

OTIMIZAÇÃO VIA SIMULAÇÃO DE UM MODELO DE ATENDIMENTO DE LIGAÇÃO: APOIO A DECISÃO ATRAVÉS DE UM MÉTODO MULTICRITÉRIO

Laura Patricia Chavarria Vindas

Prof. Dr. David Custodio de Sena

Karinne Lucena de Sena

RESUMO

Com a crescente necessidade de melhoria contínua e otimização dos sistemas produtivos, tanto simples quanto complexos, surge a necessidade por estratégias de tomada de decisão em curtos prazos. Com isso o presente estudo busca otimizar o cenário base de atendimento telefônico através da simulação, priorizando a eficiência operacional, diminuindo o tempo de espera global das ligações. Para isso, é utilizada a análise multicritério como suporte à decisão, visando a escolha do cenário mais vantajoso. Em consonância, temos que o objetivo é dimensionar o número de atendentes, para reduzir o tempo de espera global com mínimo impacto no lucro, combinando modelagem, simulação e análise multicritério. A metodologia inclui a construção de um modelo multicritério baseado no *FiTradeoff*, desenvolvida em três etapas: preliminar, modelagem de preferências e finalização. Concomitantemente, a Simulação a Eventos Discretos auxiliou na obtenção das respostas à cada interação realizada. O modelo considerou 3 critérios e 10 alternativas, obtendo uma robustez de 77,47% na análise de sensibilidade, validado pelo decisor, via Simulação a Eventos Discretos, da alternativa escolhida.

Palavras-chave: Modelagem e Simulação; Modelos de Decisão Multicritério (MCDA)

ABSTRACT

With the growing need for continuous improvement and optimization of production systems, both simple and complex, there is a need for short-term decision-making strategies. Therefore, this study seeks to optimize the base telephone service scenario through simulation, prioritizing operational efficiency, reducing the overall waiting time for calls. For this, multi-criteria analysis is used as decision support, aiming to choose the most advantageous scenario. Accordingly, the objective is to scale the number of attendants, to reduce overall waiting time with minimal impact on profit, combining modeling, simulation and multi-criteria analysis. The methodology includes the construction of a multi-criteria model based on *FiTradeoff*, developed in three stages: preliminary, preference modeling and finalization. At the same time, Discrete Event Simulation helped to obtain responses to each interaction carried out. The model considered 3 criteria and 10 alternatives, obtaining a robustness of 77.47% in the sensitivity analysis, validated by the decision maker, via Discrete Event Simulation, of the chosen alternative.

Key Words: Modeling and Simulation; Multicriteria Decision Models (MCDA)

1. INTRODUÇÃO

O contexto atual é de muitas mudanças e novos desafios surgem diariamente, seja no setor econômico, seja na política, na área social, ambiental e tecnológica, com isso as organizações buscam agilidade, eficiência, eficácia e um comportamento mais responsivo diante da sociedade que está cada vez mais complexa, diversificada e dinâmica, onde as inovações são descobertas com mais rapidez. A cada avanço tecnológico e a cada mudança de contexto, os processos devem acompanhar essas mudanças e evoluções. As organizações que querem prosperar devem estar à frente dos concorrentes em termos de tecnologia e gestão, para conseguirem atender às novas exigências do mercado, bem como estar preparadas para as mudanças constantes que ocorrem nos cenários mundiais (PRADELLA, 2012).

Nesse contexto, as organizações precisam estabelecer procedimentos organizados para o planejamento da produção, utilizando métodos analíticos, como por exemplo as ferramentas de otimização, os métodos de simulação e a análise de multicritério. Além disso, é possível destacar que a simulação é uma das várias ferramentas que possibilita a avaliação do cenário mais favorável para aperfeiçoar um sistema. Para reforçar a importância da simulação como ferramenta na gestão de processos, Mehrotra e Fama (2003) destacam a relevância dessa ferramenta nas centrais de atendimento, em que os gestores enfrentam desafios diários que envolvem equilibrar custos, qualidade de serviço e satisfação dos funcionários. Ainda reforçando o argumento, Souza (2010) explica que resolver problemas nessas centrais é complexo e requer análise constante dos impactos das decisões na operação. É essencial atender à demanda dos clientes, fornecer serviço de qualidade e garantir a satisfação dos funcionários.

Desta forma estamos diante da seguinte problemática: **“qual é a abordagem para otimizar o número de atendentes em um sistema de atendimento de chamadas telefônicas, levando em consideração um processo de tomada de decisão que contribua para alcançar um alto desempenho operacional nos sistemas de produção?”** Essa questão busca entender como pode ser desenvolvida uma estratégia eficaz para determinar o número ideal de atendentes necessários para lidar com o volume de chamadas de forma eficiente, maximizando a eficácia operacional

Diante da crescente necessidade de aprimoramento contínuo e otimização de recursos em sistemas produtivos, tanto simples quanto complexos, surge a demanda por estratégias eficazes de tomada de decisão em curtos prazos. Quando se trata do setor de *call center*, o decreto presidencial nº 6.523, de 31 de julho de 2008, elaborado pela comissão de redação do sistema nacional de defesa do consumidor, determina que quando se opta por falar com um atendente, a solicitação deve ser atendida em no máximo 1 (um) minuto.

Araujo, Araujo e Adissi (2004) afirmam no seu trabalho sobre demanda num *call center* que, as empresas criaram este serviço para se comunicarem eficientemente com os clientes por telefone, setor este que é competitivo, e apenas as empresas com operações enxutas conseguem sobreviver e obter bons resultados. Souza (2010), afirma que esse setor experimentou um crescimento rápido tanto globalmente quanto no Brasil. Alguns fatores impulsionaram esse crescimento no país, dentre eles temos a promulgação do Código de Defesa do Consumidor em 1990, que exigiu que as empresas estabelecessem seus Serviços de Atendimento ao Consumidor (SAC). Ainda no seu trabalho a autora aponta que, com o crescimento do setor, surgiram desafios na otimização e dimensionamento dessas operações, ou seja, é necessário encontrar a solução ideal para esses problemas e é difícil devido à necessidade de gerenciar a demanda dos clientes, manter a qualidade do serviço.

Neste trabalho busca-se aliar a utilização da simulação com outras ferramentas, como a análise de multicritério. Essa combinação permite não apenas a avaliação dos sistemas sob diferentes condições, mas também a identificação e priorização de critérios relevantes para a tomada de decisão.

1.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo dimensionar o quantitativo de atendentes em uma central telefônica para diminuir o tempo de espera global, com menor impacto no lucro.

O trabalho também conta com os seguintes objetivos específicos:

- Aplicar a ferramenta de Apoio a Decisão Multicritério *FITradeoff*;
- Utilizar a Simulação a Eventos Discretos para gerar as respostas dos cenários estabelecidos no método *FITradeoff*.

O trabalho seguirá a seguinte estrutura: o capítulo 1 é composto pela contextualização geral do tema a ser abordado, apresentação dos objetivos, da justificativa e a descrição de cada capítulo. O capítulo 2 explana a respeito dos principais conceitos que embasam o trabalho a partir da construção de um referencial básico da literatura. O capítulo 3 é descrito os materiais e métodos que serão utilizados, a fim de classificar a pesquisa, para o estudo em questão e descrever as etapas. Já capítulo 4 será abordado os resultados e a discussão deles. Por fim, no capítulo 5 será apresentada a conclusão do trabalho e os seus possíveis desdobramentos futuros.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Modelagem e Otimização de Simulação

Dentro dos sistemas produtivos, frequentemente enfrentam-se desafios, que requerem a análise de várias opções visando a seleção da melhor solução. Com isso temos que, segundo

Moreira (2011), a simulação compreende a criação de um modelo e a sua posterior avaliação, incluindo a operação e o comportamento em diversas condições, tendo como finalidade, a exploração de forma experimental o desempenho do modelo, buscando soluções ou aprimorando a compreensão das condições de funcionamento do sistema que o modelo representa.

Sobre a otimização de simulação, Carson e Maria (1997) afirmam a ideia de que, ela é feita através da identificação dos valores das variáveis de entrada, que irão ter uma melhor resposta do sistema, afirmando que não é necessário avaliar explicitamente cada possibilidade, encontrando os melhores valores de entrada que irão melhorar os sistemas. Desta forma otimizando os recursos gastos através da maximização das informações obtidas em uma simulação experimental.

Bateman *et al.* (2013) acrescentam que a simulação demonstra eficácia na avaliação de alterações propostas para um sistema existente ou no desenvolvimento de um sistema novo. Sendo assim, quando um modelo é construído de forma bem estruturada, ele tem a capacidade de produzir estimativas de desempenho abrangendo aspectos como o tempo de passagem, utilização de recursos, capacidade de filas e os intervalos produtivos e ainda a simulação pode também oferecer uma representação visual, mostrando de forma gráfica o fluxo de peças, pessoas e outras entidades dentro do sistema.

Para Amaram *et al.* (2014), a otimização de simulação não requer uma descrição matemática da simulação, ela pode ser uma caixa preta que apenas aceita entradas e fornece resultados, desta forma várias técnicas de otimização de simulação dependem apenas desses dados de entrada e saída para encontrar os melhores arranjos de entrada. Os autores ainda reforçam que, simulações de grande porte ou com alto nível de detalhamento, podem ter uma alta demanda em termos de tempo, custo e recurso, sendo assim, é necessário conduzir apenas algumas simulações ao procurar os parâmetros ideais.

2.2 Análise de Multicritério de Apoio a Decisão

A análise de multicritério é uma abordagem em teoria da decisão e tomada de decisões, esta ferramenta lida com múltiplos critérios e pontos de vista.

Mota, Almeida e Alencar (2009), constataam que a área de análise de multicritério oferece uma ampla gama de ferramentas destinadas a auxiliar a tomada de decisão na resolução de problemas de decisão, frequentemente conflitantes. Em resumo, para os autores, os métodos de apoio à decisão multicritério podem ser divididos em três grandes categorias: o critério de síntese única, que envolve a agregação de múltiplos pontos de vista em uma única função a ser otimizada; a abordagem de síntese de superação, que se concentra na construção de uma

relação, chamada relação de superação, para representar as preferências fortemente estabelecidas do tomador de decisão; e a abordagem interativa de julgamento local, que propõe métodos alternando entre etapas de cálculo e etapas de diálogo.

Para De Almeida (2013), O desafio do decisor é integrar as avaliações dos múltiplos objetivos representados pelas variáveis em questão, que muitas vezes estão apresentadas em unidades de medida diferentes, logo é necessário, que para existir um problema de decisão, é preciso ter pelo menos duas opções para que se possa fazer uma escolha. O autor aponta que um modelo de decisão multicritério é uma forma simplificada dos problemas que será tratado pelo decisor, sendo que é importante que tenha todos os elementos da estrutura do problema.

Segundo De Almeida *et al.* (2016), a grande maioria dos modelos para análise de multicritério existentes tem como característica de classificação das alternativas a comparação de indiferença. Desta forma eles propõem o *FITradeoff*, que vem a ser um sistema que usa o conceito de elicitación flexível, requerendo menos esforço do decisor, pois é baseado em relações de preferência, diminuindo erros e inconsistências.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir temos a classificação do trabalho, assim como a descrição dos passos necessários para desenvolvê-lo.

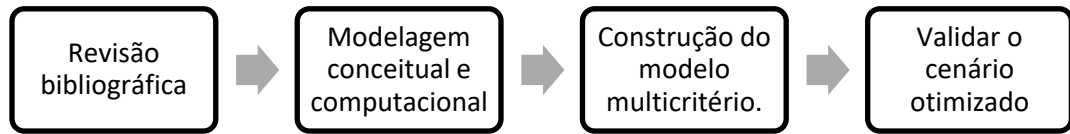
3.1 Classificação da Pesquisa

Nesta etapa do trabalho, descreve-se os materiais usados na pesquisa, a natureza do estudo, os procedimentos adotados e os métodos de análise de dados, com o objetivo de possibilitar uma visão detalhada do processo que conduzirá a pesquisa. O trabalho pode ser classificado como, no que diz respeito a natureza da pesquisa, aplicado, já que busca a geração de conhecimento. Maconi e Lakatos (2021) afirmam que a pesquisa aplicada se caracteriza por seu interesse prático, ou seja, que os resultados sejam aplicados ou utilizados, na solução de problemas que ocorrem na realidade. Ainda classificando a pesquisa, a mesmo tem uma abordagem quantitativa, com objetivo exploratório e procedimentos de modelagem e simulação de eventos discretos.

3.2 Etapas da Pesquisa

O trabalho deverá seguir as etapas apresentadas no fluxograma da Figura 1 a seguir:

Figura 1 – Fluxograma das etapas

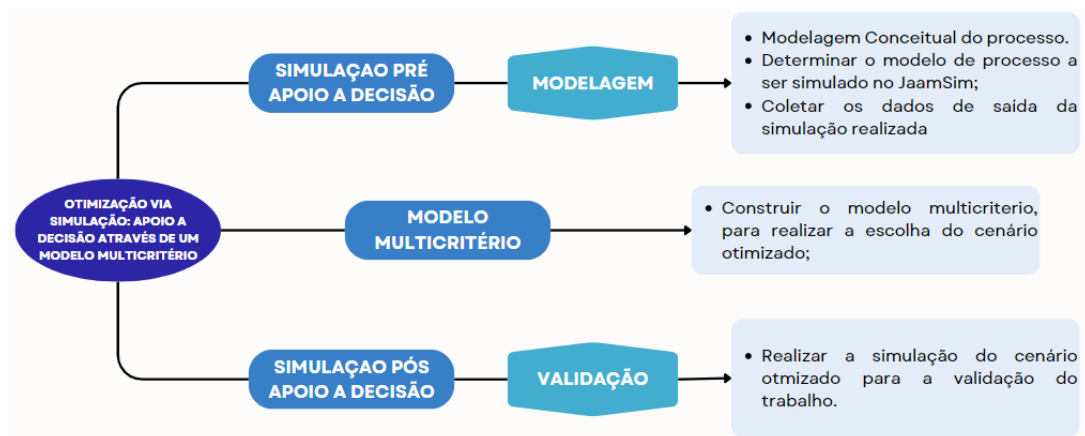


Fonte: Autora (2024)

Inicialmente foi feita a leitura pertinente relacionada a temática da pesquisa. Logo em seguida, a construção do modelo conceitual utilizado a ferramenta IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*), que segundo Leal et al. (2008), tem a função de apresentar a modelagem conceitual de um sistema específico. Para realizar a modelagem computacional será utilizado o software JaamSim. Posteriormente é construído e aplicado o modelo multicritério que irá direcionar na escolha do melhor cenário. Para finalizar, será feita a validação o cenário otimizado;

Na Figura 2, a seguir, está um mapa mental que irá guiar o trabalho em questão.

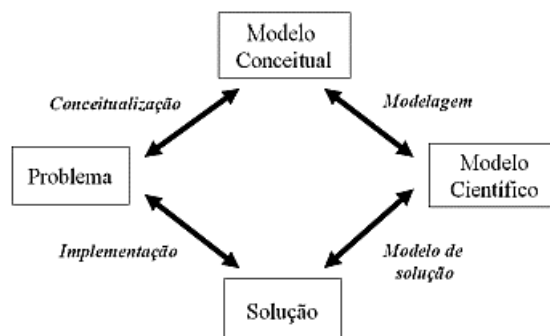
Figura 2- Mapa mental do trabalho



Fonte: Autora (2024)

Para a realização do processo de simulação será seguido o modelo proposto por Mitroff et al. (1974), apresentado na Figura 3 a seguir:

Figura 3 - Método de Modelagem e Simulação

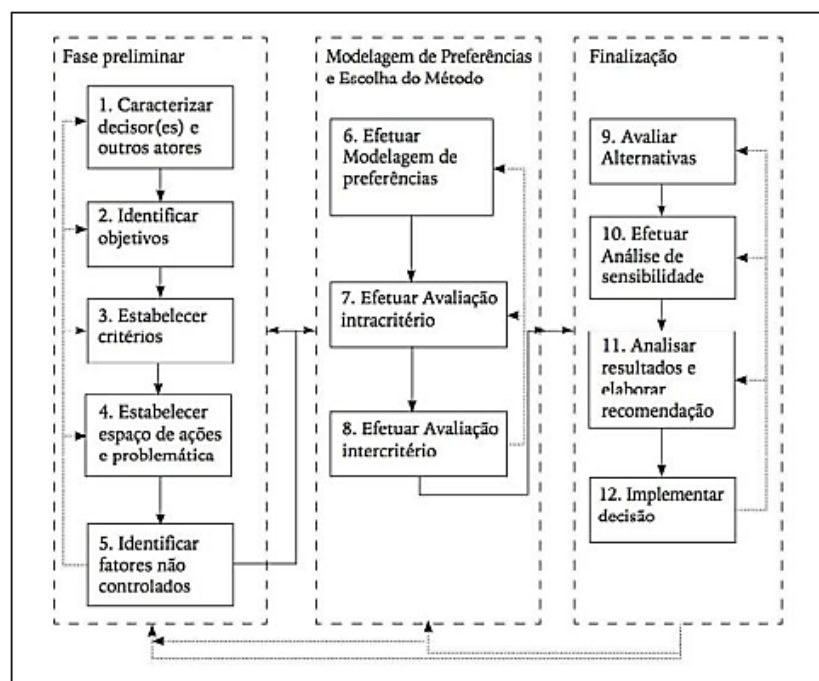


Fonte: Mitroff (et al. 74)

A estrutura proposta pelo autor inicia com o modelo conceitual, passando para o modelo científico, para realizar a modelagem, e para o problema para as devidas conceituações e por fim para a solução onde tem-se a implementação e o modelo de solução.

Além disso, para construir o modelo multicritério, foi utilizada a estrutura proposta por De Almeida (2013), representada na Figura 4 a seguir:

Figura 4 – Procedimento para resolução de um problema de decisão



Fonte: De Almeida (2013)

A estrutura é dividida em 3 grandes fases, iniciando pela fase preliminar, fase que consiste na resolução do problema, caracterização dos decisores, identificação dos objetivos, estabelecimento dos critérios, espaço de ações e problemática, e identificação de fatores não controlados. Posteriormente, na segunda fase tem a modelagem de preferências e escolha do método, nesta etapa temos a modelagem das preferências, da avaliação intracritério e intercritério. Na terceira e última fase tem a finalização, que consiste na avaliação de alternativas, análise de sensibilidade, análise dos resultados e elaboração das recomendações e pôr fim a implementação da decisão.

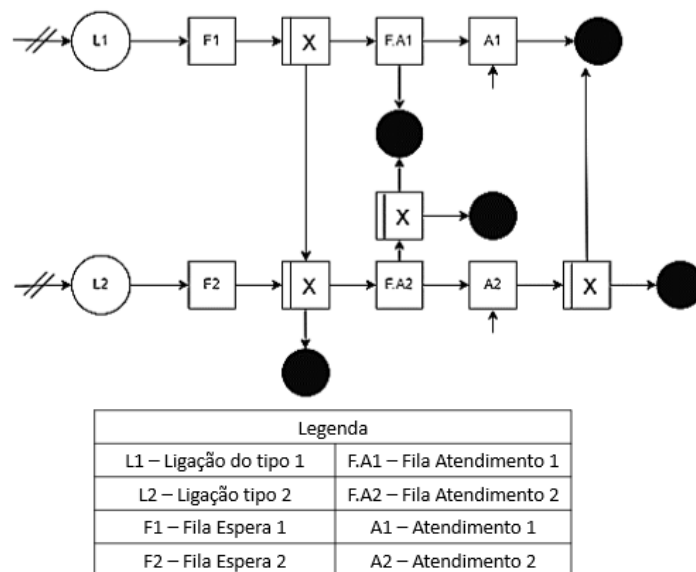
4. DISCUSSÃO E RESULTADO

Neste tópico é apresentado o estudo em questão, os resultados obtidos e as discussões pertinentes a estes resultados.

4.1 SIMULAÇÃO

A proposta do experimento é baseada em um modelo de atendimento telefônico, onde existe a entrada de dois tipos de ligações diferentes, logo o primeiro atendente recebe apenas ligação de tipo 1 e o segundo atendente recebe ligações dos tipos 1 e 2. O modelo conceitual em questão será demonstrado através do IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*) na Figura 5 seguir.

Figura 5 - Modelo Conceitual

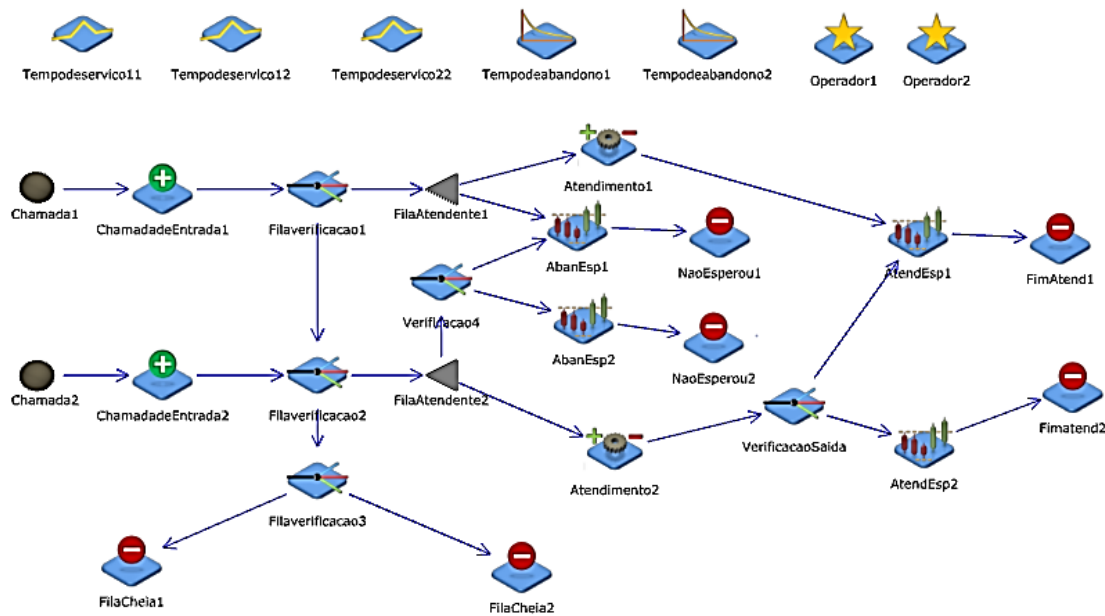


Fonte: Autora (2024)

O modelo apresenta o seguinte fluxo, entrada das entidades L1 e L2, que são as ligações do tipo 1 e do tipo 2, e elas seguem para suas respectivas filas 1 e 2. Posteriormente, passam pela primeira verificação, onde a ligação tipo 1 (L1) ou irá para a fila de atendimento 1 ou irá para uma outra verificação, caso a fila esteja com a capacidade máxima. Nesse segundo caso, ela ou seguirá para a fila de atendimento 2 ou ainda pode desistir do processo, caso a segunda fila de atendimento 2 também esteja com capacidade máxima. Caso L1 siga para a fila de atendimento 1, ou seguirá para o atendimento 1, e tenha seu processo encerrado, ou abandonar, caso um tempo limite tenha sido alcançado enquanto estiver na fila. Por outro lado, a ligação tipo 2 (L2) ao passar pela primeira verificação, ou segue para a fila de atendimento 2 ou pode desistir do processo, se o a quantidade em estoque para o segundo atendente esteja cheia. Caso siga para a fila de atendimento 2, ou é atendida pelo atendente 2, e tem o seu processo encerrado, ou abandona, caso um tempo limite tenha transcorrido enquanto estiver na fila.

Posteriormente ao processo de elaboração do modelo conceitual, foi realizada a construção do modelo computacional, no software JaamSim, como mostra na Figura 6.

Figura 6 - Modelagem no JaamSim



Fonte: Autora (2024)

Após a execução de 30 réplicas do cenário base no JaamSim, são obtidos os dados de saída, que servirão como parâmetros para otimizar o cenário. O Quadro 1 apresenta os dados desse modelo, com destaque para o tempo global de espera, encontrados para os atendimentos. Esse dado é obtido ao somar os tempos médios encontrados em cada fila de espera, de cada atendente. Observa-se que no cenário base tem o tempo médio de espera global de 289,50 segundos, para a quantidade de 200 atendentes, distribuídos em 100 atendentes do tipo 1 e 100 atendentes do tipo 2.

Quadro 1 - Dados de Saída

Réplicas	Quantidade de atendentes	Média do tempo de espera global (s)
30	200	289.50

Fonte: Autora (2024)

4.2 APLICAÇÃO DE MCDA

4.2.1 Caracterizar decisores e outros atores

Os atores do processo decisório são:

- Decisor: Engenheira de Produção com mestrado;
- Especialistas: Orientador e coorientadores do trabalho, da área de Engenharia de Produção;
- Analista: Pesquisadora do trabalho.

Feita a Identificação do decisor e dos demais atores envolvidos no processo, pode-se determinar os principais objetivos relacionados ao problema.

4.2.2 Identificar objetivos

O objetivo do modelo é discernir e eleger o cenário que não só reduza o tempo de espera global, mas também minimize o impacto sobre o lucro. Esta dualidade de objetivos reflete a complexidade inerente à otimização de sistemas decisórios em ambientes operacionais. Ao definir com precisão o escopo e os critérios deste problema de decisão, foi delineados os parâmetros que serão fundamentais para a concepção, implementação e avaliação do modelo proposto. Este processo de definição de objetivos não apenas guia a análise e interpretação dos resultados, mas também orienta a integração de tomada de decisão mais eficazes

4.2.3 Estabelecer Critérios

Após a determinação do objetivo, determina-se e caracteriza os critérios. O critério Atendentes representa a quantidade de pessoas necessárias para realizar as operações do sistema. Por outro lado, o Tempo de espera, representa o tempo em que a entidade espera para passar pelo processo como um todo. O lucro, por sua vez, representa o rendimento líquido anual. Os valores utilizados no experimento são valores hipotéticos. Estes constam no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 - Critérios

Critério	Símbolo	Descrição	Atributo	Unidade	Objetivo
Atendentes	C1	Quantidade de pessoas necessárias para operar o sistema.	Natural	Un.	Minimizar
Tempo de Espera	C2	Tempo que entidade espera para realizar e finalizar o processo.	Construído	Min	Minimizar
Lucro	C3	Rendimento líquido anual.	Construído	R\$	Maximizar

Fonte: Autora (2024)

Com o intuito de realizar a avaliação dos critérios, anteriormente determinados, elaborou-se uma escala do tipo *Likert*, adaptada para mensurar tanto a complexidade quanto o grau de personalização disponível dos critérios em análise. O Quadro 3 a seguir apresentam a estrutura da escala utilizada e construída junto ao decisor:

Quadro 3 – Escala dos critérios

Valor	Tempo de espera	Lucro	Atendentes
1	-10%	300 mil	100
2	-5%	350 mil	200
3	0	400 mil	300
4	+5%	450 mil	400
5	+10%	500 mil	500

Fonte: Autora (2024)

4.2.4 Espaço de ações e problemática

Levando em conta os dados disponíveis para construção do modelo, podemos considerar 10 (dez) cenários como alternativas. A partir dessas alternativas, o decisor irá escolher aquela que possibilite alcançar o objetivo proposto, que é diminuir o tempo global com menor impacto no lucro.

4.2.5 Efetuar modelagem de preferências

A modelagem de preferências ajuda a entender quais cursos de ação o decisor prefere. No caso específico deste trabalho, o decisor pode dizer se prefere um curso de ação ao outro ou se não tem preferência entre eles. Isso é comum em métodos de combinação onde as preferências são somadas.

Depois de entender as preferências, pode-se avaliar o quão racional é o processo. Neste caso específico, a abordagem é "compensatória", mesmo que um critério não se saia bem em um aspecto, ele ainda pode ser considerado bom se tiver um bom desempenho em outro aspecto.

Logo ao entender as preferências do decisor e determinar sua abordagem racional, seleciona-se o método mais adequado para o problema. Neste trabalho, optou-se pelo método *FITradeoff* (*Flexible Interactive Tradeoff*), método desenvolvido por De Almeida *et al.* (2016), consideravelmente aplicável, pois o mesmo reduz a quantidade de informações necessárias do decisor. Depois de modelar as preferências do tomador de decisão, realiza-se a avaliação intracritério.

4.2.6 Avaliação intracritério, intercritério e alternativas

A avaliação intracritério desenvolve-se através da análise da função de valor atribuída a cada alternativa em relação a cada critério, pressupondo-se linearidade e normalização, no Sistema de Apoio à Decisão *FITradeoff*. No escopo deste problema específico, optou-se por adotar uma abordagem de simplificação, utilizando a função de valor linear.

Para a realização da avaliação é elaborada a matriz consequência, apresentada no Quadro 4, matriz feita junto ao decisor no Sistema de Apoio a Decisão (SAD *FITradeoff*), ela proporciona uma visualização do desempenho das alternativas em relação a cada critério considerado a escala construída anteriormente pelo decisor, esta matriz é um recurso essencial para a aplicação eficaz do SAD *FITradeoff*.

Quadro 4 – Matriz Consequência

Critério:	Atendente	Tempo De Espera	Lucro
0-Cont Min; 1-Cont Max; 2-Disc Min; 3-Disc Max	0	2	3
Tipo:	0	1	1

A:	0	0	0
B:	0	0	0
C:	5	5	5
Alternativas:	Alternativas:		
Cenário 1	3	1	5
Cenário 2	3	5	5
Cenário 3	3	1	1
Cenário 4	3	5	1
Cenário 5	3	3	3
Cenário 6	4	3	3
Cenário 7	4	1	5
Cenário 8	4	5	5
Cenário 9	4	1	1
Cenário 10	4	5	1

Fonte: Autora (2024)

Está etapa de avaliação consiste na ordenação dos critérios em conjunto com o decisor, ele irá realizar essa escolha entre a consequência A ou B. Ou seja, o decisor, através de perguntas objetivas, do tipo, prefere critério A ou B, ou ainda se é indiferente. Desta forma o decisor irá dizer qual critério tem maior ou menor importância. Por exemplo, entre o número de atendentes e o tempo, qual tem maior importância, ou se é indiferente. A Figura 7 mostra a forma como é feita essa escolha.

Figura 7 – Avaliação dos critérios

FITradeoff
Flexible and Interactive Tradeoff

Ranking of criteria scaling constants
By pairwise comparison
Answer the following questions by choosing consequences A or B

Consequences

Consequence A

ATEND: (B1:3)

TEMPE: (W2:5) (B2:1)

LUCRO: (W3:1) (B3:3)

Worst Best

Consequence B

ATEND: (W1:4) (B1:3)

TEMPE: (B2:1)

LUCRO: (W3:1) (B3:3)

Worst Best

Which consequence do you prefer?

☒ Consequence A
☐ Consequence B
☐ Indifferent

Restart OK

Legend:
ATEND-ATENDENTE
TEMPE-TEMPE DE ESPERA
LUCRO-LUCRO

Chosen order of scaling constants:

Continue

W1 is the worst outcome of criterion C1
B1 is the best outcome of criterion C1

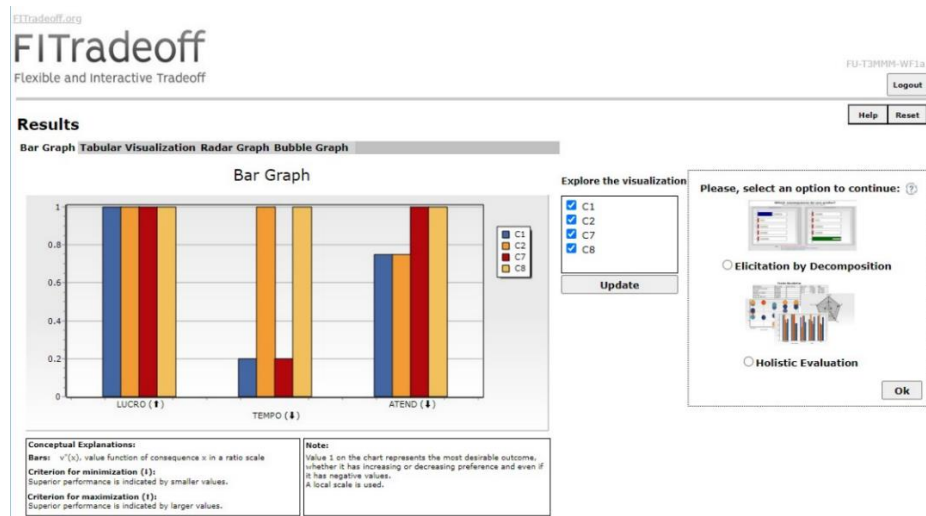
Alternatively the ranking of scaling constants can be done by Overall evaluation.

inct INSID CDSID UTPE

Fonte: Software FITradeoff (2024)

Feita a análise de preferência e a avaliação dos critérios, podemos observar o comportamento das alternativas na Figura 8 a seguir:

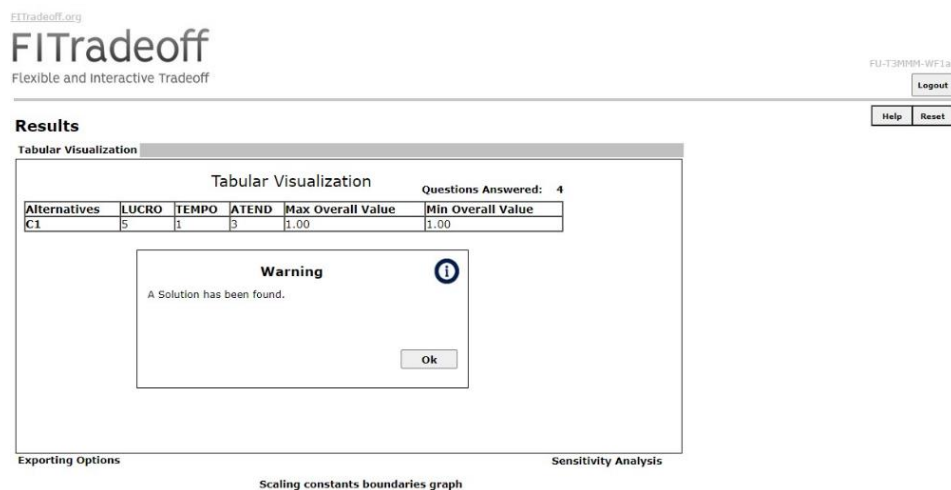
Figura 8 – Comportamento das alternativas



Fonte: Software FITradeoff (2024)

Nesta etapa observa-se a preferência de 4 alternativas dentre as 10 propostas no modelo. Após essa observação realizou-se a elicitación por decomposição para as avaliações das alternativas, onde após ter realizado 3 rodadas de perguntas ao decisor, chegou à solução ótima do cenário 1, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Resultado do cenário ótimo

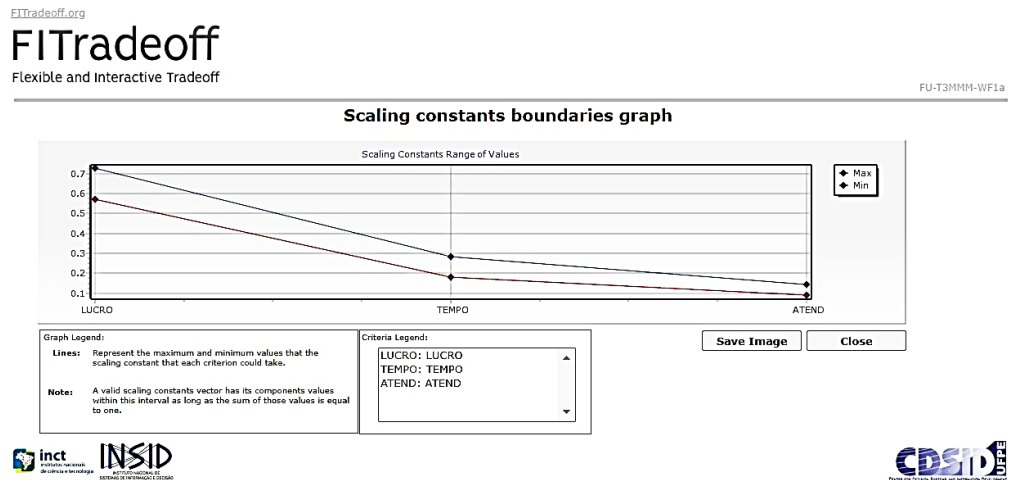


Fonte: Software FITradeoff (2024)

Feita a avaliação das alternativas pode-se entender que para o decisor a ordenação dos critérios será da seguinte forma: $K_{\text{Lucro}} > K_{\text{Tempo}} > K_{\text{Atendente}}$

A Figura 10 mostra o gráfico do resultado da avaliação dos critérios.

Figura 10 – Gráfico de escala dos critérios



Fonte: Software FITradeoff (2024)

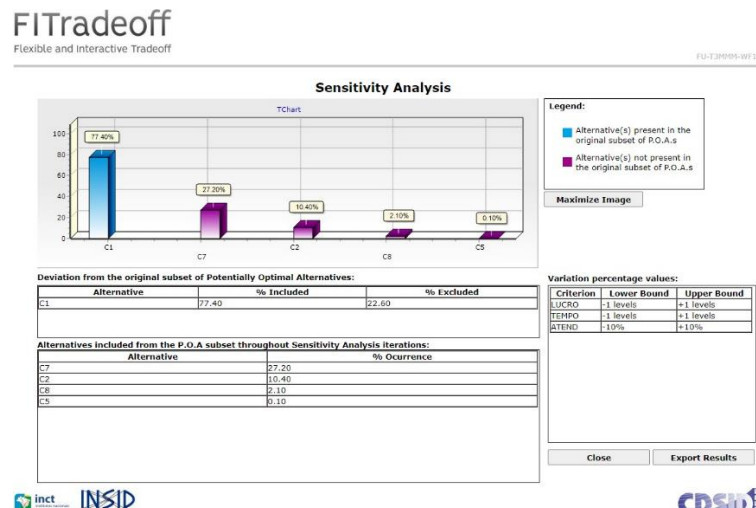
Ao analisar o gráfico pode-se perceber que o lucro assume um valor máximo, na escala, de aproximadamente de 0,7, o tempo de 0,3 e o critério atendente de 0,2. Assim como também observasse os valores mínimos aproximados de 0,6 para o lucro, 0,2 para o tempo e 0,1 para o atendente, desta forma percebe-se que o critério de menor preferência é atendentes e o de maior preferência é lucro.

4.2.7 Análise de sensibilidade

Nesta etapa é feita a avaliação do grau de influência nos dados de entrada do modelo exercerem sobre a solução apresentada pelo modelo, ou seja, é analisado se o modelo encontrará uma alternativa de cenário potencialmente ótimo, diferente do atual.

Para realizar esta análise, foi feita uma variação de 10% no critério natural, sendo ele o critério atendente, e variação de um nível nos critérios construídos, ou seja, no lucro e no tempo de espera. A Figura 11 a seguir mostra a integração dos dados obtidos.

Figura 11 – Análise de sensibilidade



Fonte: Software FITradeoff (2024)

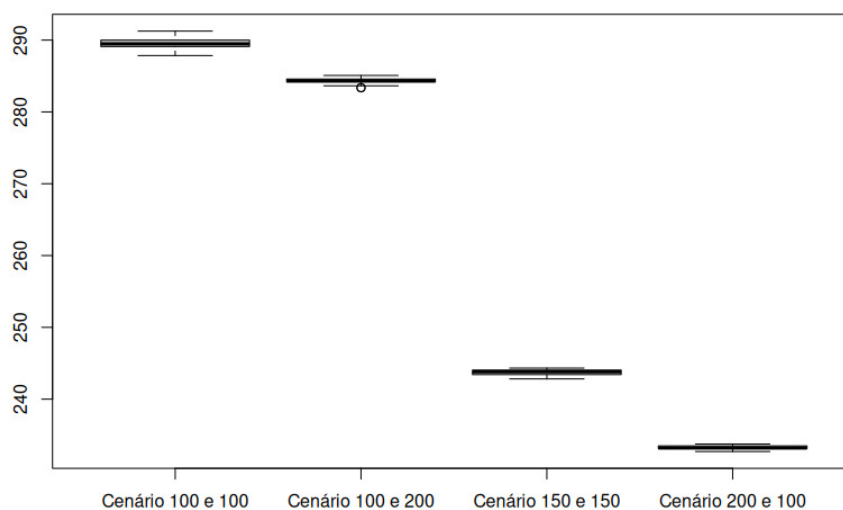
Pode-se observar no gráfico obtido que, o cenário 1 se mantém como resposta ótima, demonstrando robustez do modelo, com o percentual de 77,47%, sendo a alternativa ótima para o modelo em questão.

4.3 Simulação do cenário otimizado

Após a aplicação do modelo multicritério e encontrar o possível cenário ótimo, é realizada uma nova rodada da simulação do cenário, com as modificações sugeridas. Foram simuladas três novas possibilidades, atendendo a sugestão de adicionar mais 100 operadores no sistema. A primeira acrescenta 100 operadores do Tipo 2, na segunda foram acrescentados 50 operadores de cada tipo e na terceira foram acrescentados 100 operadores do Tipo 1.

Para realizar a análise comparativa dos novos cenários, foi realizado o teste estatístico *Welch Two Sample t-test* em seus resultados, tempo médio de espera, e foi observado que os valores de *p-valeu* nos comparativos par-a-par apresentaram valores abaixo de 0,05. A Figura 12 mostra o gráfico os resultados obtidos.

Figura 12 – Gráfico dos tempos médios de espera para cada cenário



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Observa-se que há uma redução do tempo global, conforme foram feitas três modificações diferentes para testar a hipótese e chegar a melhor alocação dos atendentes sugeridos pelo modelo. Inicialmente temos na primeira modificação realizada que o tempo médio global de espera média foi de 284,30 segundos, já na segunda modificação o tempo médio global de espera foi de 243,71 segundos. e na terceira modificação o tempo médio global de espera foi de 233,30 segundos. Ainda sobre os resultados é importante destacar que o lucro ele é maximizado, já que pela escala utilizada na hipótese do modelo, o cenário escolhido ele maximiza o lucro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos destacar que a combinação de modelagem e simulação com a análise multicritério, como ferramentas para aprimorar a gestão de processos em centrais de atendimento, contribuiu para a identificação de soluções eficientes e aprimoramento contínuo dos processos. Pois através da modelagem e análise de diferentes cenários, foi possível identificar um possível cenário ótimo, onde ele dimensiona o número de atendentes, reduzindo o tempo de espera e maximizar a eficácia operacional.

Diante dessa perspectiva, é possível dizer que a incorporação da simulação e método de análise multicritério oferece possibilidades na gestão de processos, permitindo decisões embasadas em dados e a busca pela excelência operacional. Visando aprimorar as estratégias de otimização utilizando estas duas ferramentas recomenda-se, portanto, a continuidade das pesquisas nesse campo, aplicando os métodos em outros processos e áreas, assim como utilizar dados de reais, já que o trabalho aplicou dados hipotéticos.

6. REFERÊNCIAS

- DE ALMEIDA, A. T. de, Almeida, J. A., Costa, A. P. C. S. e Almeida-Filho, A. T. (2016). A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250:179–191.
- DE ALMEIDA, A. T. de. *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério*, 1a Edição. Editora Atlas, São Paulo (2013).
- AMARAN, S., Sahinidis, N.V., Sharda, B. et al. Simulation optimization: a review of algorithms and applications. *4OR-Q J Oper Res* 12, 301–333 (2014).
- BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J.; HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.. *System Improvement Using Simulation – 5th edition*. Elsevier Editora Ltda. (2013)
- CARSON, Y.; Maria, A. Simulation optimization: methods and applications. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 118-126. (1997)
- MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria; *Técnicas de pesquisa*. - 9. ed. - São Paulo: Atlas, 2021.
- MEHROTRA, V.; FAMA, J. Call center simulation modeling: Methods, challenges, and opportunities. *Winter Simulation Conference Proceedings*, v. 1, n. 1, 2004, p.135-143. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2003.1261416>
- MOREIRA, D. A. *Administração da produção e operações*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, (2011).

- MOTA, Caroline Maria De Miranda; ALMEIDA, Adiel Teixeira; ALENCAR, Luciana Hazin. A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in project management. *International Journal of Project Management*, v. 27, n. 2, p. 175-181, 2009
- PRADELLA, Simone, FURTADO, João Carlos, KIPPER, Liane Mählmann. *Gestão de Processos: da teoria à prática* – São Paulo: Atlas, 2012.
- SOUZA, R. A. Otimização das escalas de trabalho dos atendentes e dimensionamento de um call center receptivo. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93556/288536.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Mitroff, Ian I., Betz, Frederick, Pondy, Louis R. and Sagasti, Francisco, (1974), On Managing Science in the Systems Age: Two Schemas for the Study of Science as a Whole Systems Phenomenon, *Interfaces*, 4, issue 3, p. 46-58.
- Araujo, Marcus & Araújo, Francisco & Adissi, Paulo. (2004). Modelo para segmentação da demanda de um Call Center em múltiplas prioridades: Estudo da implantação em um Call Center de Telecomunicações. *Revista Produção Online*. 4. 10.14488/1676-1901.v4i3.315.
- Lei do Call Center | Decreto nº 6.523, de 31 de julho de 2008. Disponível em <https://www.jusbrasil.com.br/legislacao/93373/lei-do-call-center-decreto-6523-08>
- LEAL, F.; ALMEIDA, D.A. de & MONTEVECHI, J.A.B. Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF. In: *Anais do XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, João Pessoa, PB, 2008.