



APLICABILIDADE DO MÉTODO SAPEVO-M NA AQUISIÇÃO DE UM SOFTWARE ESTATÍSTICO PARA UMA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

David de Oliveira Costa dcosta.doc@gmail.com UCP
Marcos dos Santos marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br IME

Resumo

Este artigo tem por objetivo, utilizar-se dos conceitos fundamentais do método SAPEVO-M (*Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors – Multi Decision Makers*) e aplicá-los como forma de ordenar três softwares estatístico, de acordo com os critérios técnicos elencados pela equipe especializada, para aquisição de um desses softwares, que será utilizado como ferramenta de análise na área de qualidade e processos de uma indústria de transformação. E baseado neste método, sinalizar ao gestor desta área, responsável pela aquisição, qual o software é o mais adequado.

Palavras chaves

Apoio Multicritério à Decisão (AMD). Método SAPEVO-M. Estatística

1. Introdução

O ambiente corporativo, por necessidade vital, deve ter um norte referencial de sua visão, o qual dela desdobrará todas as ações, políticas e, principalmente a sua estratégia. Encontrar os elementos de composição desse cenário, é parte da atividade do corpo dos colaboradores e função de cada departamento. Onde, por meio de observações, coleta de dados e de análises é possível criar projeções e ter elementos necessários para iniciar o processo de tomada de decisão, de forma coerente, racional e lógica e que tal decisão, seja o mais próximo dessa realidade. E, isso deverá ser seguido de uma métrica fundamental: o tempo de resposta. Ao idealizar o cenário em questão, o tempo de reação definirá o sucesso ou não da ação. Assim como o nosso cérebro, que realiza inúmeras leituras e sinais emitidos do nosso corpo ou oriundo de fora dele e, que diante desses *inputs* são projetados cenários e, dependendo de cada cenário um output será emitido. Uma dinâmica similar, ocorre no ambiente corporativo. A interpretação de cada *input* registrado, fará composição de um modelo macro que deverá ser convertido em informação concreta e, com isso as ações serão redefinidas ou reposicionadas.

Bataglia (2011) entende que as práticas do cotidiano corporativo, devem refletir e apontar para a visão do negócio e que as ações, nos planos táticos e operacionais deverão corroborar para o atendimento da estratégia corporativa. Diante disto, é necessário que haja um estreito alinhamento nas atividades de análise do processo e, que elas sejam amadurecidas ao ponto de se tornarem potenciais aspectos da melhoria contínua. Logo, um fator relevante nesse contexto, está no investimento. Que poderá ser compreendido como um item de agregação de valor para o cliente e, conjunto com outro ponto fundamental que é o desenvolvimento dos colaboradores. Tendo em vista que a interação com softwares específicos e elementos da estatística aplicada ao processo de fabricação, requer uma especialização e habilidades específicas.

É necessário entender a tecnologia como um meio ou um recurso elementar para manutenção e desenvolvimento do negócio. Ao abordar esse tema, Klotz et al (2010) entendem que o foco principal, ao adotar o uso da tecnologia, não deve ser o software ou o hardware, mas a junção dessa tecnologia com o ser humano e os seus desdobramentos e possibilidades que possam gerar. Não se trata de substituição de conhecimentos, mas potencializar o argumento analítico e o fator de conhecimento retido nesta corporação.

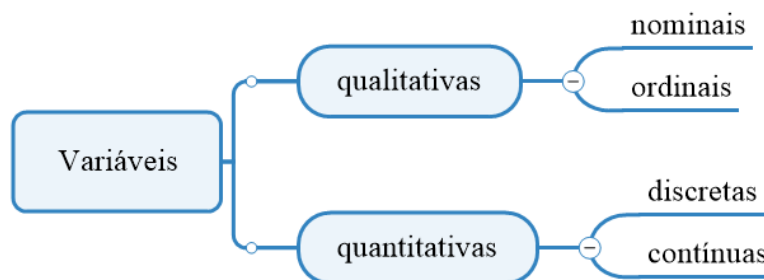
2. Desenvolvimento

2.1. Controle de processos

Será impossível abordar o tema Controle de Processos sem que seja mencionado à Gestão da Qualidade. O principal propósito da gestão do processo é garantir a qualidade do produto e minimizar os impactos financeiros da corporação (empresa). Esse pensamento foi estruturado pelo *Dr. Shewhart*, que percebeu, ainda nos anos 1930, a necessidade de incorporar elementos e conceitos da Estatística no processo de fabricação, como forma de minimizar os impactos da não-qualidade nos indicadores financeiros. Atualmente, essa área do conhecimento é conhecida como Controle Estatístico de Processo (CEP), que inicialmente era chamada de Controle Econômico de Processos. Atualmente, torna-se inaceitável e de difícil compreensão que alguma empresa não se utilize de algum método de monitoramento do seu processo. Pois, por meio dessa atividade, é possível identificar oportunidades de melhoria e eventuais correções durante o processo de fabricação, evitando eventuais passivos.

Segundo Paladini (2019), um método simples de inserção prática desse conceito é o uso de cartas de controle (gráfico de controle) que, de forma simples insere uma carga significativa de estatística e torna o processo de fabricação mais robusto. Dependendo do tipo de variável (contínua, discretas ou categóricas), um gráfico de controle (GC) poderá ser aplicado para entender se esse processo está ou não sob controle e, diante do resultado tomar uma decisão. Segue, na Figura 1, uma visão da aplicabilidade do gráfico de controle em função da respectiva variável.

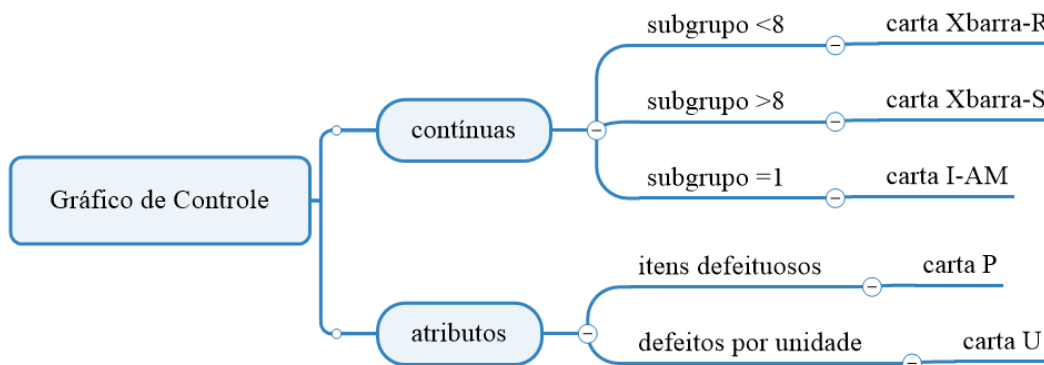
Figura 1: Tipos de variáveis



Fonte: Autoria própria

Apenas com tal entendimento, é possível gerar um gráfico de controle e conhecer o comportamento rela do processo em análise. A seguir, na Figura 2, pode-se notar os tipos de gráficos de controle em função do tipo de variável.

Figura 2: Tipos de Gráficos de Controle



Fonte: Adaptado tutorial software Minitab

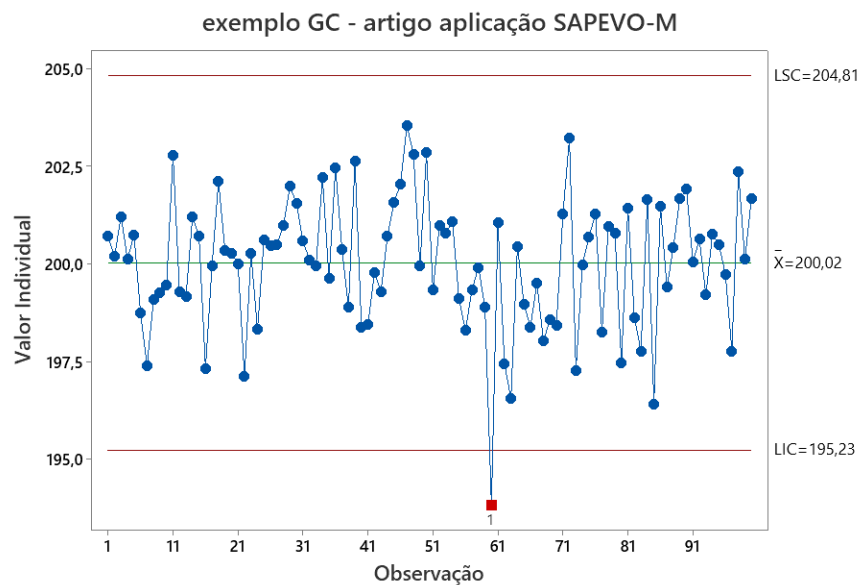
Os gráficos de controle são utilizados devido à sua fácil interpretação de cenários, após inputs dos dados do processo. Como observa-se abaixo, no Gráfico 1, um exemplo de Gráfico de controle com dados com variação comum (oscilação normal e voluntária do processo) e variação de causa especial (quando há interferência ou perturbação que não reflete à realidade normal do processo e, necessita de uma intervenção, de uma tomada de decisão).

Na indústria, o Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma ferramenta que utiliza a estatística com o objetivo de fornecer informações para um diagnóstico mais eficaz na prevenção e detecção de falhas/defeitos, identificando suas causas em tempo real, o que, conseqüentemente, auxilia no aumento da produtividade/resultados da

empresa, evitando desperdícios de matéria-prima, insumos, produtos etc. (IGNÁCIO, 2010, p. 9).

No exemplo a seguir, pode-se entender como o ponto em destaque, na cor vermelha (ponto na linha 60).

Gráfico 1: Gráfico de Controle

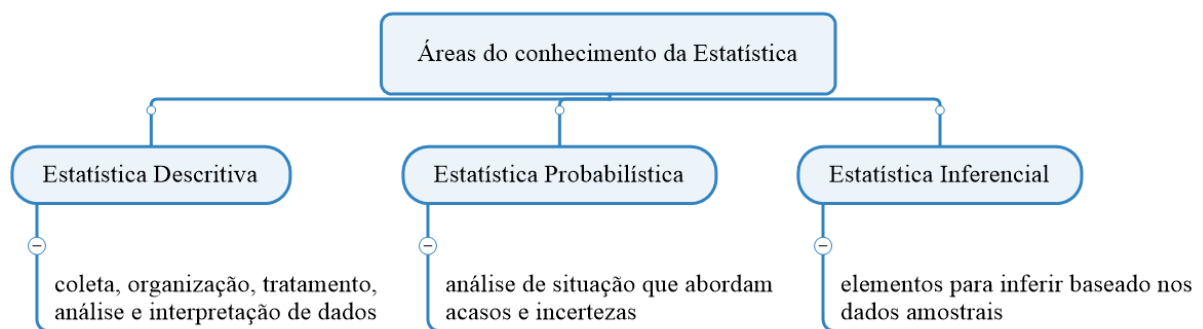


Fonte: Autoria própria (2021)

2.2. Áreas do conhecimento da Estatística

De forma genérica, pode-se definir e entender a Estatística como um ramo da matemática que, se utiliza de um conjunto de técnicas aplicadas sistematicamente para: agrupar, analisar e entender uma base de dados. E, com isso poder realizar inferências sobre esses dados. Para Silva (2015) a Estatística é a ciência de analisar dados e extrair conclusões para uma assertiva tomada de decisão, *baseada em fatos e dados*. Pode-se classificar as áreas da Estatística em três, conforme segue detalhada na Figura 3: Estatística Descritiva, Estatística Probabilística e a Estatística Inferencial.

Figura 3: Áreas do conhecimento da Estatística



Fonte: Autoria própria (2021)

2.2.1. Estatística Descritiva

A abordagem da estatística descritiva, pode-se ser compreendida como a de coletar e apresentar características da base de dados em questão. Silva (2015) define essa área de estudo como elementar para sumarizar e classificar uma base de dados em grupos. Para o entendimento global, nesse contexto, é necessário entender alguns termos e conceitos, como destacado abaixo:

Dados: são pontos observados ou medições que descreverá alguma característica específica.

Variáveis: pode-se entender como uma característica física ou mensurável e são subdivididas em *quantitativa* e *qualitativa* que são expressas por *atributos*, *discretas* ou *contínuas* (altura, cor da pele, condição de aberto ou fechado etc.).

População: é um conjunto de dados e características e, que pode ser finita ou infinita.

Amostra: é uma parte da população que será separada para estudo, análise e inferência de alguma afirmação.

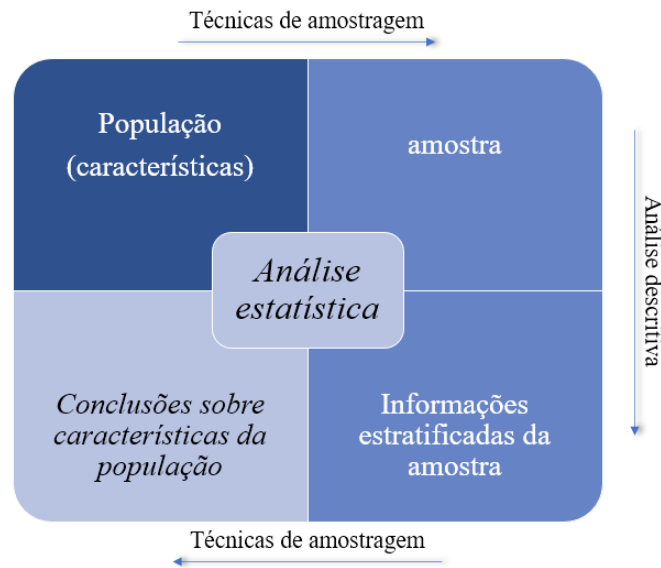
2.2.2. Estatística Probabilística

A definição do termo *probabilidade*, segundo o dicionário *Oxford languages*, do Latim *probare*, expressa algo como testar ou experimentar para, diante de alguma afirmação, gerar pontos de minimizar a incerteza. Para Silva (2015), a probabilidade atuará como uma conexão entre a *estatística descritiva* e a *estatística inferencial*, de forma a permitir a conclusão sobre algo de uma população, baseada numa amostra, com a *margem de erro* devidamente definida.

2.2.3. Estatística Inferencial

Certamente, esse é um tópico especial na estatística. Pois, tratará de temas como a estimação de parâmetros e do teste de hipótese. Entender por meio de uma equação da regressão linear ou de um modelo matemático, o comportamento e dinâmica de determinado processo. Compreender ou inferir se a *média amostral do conjunto A* é maior que a *média amostral do conjunto B* ou, definir *intervalos de confiança* dessas amostras, esses casos estarão inseridos nesse campo de atuação da estatística. Segue, Figura 4, um entendimento da interdependência entre cada área abordada.

Figura 4: Padrão de amostragem e análise



Fonte: Adaptado Ignácio (2010)

2.3. Computadores e Softwares Estatísticos

Tendo por referência a inserção de máquinas no período da revolução industrial, nos anos 1860, como um marco pra sociedade, a necessidade de máquinas eletroeletrônicas vem dos anos de 1617, quando *John Nappier* desenvolvia algo para facilitar a execução da operação de multiplicação. E, que em 1678 *Leibnitz* desenvolveu um equipamento que por meio de sucessivas adições, realizava a operação de multiplicação. A necessidade de se obter um equipamento capaz de facilitar os cálculos e ajudar no entendimento de modelos matemáticos foi a motivação inicial. E, foi com essa motivação que em 1945, na escola de engenharia da Pensilvânia, surgiu o primeiro computador eletrônico, o *ENIAC*.

Mesmo passado séculos do seu surgimento até os tempos atuais, a necessidade e o propósito têm se mantido. Woiler (1970) entende que a função elementar de um computador, está em receber o input, ter a capacidade de processar, com uso de softwares específicos, e gerar um output. E, com uso de um conhecimento do processo em questão, ser capaz de interpretar esse output e tomar uma decisão. Atualmente, com técnicas do *Machine Learning* já é possível, por meio de algoritmos, agilizar o processo de tomada de decisão.

2.4. O método SAPEVO-M

Gomes et al (2020) descreve o método SAPEVO-M, como um *método ordinal*. Isso porque os inputs são ordinais e estabelece uma ordem de grandeza, que mediante a opinião do especialista, baseado no conhecimento empírico ou tácito é possível converter essa opinião numa matriz de decisão para resolver problemas do tipo γ (Gama) ou seja, resolver problemas de ordenação de alternativas. O método envolve: *decisores, alternativas e critérios*, e essa composição gerará um vetor de decisão (vetor coluna), baseado na opinião de cada decisor.

Em síntese, o método segue as seguintes etapas e passos:

1. Transformar as preferências ordinais entre os critérios em um vetor de pesos dos critérios.
2. Transformar as preferências ordinais entre as alternativas para cada critério em parciais das alternativas.
3. Determinar o peso global das alternativas

Etapa 1: Os critérios

C_i e C_j = critérios de um conjunto ou grau de preferência

$$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_i, \dots, C_j\}$$

$$\delta C_i C_j = 1 \leftrightarrow C_i \cong C_j$$

$$\delta C_i C_j > 1 \leftrightarrow C_i > C_j$$

$$\delta C_i C_j < 1 \leftrightarrow C_i < C_j$$

significados:

\cong “tão importante quanto”

$>$ “mais importante que”

$<$ “menos importante que”

Etapa 2: A escala de 7 pontos

$$<<< \leftrightarrow -3$$

$$<< \leftrightarrow -2$$

$$< \leftrightarrow -1$$

$$\cong \leftrightarrow 0$$

$$> \leftrightarrow 1$$

$$>> \leftrightarrow 2$$

$$>>> \leftrightarrow 3$$

Passo 3: O Decisor

Uma matriz será gerada em função da ordem de preferência de cada decisor (DM);

$$D = \{DM_1, DM_2, DM_3, \dots, DM_k\}$$

$$MDM_k = [\delta C_i C_j]$$

Fazendo uma relação com a *escala dos 7 pontos*, um vetor coluna $[v_i]$ será gerado. Em seguida, é necessário normalizar esse vetor, de forma a “nivelar” as distintas unidades de medidas, em análise, conforme segue na Figura 5, onde o decisor julgará às suas preferências.

Figura 5: Matriz de decisão da relevância do critério (análise paritária)

Matriz quadrada

	critério 1	critério 2	critério 3
critério 1	≅	>>	>
critério 2	<<	≅	<
critério 3	<	>	≅

Fonte: Autoria própria (2021)

Em seguida, será realizada a pontuação de equivalência da referida matriz e, o seu processo de normalização, conforme segue a Figura 6.

Figura 6: Matriz de avaliação da relevância do critério (análise cruzada entre critérios)

Matriz quadrada normalizada

	critério 1	critério 2	critério 3	pontuação	normalização
critério 1	0	2	1	3	1,00
critério 2	-2	0	-1	-3	0,17
critério 3	-1	1	0	0	0,00

0,0017

Fonte: Autoria própria (2021)

Quando o peso de um critério for igual a zero, por convenção adotou-se que esse peso equivalerá a 1% do maior peso subsequente, ou seja 1% de 0,17. Logo, o valor normalizado para este critério será 0,0017. Para realizar o cálculo de normalização, segue-se a notação (1) descrita na sequência:

$$v = \frac{aij - \min aij}{\max aij - \min aij} \quad (1)$$

Esse processo será repetido de acordo com o número de decisores contidos na avaliação. Que em seguida, será realizado o processo de pontuação global dos critérios, conforme exemplificado na Figura 7. Para obter a matriz coluna, basta somar o produto entre cada critério com o seu respectivo vetor normalizado e, repetir a operação em cada alternativa.

Figura 7: Matriz de decisão global

=(AE4*AH4)+(AF4*AH4)+(AG4*AH4)						
AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI

Matriz de avaliação

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Vetor normalizado	Matriz coluna
Alternativa 1	0	1	0,5	1,00	1,50
Alternativa 2	1,17	1,64	1	0,17	0,65
Alternativa 3	2	0,4	1,5	0,0017	0,01

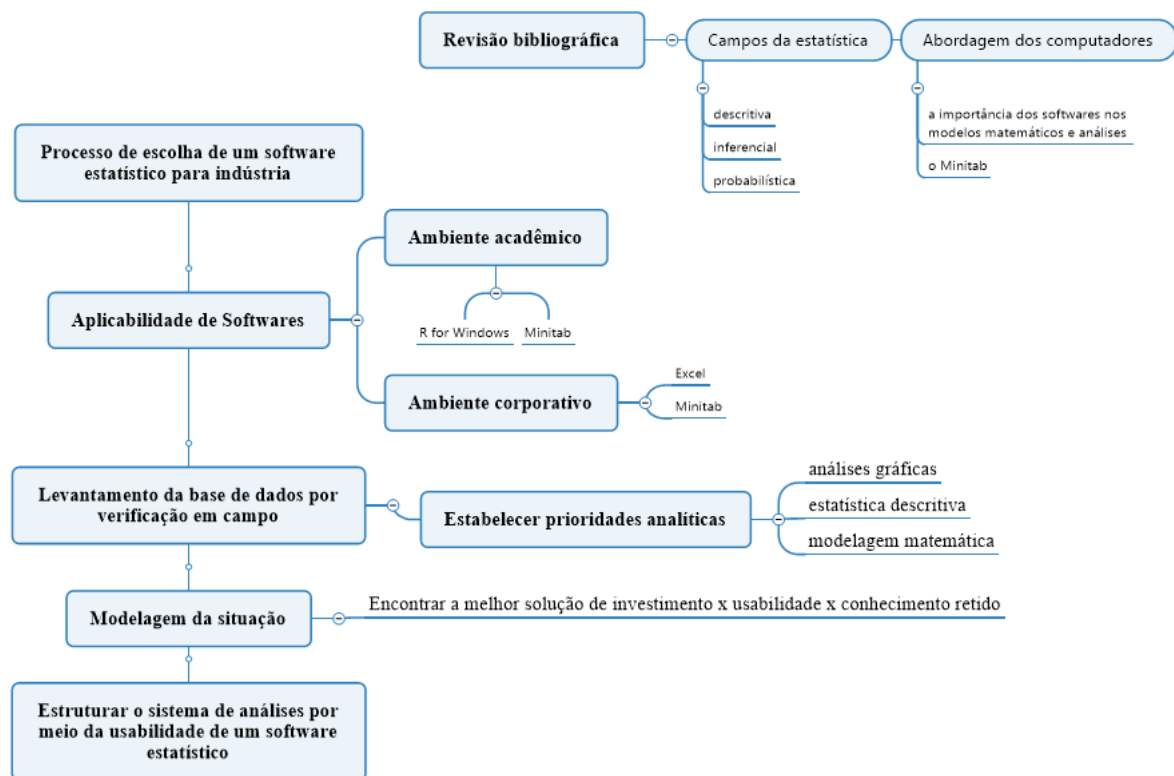
Fonte: Autoria própria (2021)

E, conforme a matriz coluna, de forma ordinária, deve-se considerar o maior fator de relevância, no ranking demonstrada, na Figura 7.

3. Metodologia de pesquisa

Este trabalho trata de uma pesquisa de campo, com visitas in loco e coleta de dados, interações com gestor da área técnica (produção, processos e qualidade) e, os analistas industriais, afim de entender quais os critérios relevantes na aquisição de um software de análises estatísticas dessa uma unidade fabril. Entendendo que esses fatores são fundamentais para estruturar a base da condução deste estudo. A estrutura lógica utilizada na condução deste artigo deu-se da seguinte forma: definição e entendimento da estratégia adotada na escolha de determinado software, conforme mencionado na Figura 8. Mediante ao entendimento desta definição, foi possível identificar os fatores críticos para estruturar a matriz vetorial e, por meio de coleta de dados gerar conhecimento sobre o processo em questão e, com isso poder inferir sobre o processo de escolha, deste objeto de estudo. Por meio de obtenção desses dados é possível gerar análises, inferências e fundamentar hipóteses com intuito de pontuar possíveis modificações no processo e entender qual a melhor opção de software. Com base nos requisitos (critérios) levantados pelos especialistas, foi possível identificar algumas opções e, com auxílio do Software SADEMON, foi aplicado o conceito do método SAPEVO-M.

Figura 8: Fluxo metodológico do artigo



Fonte: Autoria própria (2021)

4. Objeto de estudo

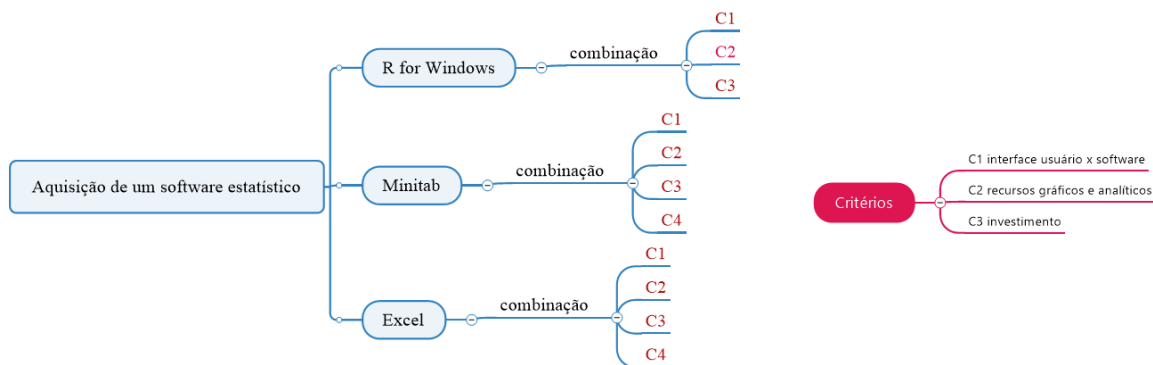
Especificamente, o estudo se desenvolveu numa indústria multinacional do segmento de embalagens para alimentos, onde há necessidade de adquirir, para área de processos, um software que seja a base analítica do processo produtivo. Dentre as opções, baseadas nos critérios citados como características críticas, pelos especialistas: interação entre o software e o usuário, recursos analíticos, saídas gráficas e o investimento necessário para aquisição e capacitação dos usuários. O método decisório utilizado nesse caso, foi o SAPEVO-M.

O método SAPEVO-M consiste, basicamente, em dois processos: primeiro, transformação ordinal da preferência entre critérios, expressada por um vetor representando os pesos dos critérios. E, em seguida é a transformação ordinal da preferência entre alternativas dentro de um determinado conjunto de critérios. Ao serem agregadas as preferências para todos os critérios, neste segundo processo, é gerada uma matriz de avaliação. O vetor resultante da multiplicação entre o vetor peso e a matriz de avaliação, indicará qual deverá ser a ordenação entre as alternativas. As informações de preferência são denotadas por uma série de comparações pareadas entre as alternativas. A relação entre as alternativas é expressa em uma escala de sete pontos, conforme modelo da tabela, na qual são mensuradas, relativamente, a importância entre as alternativas. A partir da avaliação entre alternativas, é obtido uma matriz com a representação numérica correspondente. (GOMES; SANTOS, 2018)

De acordo com o presente estudo, elaborou-se uma lista de atributos técnicos relevantes (*fatores críticos*) para analisar e entender qual a melhor composição final e, então tomar a decisão baseada nessa estrutura proposta. Os fatores e suas ponderações foram definidos com os

especialistas da área técnica que fará uso em sua rotina. Segue, na Figura 9, a estrutura esquemática da relação entre as opções de softwares e os critérios críticos.

Figura 9: Fluxograma do processo decisório de compra de produto baseado em análise multi-critério



Fonte: Autoria própria (2021)

Missaggia et al. (2020) entendem que o fluxo do processo decisório, baseado em análises hierarquicamente estruturadas prioritariamente pelo grau de grandeza, demonstram-se altamente robustas em suas etapas de validação, em seus critérios e níveis, que apontam para alternativa mais adequada ou coerente, dependendo do seu objetivo final.

Dessa forma, a matriz inicial e os fatores para iniciar os estudos comparatórios foram: *Interação usuário e software, recursos gráficos e analíticos e investimento*, e as opções dos softwares foram: *R for Windows, Excel e o Minitab*, conforme descritos na Figura 10. Neto, Santos, Gomes (2020) desenvolveram um software denominado SADEMON (SAPEVO-M Decision Making Online), do Instituto Militar de Engenharia, sob inscrição INPI: BR512020001462-3, onde os dados são inseridos e processados. O mesmo foi utilizado na resolução deste caso, conforme segue.

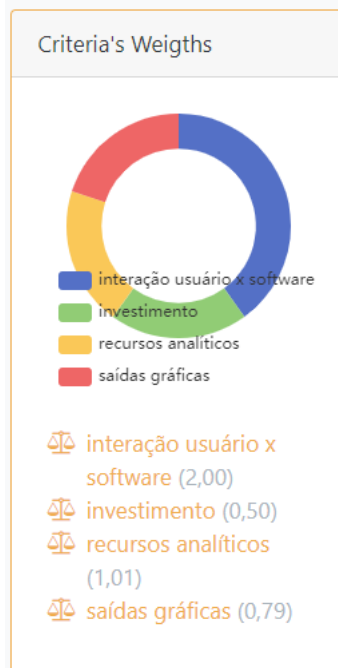
Figura 10: Matriz proporção fatores críticos

SessionID:	121042113333033 [Report Online]
Title:	Aquisição do software estatístico
Status:	<input checked="" type="checkbox"/>
Moderator:	Dcosta
E-Mail:	dcosta.doc@gmail.com
Created:	21 de Abril de 2021 às 13:34

Alternatives		Criteria	
Alternative...	Add	Criteria...	Add
R	×	interação usuário x software	×
Excel	×	investimento	×
Minitab	×	recursos analíticos	×
		saídas gráficas	×

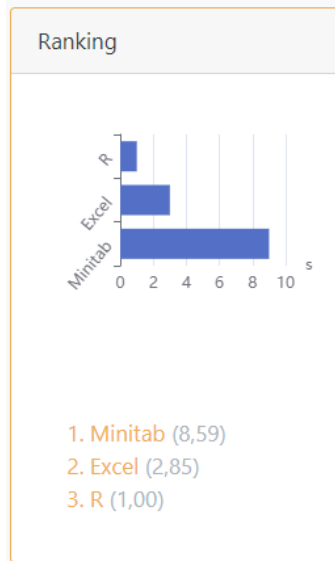
De acordo com a parametrização estabelecida, observou-se que o fator mais relevante nesse caso, para decidir sobre o software, foi a interação entre o usuário e programa, como observa-se abaixo, na Figura 11.

Figura 11: Impacto de cada critério na avaliação



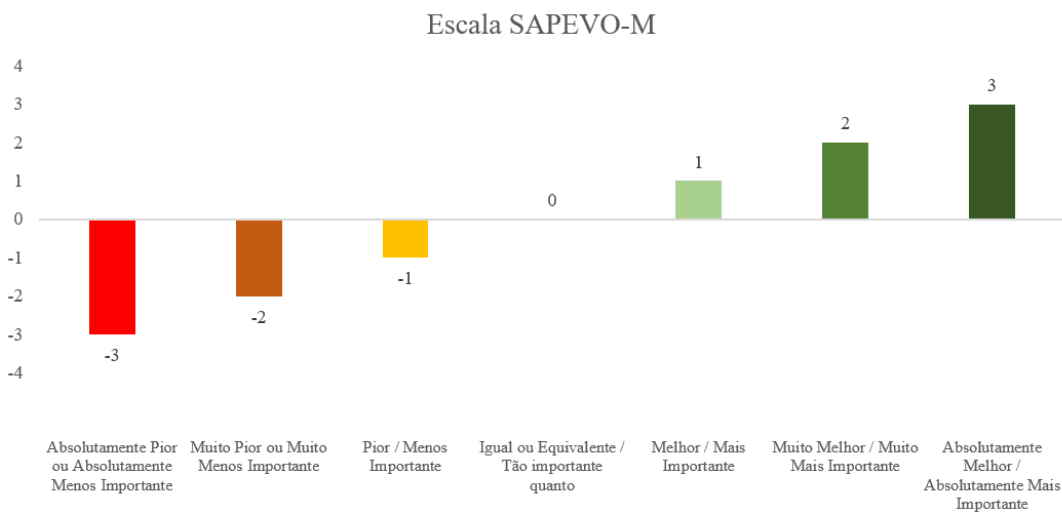
Diante do exposto, quanto ao nível de relevância para cada fator, a melhor opção para os avaliadores, que atende aos critérios, foi o software Minitab, conforme destaque na Figura 12.

Figura 12: Pareto de significância



A base de avaliação desses fatores é expressa no conceito descrito na Figura 13, onde segue um nível de grandeza, baseada na escala dos 7 pontos que considera um intervalo entre (-3 a 3), que implica nos critérios: menos relevante a mais relevante.

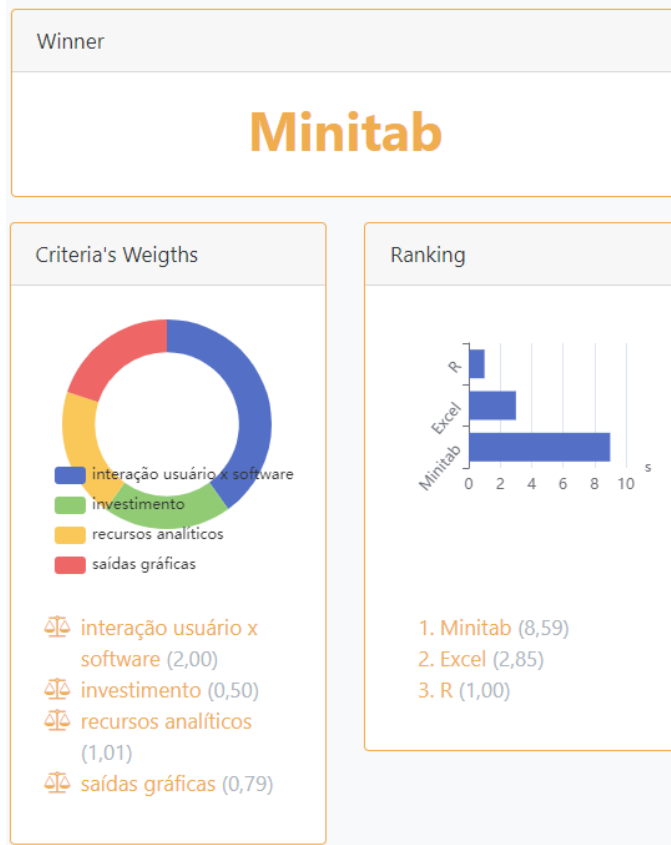
Figura 13: Escala aplicada na avaliação dos fatores



Fonte: Adaptado Gomes, Santos (2018)

Seguindo esse entendimento, a melhor configuração encontrada, foi o software Minitab, conforme a Figura 14.

Figura 14: Matriz decisão AMD



5. Considerações Finais

Diante do resultado, fica evidente que a avaliação tende a refletir o perfil dos avaliadores. Onde temos uma heterogeneidade entre pessoas da academia e pessoas do mercado (mais experientes). Importante considerar que, como mencionado durante as conversas informais, algumas opções mesmo sendo mais viável financeiramente, como por exemplo o software R for Windows, ele tem boa aceitação no público acadêmico, mas não tem a mesma aderência no ambiente corporativo. Para o software Minitab, as pessoas demonstram ter uma aceitação no ambiente corporativo como no ambiente acadêmico, visto que a interface é similar aos programas já utilizados no cotidiano profissional.

O método SAPEVO-M, bem como a estrutura AMD, são elementos simples e factíveis ao ambiente corporativo que, certamente fundamentaram o processo de tomada de decisão de forma igualitária. O estudo, bem como o processo decisório foram estruturados com auxílio do software SADEMON.

Referências

- BALAN, M.; KLOTZ, R.; SANTOS, J.; NEVES, L.; CHIMDARAM, C. (2010). **Uma Proposta de ferramentas computacionais de gestão da produção para indústria moveleira.** *Revista Ingepro.*
- BATAGLIA, W.; YU, A. (2011). **A sincronização da tomada de decisão estratégica com o planejamento formal.** São Paulo, MA: Harvard University Press.
- DAVILA, V.; LABRA, F. (2002). **Inferência e diagnóstico em modelos de Grubbs;** *Repositório Teses Unicamp;* <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/306889>. Acessado: 2021-04-25.

GOMES, C.; SANTOS, M.; TEXEIRA, L., SANSEVERINO, A.; (2020). **SAPEVO-M: a group multicriteria ordinal ranking method**; *Pesquisa Operacional*. 40. 1-20. 10.1590/0101-7438.2020.040.00226524.

IGNÁCIO, I. (2010). **Importância da estatística para o conhecimento e tomada de decisão**. Curitiba: *Nota Técnica IPARDES*.

MISSAGGIA, A.; CAETANO, N.; SILVA, D.; RUPPELT, M. (2020). **Tomada de decisão multicritério aplicada à biocombustíveis**. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v18n4.14265>. Acessado: 2021-04-10.

SANTOS, M.; GOMES, C.; OLIVEIRA, A.; COSTA, H.; **Uma abordagem multicritério para seleção de um navio de guerra de médio porte a ser construído no Brasil**; *Anais do XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Vitória/ES, 2016*.

SILVA, A. (2015). **Estatística aplicada com Minitab**. Rio de Janeiro; Editora Moderna LTDA.