
MANAUS AM

*Solicitação de prorrogação pelo Sr. Anderson S. Louzeiro e
Procurador Sr. Henrique em 18/10/21...*

CLIMAZON INDUSTRIAL LTDA. - CNPJ: 04.222.931/0001-95
AV. TORQUATO TAPAJÓS, 937 LOTE B - TARUMÃ - CEP: 69041-025

Alberto de Souza Bezerra
Diretor

9 – Link seguido do print do artigo relacionado ao PTT:

<https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol25-issue10/Ser-4/E2510043141.pdf>

IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)

e-ISSN:2278-487X, p-ISSN: 2319-7668. Volume 25, Issue 10. Ser. 4 (October. 2023), PP 31-41
www.iosrjournals.org

Fuzzy Model To Assess The Level Of Lean Manufacturing In A Commercial Air Conditioning Manufacturer

Raquel Borges Soares ¹, Manoel Henrique Reis Do Nascimento ²

¹*Academic, Of The Post Graduate Program In Engineering, Process Management, Systems And Environmental (PGP.EPMSE) – Institute Of Technology And Education Galileo Of The Amazon – ITEGAM.*

²*Professor, Of The Post Graduate Program In Engineering, Process Management, Systems And Environmental (PGP.EPMSE) – Institute Of Technology And Education Galileo Of The Amazon – ITEGAM.*

Abstract:

Background: Proper management of factory floor resources have fundamental importance for the financial health and survival of the companies. Organizations that work with high levels of waste lose competitiveness due to constantly directing their efforts and investments into corrections instead of new technologies. Waste must be studied and eliminated or mitigated to guarantee the generation of profit. For this purpose, the company chosen as the object of application of the research started using the tools of the Lean manufacturing methodology. This work aims to implement a model for evaluating the level of Lean Manufacturing based on fuzzy inference in this company that is in the process of lean transformation and whose organizational culture was not initially established with the pillars of lean manufacturing. To create the model, the entire production process was mapped, the process steps were defined and four of the tools already implemented by the company such as 5S, VSM (value stream map), TPM (total productive maintenance) and SMED (single minute exchange of die) were set as the variables. The model adopted to determine the Lean level was based on computer simulation as a tool based on fuzzy logic. The application of the developed model shows that the assessment of Lean Maturity to be used through the fuzzy methodology proved to be feasible to assist in the desired validations, allowing understanding the impact of each linguistic variable in the research result, pointing out how the Company "MCJV" can use the information obtained to improve the Lean transformation management process. A great advantage of the created model is the possibility of being adjusted to any type of organization, it means that input and output variables can receive other linguistic values. As a future suggestion for research, we can include new entries, such as VOP (voice of process) or PSP (problem solving).

Materials and Methods: The methodology was developed in three phases: 1. Definition of Lean Manufacturing Level Indicators; 2. To set Fuzzy "Inference" System; 3. Experiment with the Proposed Model. Each phase is composed by more stages that will drive the results obtained in the research. The proposed Fuzzy system Succeeded to show the Lean maturity level through the impact of the lean tools implementation when simulated with the different levels of the input variables.

Results: The rule base of the model resulted in 81 rules for analysis. One of the outputs that can be found in the rule 73 such as IF "5S Tool" = High, "TPM Tool" = High, "SMED Tool" = Low and "VSM Tool" = Low THEN the Lean Maturity = Medium Lean, each applied rule can result in different level of maturity. A medium lean can be an advice about which direction the company should put efforts to improve the path of lean transformation.

Conclusion: The implementation of Fuzzy methodology proved to be feasible to support on the identification of the Lean maturity level giving to the company the opportunity to focus on the tools that need improvement, allowing waste reduction and profit increase.

Key Word: Lean manufacturing; Lean maturity; Fuzzy logic.

Date of Submission: 06-10-2023

Date of Acceptance: 16-10-2023

I. Introduction

In an increasingly competitive scenario, industries need to constantly reevaluate their processes in order to always make them aligned with market demands. There are some guiding factors for decision-making in the industry, among them are those related to productivity, which are considered key factors, as they directly influence market competitiveness. The production process needs to be adequate taking into account the demand for volume, quality, technology and delivery, which generally influence the end customer when choosing the product. In addition to these factors, employee satisfaction related to the workplace, attention to their observations and requests for improvement have a direct impact on the results of a production process, which affects the entire subsequent chain of results.

One of the most used strategies for increasing productivity with a customer focus in industries today is the implementation of Lean manufacturing methodology tools such as waste analysis, implementation of kaizen

