



## SELEÇÃO DE FORNO ELÉTRICO PARA UMA PADARIA ARTESANAL A PARTIR DO MÉTODO MULTICRITÉRIO AHP-GAUSSIANO

Mariane Emanuelle Pessoa Santos (UFCG) marianeperson1@gmail.com  
Mateus José de Siqueira Silva (UFCG) mateussiqueirasilva4@gmail.com  
Andressa Soares da Silva (UFCG) Andressa.soares6@gmail.com  
Maítala Andréia Andrade Alves de Souza (UFCG) maitala85@gmail.com  
Júnior Alves de Araújo (UFCG) junior.al.araujo@gmail.com

### Resumo

A tarefa de seleção de fornos elétricos para a indústria de panificação, pode se tornar uma questão difícil, tendo em vista, a quantidade de opções disponíveis no mercado e as diferentes características apresentadas por cada modelo. Neste sentido, o referido trabalho tem por objetivo a seleção de um forno elétrico turbo para uma padaria localizada no interior do estado de Pernambuco, que se enquadre nos critérios julgados mais relevantes pelo decisor, que nesse caso são: preço, largura, profundidade, capacidade produtiva e consumo elétrico. O método escolhido para realização do processo decisório foi o AHP-GAUSSIANO, uma variação do método AHP tradicional, partindo da análise quantitativa realizada, o modelo de forno selecionado foi o FTE10T220, apresentando destaque nos critérios de preço e largura.

**Palavras-Chave:** AHP-Gaussiano, Fornos industriais, Padaria, Tomada de decisão.

### 1. Introdução

No atual contexto em que as empresas estão inseridas, a tomada de decisão não compreende apenas a opinião do decisor, dados são cada vez mais coletados para auxiliar nessa tarefa, a qual está presente em todos os segmentos do mercado. A panificação é um segmento que necessita de processos decisórios assertivos para garantir a qualidade do produto final e conseqüentemente a satisfação dos clientes, principalmente no que se refere à seleção das máquinas e equipamentos do processo produtivo.

No mercado existem vários tipos de fornos para pães, com diferentes modelos, tamanhos, formas de abastecimento de energia (elétricos ou a gás), capacidade de produção e outras características que podem ser atraentes ao comprador, desse modo, a análise visando apenas a economia na compra pode não ser a mais adequada, assim como a compra mais cara não



garante a qualidade e o bom funcionamento do maquinário para a tarefa à qual irá desempenhar.

Com o grande número de alternativas presentes no mercado, a tomada de decisão torna-se cada vez mais complexa, por isso a necessidade da utilização de modelos matemáticos (LOUSADA; POMIM, 2011). Neste sentido, a escolha de qual forno irá atender melhor a realidade enfrentada pela empresa, pode ser tomada com o auxílio de modelos Multicritério de Apoio a Tomada de Decisão (AMD).

Posto isso, o presente trabalho tem por objetivo selecionar um forno industrial para uma padaria de modelo empresarial simplificado MEI, localizada no interior do estado de Pernambuco, a partir do método multicritério AHP-GAUSSIANO, utilizando como forma de análise critérios preestabelecidos julgados de maior relevância para o estudo.

## **2. Referencial teórico**

### **2.1 Tomada de decisão**

De acordo com Préve, Moritz e Pereira (2012), os processos de tomadas de decisão são frequentes em toda organização e as pessoas constantemente se deparam com situações em que precisam analisar, pesquisar, escolher e agir diante das poucas ou muitas alternativas que lhes são dadas para decidir. Entretanto, em face da globalização, estudiosos vêm desenvolvendo novas técnicas administrativas e informacionais que utilizem procedimentos quantitativos oriundos da Matemática e Pesquisa Operacional para auxiliar o processo decisório.

A tomada de decisão pode ser feita por uma única pessoa/tomador de decisão ou por um grupo de pessoas formando um grupo de tomadores de decisão com o intuito de alcançar o melhor resultado para um determinado problema. Ela é aplicada sempre que um problema precisa ser resolvido, mesmo que esse problema seja sobre uma única solução. Focar em questões específicas é benéfico e permite alinhar adequadamente todos os esforços com o processo. (GOMES; GOMES, 2019, p.1).

## 2.2 AHP clássico

Saaty (2008), indica que todos nós somos fundamentalmente decisores. Visando maximizar a assertividade em tomadas de decisão foi apresentado por ele a abordagem multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process), que funciona com séries de comparações entre os elementos de uma decisão. Para tal análise, Saaty (2008) propôs então uma escala nomeada com seu próprio nome “Escala de Saaty” apresentada no Quadro 1.

Quadro 1- Escala de Saaty

Escala numérica	Escala conceitual	Descrição
1	Igual	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o objetivo
3	Moderada	O elemento comparado é ligeiramente importante ao outro
5	Forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro
7	Muito forte	O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática
9	Absoluta	O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência possível a seu favor

Fonte: (SAATY, 2008)

O método é caracterizado por sua eficiência, capacidade e aplicabilidade, permitindo que sua aplicação se estenda entre várias áreas, das quais podemos citar: Planejamento Estratégico (Emshoff & Saaty, 1982), Marketing (Armacost & Hosseini, 1994) e Avaliação do Nível de Consenso do Grupo (Bryson, 1996), Escolha de financiamento no transporte aéreo (Granemann & Gartner, 1998), Programas de qualidade e produtividade (Figueiredo & Gartner, 1999) e Análise de projetos (Gartner et al., 1998).

## 2.3 AHP-Gaussiano

Não é novidade a criação de novas abordagens oriundas do método AHP. SANTOS, COSTA & GOMES (2021) propuseram uma nova visão da abordagem do método, que agora aplica o fator gaussiano, de forma a dispensar a escala proposta antes por Saaty e garantindo uma tomada de decisão com valores reais das especificações do objeto ao qual será submetido a tomada de decisão.

Baldini (2021), explica o AHP-GAUSSIANO como uma proposta que “visa propor uma nova abordagem para o método AHP, sem a dependência da matriz de avaliação entre os critérios,

sendo que para os cálculos deve-se utilizar a média e o desvio padrão para a obtenção do ranking das alternativas.”.

As etapas do método AHP-GAUSSIANO são descritas como: (SANTOS; COSTA; GOMES, 2021).

- i. A primeira etapa do método é estabelecer a matriz de decisão, com as alternativas e critérios a serem julgados no processo decisório;

Após estabelecer a matriz de decisão, é realizada a normalização dos atributos, para valores que se queira maximizar, monotônico de lucro, utiliza-se a fórmula (1).

$$N = \frac{a_{ij}}{\sum a_{ij}} \quad (1)$$

Para valores que o objetivo seja a minimização, monoatômicos de custo, utiliza-se a fórmula (2).

$$N = \frac{\left(\frac{1}{a_{ij}}\right)}{\left(\frac{\sum a_{ij}}{a_{ij}}\right)} \quad (2)$$

- ii. A segunda etapa é calcular a média das alternativas do problema;
- iii. A terceira etapa é calcular o desvio padrão de cada alternativa para cada um dos critérios;
- iv. Na quarta etapa é calculado o fator Gaussiano para cada critério;
- v. A quinta etapa é multiplicar o fator Gaussiano pela matriz de decisão
- vi. A sexta etapa consiste na normalização dos resultados; e por último
- vii. Na sétima etapa se tem a ordenação das alternativas.

### 3. Metodologia

Construído como uma pesquisa quantitativa de caráter exploratório, baseada em estrutura de modelo multicritério de apoio à tomada de decisão, o presente estudo foi elaborado em quatro etapas que podem ser visualizadas no fluxo metodológico mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxo metodológico



Fonte: Autoria própria (2023)

A primeira etapa da metodologia consistiu em identificar o problema, que neste caso, se refere a uma empresa do ramo alimentício de produtos de panificação em geral situada na cidade de Sertânia, interior do estado de Pernambuco, a qual desejava realizar a seleção do melhor forno elétrico industrial para preparação de seus produtos, especialmente para a produção e pães e bolos.

Na segunda etapa realizou-se a coleta de dados referente às informações que seriam utilizadas para a modelagem matemática no AHP-GAUSSIANO do referido problema. A coleta foi feita em dados secundários através de sites.

Na terceira etapa decidiu-se que os critérios mais pertinentes ao tomador de decisão seriam: Preço para aquisição do maquinário, capacidade de produção, largura do equipamento, profundidade e o consumo de energia elétrica durante a jornada de trabalho. Ainda nessa etapa decidiu-se os modelos disponíveis no mercado que seriam utilizados no estudo: FTDET10, FTE10T220, FTE300220T, FTDET8 e PRP-10000 STYLE. Após a filtragem dos modelos foram adicionados juntos aos critérios já com seus valores monogâmicos de maximização ou minimização para realização do cálculo matemático do método feito em

VBA em Excel, desenvolvido por Baldini et al (2021), para modelagem e processamento dos dados obtidos.

Por fim, na quarta e última etapa obteve-se o resultado do melhor forno turbo elétrico, bem como o ranking das melhores opções de forno.

#### 4. Resultados

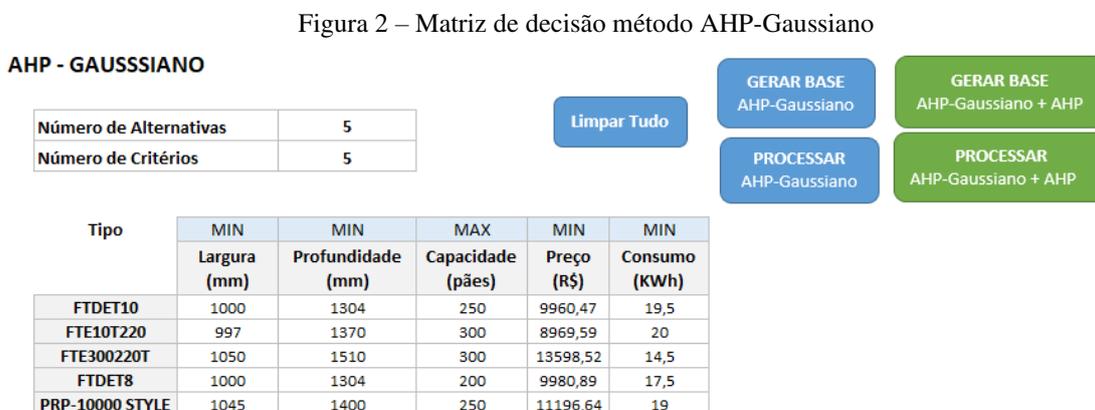
##### 4.1 Aplicação de análise multicritério

A análise multicritério foi aplicada na escolha do forno turbo elétrico que será utilizado no assamento de pães e bolos, esse tipo de forno permite variações de temperaturas em tempo ágil, além de fornecer temperaturas mais estáveis, o que proporciona que o processo de assamento ocorra de modo uniforme.

Desse modo, escolheu-se utilizar o método compensatório AHP-Gaussiano, uma vez que serão analisados critérios quantitativos para seleção do forno. Para isso, considerou-se 5 alternativas de fornos, as quais serão analisadas com base em 5 critérios, sendo eles: largura, profundidade, capacidade, preço e consumo de energia.

Para a escolha dos critérios levou-se em consideração o espaço disponibilizado para a área da cozinha que possui tamanho limitado, a capacidade mínima de 200 pães por fornada, visando o atendimento da demanda de forma ágil, o consumo energético e o preço de aquisição do maquinário, de modo a reduzir os custos.

A Figura 2 ilustra os dados de entrada para a modelagem do método AHP-Gaussiano.



Os critérios largura, profundidade, preço e consumo devem ser minimizados, dessa forma, classificam-se como critérios monotônicos de custo, onde obtém-se uma melhor avaliação aqueles que possuem o menor valor. Já o critério capacidade se qualifica como um critério de benefício, pois quanto maior o valor que lhe é concedido, melhor é a sua classificação.

A partir da Figura 3 visualiza-se através do Rank que o modelo FTE10T220 apresenta-se como a melhor alternativa entre as cinco analisadas e o modelo PRP-1000 STYLE apresentou-se como a pior opção de compra. Além disso, pode-se observar também as medidas referentes à média, ao desvio padrão e ao Fator Gaussiano.

Figura 3 - Matriz de decisão normalizada e resultado final

	Largura (mm)	Profundidade (mm)	Capacidade (pães)	Preço (R\$)	Consumo (KWh)	AHP-G	RANK
<b>FTDET10</b>	0,20356948	0,210666928	0,192307692	0,211395	0,18313579	0,197911	3
<b>FTE10T220</b>	0,20418202	0,200518011	0,230769231	0,234748	0,1785574	0,21377	1
<b>FTE300220T</b>	0,19387569	0,181926937	0,230769231	0,15484	0,24628606	0,20615	2
<b>FTDET8</b>	0,20356948	0,210666928	0,153846154	0,210962	0,2040656	0,191625	4
<b>PRP-10000 STYLE</b>	0,19480333	0,196221196	0,192307692	0,188056	0,18795515	0,190544	5
<b>Média</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
<b>Desvio Padrão</b>	0,00518373	0,01192424	0,032179232	0,030164	0,02760523		
<b>Fator Gaussiano</b>	0,02591865	0,059621202	0,160896159	0,150821	0,13802613		
<b>Fator G. Norma.</b>	0,04842041	0,111382467	0,300581179	0,28176	0,2578561		

Fonte: Autoria própria (2023)

Como evidenciado por meio do método AHP-Gaussiano, o modelo FTE10T220 da marca *Compact*, foi selecionado como a melhor alternativa de forno elétrico dentre as demais, apresentando o menor custo de aquisição e maior capacidade. O forno escolhido a partir da análise multicritério está apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Forno *Compact* modelo FTE10T220

Fonte: Autoria própria (2023)

## 5. Considerações finais

Este trabalho baseia-se na utilização de um método multicritério AHP-Gaussiano para o problema de seleção de um forno elétrico para uma empresa de panificação localizada no interior de Pernambuco. Para realizar a seleção, analisou-se 5 fornos industriais no mercado a partir de 5 critérios, que foram estabelecidos de acordo com as necessidades declaradas pela organização. Os resultados obtidos apresentam um ranking de melhores alternativas, mostrando de forma consistente qual é o melhor e o pior modelo para realizar a aquisição.

Dessa forma, o modelo FTE10T220 da marca *Compact* apresentou-se como a melhor opção, enquanto que o modelo PRP10000 *STYLE* mostrou-se como a pior alternativa para compra. Os resultados deste trabalho enfatizam a importância do uso de uma abordagem multicritério, a qual é considerada uma ferramenta indispensável para auxiliar na tomada de decisões nos setores de panificação.



## REFERÊNCIAS

ARMACOST, R., HOSSEINI, J. Identification of determinant attributes using the analytic hierarchy process. *Journal of the Academy of Marketing Science*, Coral Gables, Flórida., v.22, p.383-393, 1994.

BALDINI, Fabio; SANTOS, Marcos.; COELHO, Leandro dos Santos; MARIANI, Viviana Cocco. AHP - GAUSSIANO em VBA (v.1) 2021.

BRYSON, N. Group decision-making and the analytic hierarchy process: Exploring the consensus-relevant information content. *Computer Operations Research*, Pergamon, Oxford, v.23, n.1, p.27-35, 1996.

EMSHOFF, J.R.; SAATY, T.L. Applications of the analytic hierarchy process to long range planning processes. *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v.10, p.131-143, 1982.

FIGUEIREDO, A.; GARTNER, I.R. Planejamento de ações de gestão pela qualidade e produtividade em transporte urbano, in *Transporte em Transformação II*. São Paulo, Makron, 1999.

GARTNER, I.R.; CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B.H. Um sistema multicriterial de apoio à análise de projetos em bancos de desenvolvimento. *Revista Produto & Produção*, CEREPBR, Porto Alegre, v.2, n.3, p.75-86, 1998.

GRANEMANN, S.R.; GARTNER, I.R. Seleção de financiamento para aquisição de aeronaves: Uma aplicação do método de análise hierárquica (AHP). *Revista Transportes*, Rio de Janeiro, v.6, p.18-40, 1998.

LOUSADA, Mariana; POMIM VALENTIM, Marta Lígia. Modelos de tomada de decisão e sua relação com a informação orgânica. *Perspectivas em ciência da informação*, v. 16, p. 147-164, 2011.

PRÉVE, Altamiro Damian; MORITZ, Gilberto de Oliveira; PEREIRA, Maurício Fernandes. *Organização, processos e tomada de decisão*. Florianópolis, SC: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2010.

SANTOS, Marcos dos; COSTA, Igor Pinheiro de Araujo; GOMES, Carlos Francisco Simões. Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the AHP method. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 13(1). 2021.