

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Implementação em Linguagem R de Ferramenta para Planejamento de
Manutenção Baseada em Fuzzy-TOPSIS e FMEA: Aplicação no Setor
Hoteleiro**

Julia Camila Magalhães Melo

TCC de graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Rio de Janeiro campus - Macaé, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Márcio José de Medeiros

Macaé

2021

**Implementação em Linguagem R de Ferramenta para Planejamento de
Manutenção Baseada em Fuzzy-TOPSIS e FMEA: Aplicação no Setor
Hoteleiro**

Julia Camila Magalhães Melo

TCC de graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Rio de Janeiro campus - Macaé, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Márcio José de Medeiros

Versão corrigida

Macaé

2021

CIP - Catalogação na Publicação

M528i Magalhães Melo, Julia Camila
Implementação em linguagem R de ferramenta para
planejamento de manutenção baseada em fuzzy-TOPSIS e
FMEA: aplicação no setor hoteleiro / Julia Camila
Magalhães Melo. -- Rio de Janeiro, 2021.
80 f.

Orientador: Márcio José de Medeiros.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus
Macaé Professor Aloísio Teixeira, Bacharel em
Engenharia de Produção, 2021.

1. TOPSIS. 2. fuzzy. 3. FMEA. 4. mapeamento de
processos. 5. serviços. I. José de Medeiros, Márcio,
orient. II. Título.

Julia Melo

Implementação em linguagem R de ferramenta para planejamento de manutenção baseada em fuzzy-TOPSIS e FMEA: aplicação no setor hoteleiro

TCC de graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Rio de Janeiro campus - Macaé, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira de Produção.

Prof. Dr. Márcio José de Medeiros

Prof. Dra. Milena Estanislau Diniz

Prof. Dr. Luan dos Santos

Macaé - RJ

2021

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus pela minha existência e jornada até este momento. Agradeço aos meus pais e amores da minha vida, Danielle e Mario, por serem os maiores apoiadores de todos os meus passos. Agradeço aos meus avós: Graça, Camilo, Maria e Anselmo, por todos os momentos doces e aprendizado. Agradeço ao meu Jerry, pelo amor incondicional que só um cãozinho pode demonstrar. Agradeço ao homem da minha vida, Pietro, por fazer com que eu nunca deixe de me sentir amada, nem mesmo por um segundo.

Dedico este trabalho a vocês.

Muito obrigada!

"A dog doesn't care if you're rich or poor, educated or illiterate, clever or dull. Give him your heart and he will give you his."

John Grogan, Marley and Me

Resumo

Este estudo desenvolve uma ferramenta de gestão para priorização de falhas em um plano de manutenção no setor de serviços. A ferramenta foi desenvolvida a partir do método de decisão multicritério fuzzy-TOPSIS e análise de efeitos e modos de falhas (FMEA) a fim de apoiar decisões de planejamento da manutenção de forma dinâmica. A estrutura proposta pode ser adaptada para aplicações em manufatura e serviços. Para determinar as prioridades de manutenção das alternativas de falhas, foram escolhidos como critérios: Número Prioritário de Risco; custos de manutenção e reparo; taxa de falhas (recorrência da falha); satisfação dos clientes; e, tempo de reparo (inatividade). A ferramenta retorna o desempenho do plano de manutenção e as alternativas de falhas são expostas à gerência do negócio avaliado. Para confirmar a viabilidade da estrutura proposta, o estudo apresentou a aplicação da sistemática em um hotel situado em uma cidade turística no interior do estado do Rio de Janeiro. Os resultados apresentados em uma tabela com ordenação de criticidade foram coerentes e correspondem à realidade do hotel em estudo. A implementação é generalista e pode ser facilmente adaptada para demais aplicações da Engenharia, seja no setor de serviços ou industrial.

Palavras-chaves: TOPSIS, fuzzy, FMEA, mapeamento de processos, manutenção, serviços.

Abstract

This study developed a management tool for prioritizing failures in a maintenance plan in the service sector. The tool was developed from the fuzzy-TOPSIS multicriteria decision method and failure effects and failure analysis (FMEA) in order to dynamically support maintenance planning decisions. The proposed structure can be adapted for manufacturing and service applications. To determine the maintenance priorities for the alternative failures, the following criteria were chosen: Priority Risk Number; maintenance and repair cost; failure rate (failure recurrence); Clients satisfaction; and, repair time (inactivity). The tool returns the performance of the maintenance plan and the failure alternatives are exposed to the revenue of the evaluated business. To confirm the viability of the proposed structure, the study presented the application of the system in a hotel located in a tourist city in the interior of the state of Rio de Janeiro. The results obtained in a table with the order of criticality were consistent and corresponding to the reality of the hotel under study. The implementation is generalist and can be easily adapted to other Engineering applications, whether in the service or industrial sector.

Key-words: TOPSIS, fuzzy, FMEA, process mapping, maintenance, services.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ciclo do serviço “ <i>check-in</i> ” no setor hoteleiro	20
Figura 2 – Simbologia adotada frequentemente na elaboração de fluxograma	21
Figura 3 – Esquema do método FMEA	30
Figura 4 – Gráfico da função de pertinência para números <i>fuzzy</i> triangulares	36
Figura 5 – Estrutura geral de um sistema de inferência <i>fuzzy</i>	37
Figura 6 – Mapeamento do processo de <i>check-out</i>	41
Figura 7 – Mapeamento do processo de <i>check-in</i>	43
Figura 8 – Mapeamento do processo de reserva	56
Figura 9 – Mapeamento do ciclo de serviços	57
Figura 10 – Mapeamento do processo de higienização dos quartos	58
Figura 11 – Planilha contendo variáveis linguísticas para coleta de avaliações	59
Figura 12 – Gráfico de Pareto da Tabela 11	61

Lista de tabelas

Tabela 1 – Atributos importantes em hotelaria	23
Tabela 2 – Pesos atribuídos aos critérios	45
Tabela 3 – Avaliações dos parâmetros de <i>FMEA</i> para as 30 alternativas e valores calculados para o Número Prioritário de Risco (NPR)	46
Tabela 4 – Avaliações (em números <i>fuzzy</i>) dos critérios estabelecidos	47
Tabela 5 – Representação do Número Prioritário de Risco em número <i>fuzzy</i>	48
Tabela 6 – Limites inferior e superior para classificação do NPR em número <i>fuzzy</i>	49
Tabela 7 – Conversão de NPR dos modos de falha em números <i>fuzzy</i>	50
Tabela 8 – Matriz de decisão (em números <i>fuzzy</i>)	52
Tabela 9 – Soluções ideais positivas	53
Tabela 10 – Soluções ideais negativas	53
Tabela 11 – Alternativas ordenadas conforme criticidade para o hotel simulado	62

Lista de quadros

Figura 1 – Critérios para mensuração de desempenho em serviços	27
Figura 2 – Tipos de problemas e métodos recomendados	32
Figura 3 – Alternativas de falhas potencialmente críticas	42
Figura 4 – Categorias para avaliação das alternativas e números <i>fuzzy</i> correspondentes	44
Figura 5 – Escala para avaliação de parâmetros da <i>FMEA</i>	44
Figura 6 – Ações preventivas sugeridas às 15 alternativas mais críticas	64

Lista de abreviaturas e siglas

FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis
NPR	Número Prioritário de Risco
SERVQUAL	Service Quality Gap Analysis
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	17
1.1.1	Objetivo geral	17
1.1.2	Objetivos específicos	17
1.2	Estrutura do trabalho	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	Mapeamento de processos	19
2.2	Alternativas e critérios	22
2.2.1	Alternativas	22
2.2.2	Critérios	25
2.3	FMEA	27
2.4	Fuzzy-TOPSIS	31
2.4.1	TOPSIS	31
2.4.2	Fuzzy	35
2.4.3	Fuzzy TOPSIS	37
3	METODOLOGIA	40
3.1	Mapeamento dos processos hoteleiros	40
3.2	Escolha de alternativas e critérios	41
3.3	Avaliação e matrizes de entrada	44
3.4	Implementação em linguagem R	45
3.4.1	FMEA	45
3.4.2	Fuzzy-TOPSIS	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
5	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICES	74
	APÊNDICE A – CÓDIGO EM R	75

1 Introdução

Segundo [Derby \(2005\)](#), os serviços já abrangem o maior setor de grandes economia como a dos Estados Unidos e apresentaram uma média de crescimento de 18% entre 1978 a 2013 na China, conforme observado por [Zhong e Wei \(2018\)](#). No Brasil, o setor de serviços representou crescimento no PIB de 2,1% e 1,7% nos anos de 2018 e 2019, respectivamente, segundo [Levy et al. \(2020\)](#).

Diferentes autores descreveram o ambiente em que os serviços são prestados na literatura. Para [Grönroos \(1998\)](#), o cliente não percebe o consumo do serviço como sendo apenas resultado do processo de produção deste, em contraste à manufatura, o consumidor percebe o consumo em conjunto com a produção dos serviços prestados. Além disso, [Harvey \(1998\)](#) observou que os serviços podem ser obtidos a partir do engajamento em um processo interativo com quem o fornece. Na mesma vertente, [Schneider e Bowen \(2010\)](#) caracterizaram os serviços como únicos por serem intangíveis, heterogêneos, perecíveis e por não apresentarem separação entre a produção e o consumo.

Ao comparar os processos fabris e de serviços, [Berdie \(1989\)](#) distinguiu os resultados do processo de manufatura como produtos tangíveis e, em contrapartida, as saídas do processo de serviços são intangíveis. Além disso, os clientes fornecem entradas no processo a partir de pedidos customizados e descrição das necessidades a serem atendidas. Desenvolver tal processo de modo que atenda às necessidades dos clientes e garanta níveis satisfatórios de qualidade é um desafio enfrentado pelas empresas prestadoras de serviço segundo [Soteriou e Chase \(1998\)](#). Por esta razão, [Callan \(1997\)](#) atribuiu à qualidade a importância de ser um dos principais fatores de diferenciação no fornecimento dos serviços de diversas organizações.

A definição de qualidade foi adaptada aos cenários industriais pós revolução industrial. Para [Carpinetti et al. \(2012\)](#), no período anterior à revolução industrial, o termo qualidade abrangia a concentração dos processos de produção artesanais, ou seja, um artesão desenvolvia todas as atividades desde a concepção do produto à venda direta com clientes. Após a revolução industrial e surgimento da produção em massa por F. W. Taylor, o desenvolvimento das concepções da qualidade e controle, até a primeira metade do século XX, foi voltado para a conformidade dos resultados do processo de fabricação. Conforme notado por [Corrêa e Corrêa \(2000\)](#), a ênfase taylorista na eficiência de produção em função da divisão do trabalho prevaleceu na conjuntura da pouca concorrência do período pós-guerra.

No entanto, a partir da década de 1950, diferentes autores ampliaram o conceito de qualidade. [Juran e Godfrey \(1999\)](#) conceituaram a qualidade segundo dois aspectos.

Primeiramente, a qualidade se refere às características dos produtos (ou serviços) que atendem às necessidades dos clientes e, assim, proporcionam a satisfação destes. E, segundo, representa a inexistência de defeitos.

Deming (1990) estabeleceu 14 pontos a serem considerados para a gestão da qualidade no âmbito cultural da organização. Segundo Feigenbaum (1991), o controle da qualidade engloba o estabelecimento de padrões para o produto ou serviço para, posteriormente, comparar novos produtos manufaturados ou serviços oferecidos com estes padrões. Ao serem encontrados problemas ou falhas, corrigir de acordo com a necessidade e planejar a melhoria contínua dos processos com base em custo, desempenho, segurança e confiabilidade.

Estudos sobre a aplicação de dimensões da qualidade para serviços também foram conduzidos, embora em menor quantidade se comparados aos estudos voltados para a manufatura. Araújo (2010) afirma que a qualidade em serviços não teve o mesmo enfoque por parte do movimento da qualidade desde Taylor devido à natureza distinta aos produtos. Gronroos (1984) desenvolveu um modelo para qualidade em serviços com base em três dimensões: como o serviço é executado e entregue aos clientes (qualidade funcional); o que o consumidor recebe (qualidade técnica); e, a imagem da empresa prestadora do serviço. Este estudo pioneiro contribuiu para o aumento de interesse no setor de serviços seguidos por pesquisas na área, tais como: Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985), Schneider e Bowen (1992), Shemwell, Yavas e Bilgin (1998).

Portanto, a abordagem sobre a qualidade foi expandida, desde inspeções à mensurações e planejamento. Garvin (2008) ponderou que, no presente, o profissional de qualidade se caracteriza por ser gerente, planejador e sensíveis aos mercados e à produção. Atualmente, a ênfase da qualidade é nas necessidades de mercado e do consumidor. Visam-se o impacto estratégico e a cooperação de todos os departamentos da empresa, incluindo a alta gerência, esta, por sua vez, tem papel de grande magnitude em liderar os demais grupos da organização.

Com o objetivo de estabelecer requisitos de qualidade para que as organizações demonstrassem suas habilidades em oferecer produtos e serviços satisfatórios aos clientes, os padrões para o sistema de gerenciamento da qualidade foram propostos pela Organização Internacional de Normalização – *ISO (International Organization for Standardization)* em 1987. O sistema proposto destaca a importância do foco no cliente, liderança da organização, envolvimento dos colaboradores e a abordagem em processos. Desde o seu surgimento, Martínez-Costa et al. (2009) assentiu o uso da *ISO* como um princípio adequado para a implementação da qualidade. Kim, Kumar e Kumar (2009) verificaram que empresas certificadas pela *ISO 9001* apresentaram melhorias e benefícios e, entre esses, destacam-se: melhor comunicação interna; aumento da percepção de qualidade; maior nível de documentação e consistência nos procedimentos; melhoria contínua das operações; e, maior

satisfação dos clientes.

Oliver (1980) conceituou a satisfação do cliente como sendo uma comparação direta entre a expectativa e a percepção sobre o serviço prestado. Podendo haver uma diferença positiva caso a expectativa do cliente seja excedida, ou negativa em casos de baixo desempenho dos serviços executados. A percepção do cliente decorre do processo interativo entre os consumidores e os elementos do serviço, estes podem abranger a estrutura física do ambiente, a qualidade dos colaboradores e imagem organizacional. Entretanto, não há clareza para as empresas sobre os aspectos mais críticos aos clientes e o esforço necessário para melhorar tais elementos.

Além disso, Barker et al. (2005) notaram a constante preocupação de provedores de serviços em identificar falhas e soluções recomendadas para prevenir irregularidades nos serviços prestados. A coleta dos dados decorrentes de falhas é costumeira na manufatura e trouxe diversas melhorias, incluindo maior estabilidade nos processos, maior confiabilidade nas operações e saídas de produtos com variabilidade reduzida. No entanto, Schultz (2006) apontou que, no âmbito de serviços, é comum que a coleta de dados seja voltada para o aspecto financeiro, sendo assim, o planejamento das operações e tomadas de decisão estratégicas tornam-se especulativas.

Conforme levantado por UNWTO (2016), a receita do setor de turismo internacional em 2015 cresceu para US\$1,260 bilhão, representando um aumento de 4,4% em relação a 2014. Nesta indústria altamente competitiva, Liat et al. (2017) afirmam que os negócios hoteleiros devem ter um plano de recuperação e manutenção para lidar prontamente com qualquer falha de serviço. Na mesma vertente, Abbasi et al. (2010) revisaram que os hóspedes do hotel formam suas próprias percepções do serviço hoteleiro após a ocorrência de uma falha no serviço.

O setor hoteleiro, como nos demais setores de serviço, enfrenta o desafio da coleta e mensuração de dados. Para Johns, Howcroft e Drake (1997), saídas do processo como número de noites em um quarto vendidas, número de pratos fornecidos pelo restaurante ou a receita mensal são fáceis de serem quantificadas. No entanto, a qualidade das saídas do processo hoteleiro é difícil de ser mensurada, tal como a satisfação do cliente, a existência de falhas ou a hospitalidade dos colaboradores.

Hotéis fornecem diferentes serviços aos seus clientes, contemplando alojamento, recepção, serviço de quarto, preparo de refeições, lavanderia, proximidade de locações turísticas, entre outras atividades de lazer. Segundo Benitez, Martín e Román (2007), a avaliação da qualidade do serviço hoteleiro é um processo contínuo e o monitoramento para os diferentes atributos deve ser constante para a manutenção de um alto nível de qualidade. Entretanto, ao solicitar comentários e avaliações dos clientes sobre a experiência do serviço prestado, é usual que o retorno seja subjetivo e de difícil processamento para que se transforme em informação e possibilite o uso.

Conforme sugerido por Schultz (2006) e Benitez, Martín e Román (2007), implementar medidas de gestão utilizando a expertise de dados, segundo diferentes critérios de serviços hoteleiros, é uma prática relevante e pode trazer vantagem competitiva às organizações que a adotarem.

Problemas envolvendo decisões como ordenação, triagem e escolha entre diferentes alternativas são geralmente complexos e envolvem mais de um critério, sendo assim, tornou-se comum para as organizações analisarem suas alternativas com base em múltiplos critérios. Ishizaka e Nemery (2013) consideram a análise para tomada de decisão multicritério como tendo um caráter interdisciplinar, uma vez que engloba matemática, gestão, informática, psicologia, economia e ciências sociais. Esses métodos são indicados para selecionar um número de alternativas que são qualificadas por critérios distintos e, em diversas vezes, conflitantes para tomar uma decisão. Além disso, tais métodos foram desenvolvidos para dar suporte aos tomadores de decisão em seus respectivos ambientes, uma vez que os métodos de análise multicritério fornecem etapas que incorporam informações subjetivas de especialistas.

Existem diversas metodologias de análise multicritério para diferentes tipos de tomada de decisão. Neste trabalho, a técnica utilizada é a *TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) desenvolvida por Tzeng e Huang (2011), que consiste em avaliar o desempenho de um número finito de alternativas a partir da similaridade com a solução mais próxima da ideal. Ou seja, a melhor solução é a que possui a menor distância até a solução ideal e, em adição, possui a maior distância da solução não-ideal. Ishizaka e Nemery (2013) dividem o método *TOPSIS* em cinco etapas de cálculo: coletar as avaliações de cada alternativa para cada critério segundo um ou mais especialistas; normalizar os desempenhos obtidos; ponderar as normalizações; calcular as distâncias até as soluções ideal e não-ideal; e, por fim, a proximidade é dada pela razão entre tais distâncias e podem ser ordenadas.

Com o objetivo de avaliar alternativas de possíveis falhas e não-conformidades no processo hoteleiro usando a abordagem multicritério, critérios a serem considerados para cada alternativa foram escolhidos após extensa revisão na literatura. Sendo assim, os critérios selecionados foram: custo de reparo; recorrência da falha; tempo de reparo (inatividade devido ao dano); e, percepção do cliente sobre a falha. Adicionalmente, outro critério foi a *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*), conforme revisado por Braglia, Frosolini e Montanari (2003), esse método considera três aspectos importantes relacionados às falhas: probabilidade de ocorrência, consequências e probabilidade de detecção. A análise se dá por meio de especialistas que avaliam modos e efeitos das falhas para cada um dos três aspectos e, a partir desta avaliação, é possível mensurar o nível de risco para cada falha.

Por outro lado, as avaliações, fornecidas por clientes, para medir a qualidade de um

serviço são subjetivas, o que motivou a aplicação da lógica *fuzzy*. Segundo [Ross et al. \(2004\)](#), a implementação da lógica *fuzzy* se mostrou bem-sucedida quando combinada a modelos com grande complexidade em que o entendimento é limitado ou subjetivo; e, nos processos em que o raciocínio, percepção e poder de decisão humanos não podem ser substituídos. Os conjuntos *fuzzy* expandem a noção da associação binária, em que uma avaliação tem um número fixo, a fim de acomodar graus de pertinência no intervalo real $[0,1]$, sendo que os extremos representam nenhuma ou completa associação, respectivamente.

A combinação da lógica *fuzzy* com métodos de tomada de decisão multicritério vêm sendo desenvolvida na literatura devido à sua natureza de obter medidas numéricas a partir de dados linguísticos. Este tipo de modelo atende ao método escolhido e adiciona os números *fuzzy* à matriz de decisão.

Neste trabalho, a lógica *fuzzy* foi associada ao método *TOPSIS* para a melhor seleção das alternativas. Sendo estudadas diferentes possibilidades de falhas críticas no ciclo de serviço hoteleiro com base em avaliações de especialistas. Pesquisas anteriores mostram que a técnica *fuzzy-TOPSIS* vem sendo aplicada com sucesso em diversos contextos, como pode ser visto em: [Selim, Yunusoglu e Balaman \(2016\)](#), [Krohling e Campanharo \(2009\)](#), [Mittal e Sangwan \(2015\)](#), [Braglia, Frosolini e Montanari \(2003\)](#), [Dudek e Jefmański \(2015\)](#), [Fayek e Omar \(2016\)](#), [Kahraman et al. \(2007\)](#), [Shiu et al. \(2019\)](#).

Com o propósito de obter uma visão ampla dos processos e, conseqüentemente, ter maior visualização sobre possíveis falhas a serem encontradas pelos clientes, foi empregada a ferramenta de Fluxograma para mapeamento dos processos. [Gummesson \(2008\)](#) verificou que a aplicação de ferramentas para mapeamento das atividades executadas por consumidores em serviços ainda é pouco explorada. Entretanto, [Jorge e Miyake \(2016\)](#) afirmam que tais técnicas podem trazer benefícios aos gestores no planejamento, análise e controle de processos, considerando os clientes como um fator de influência na conclusão do serviço.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver algoritmo em linguagem R para implementação do método *fuzzy-TOPSIS* no setor hoteleiro, considerando as avaliações de especialistas com base em um número finito de critérios e alternativas para auxiliar na priorização da manutenção.

1.1.2 Objetivos específicos

- Mapear processos internos do setor hoteleiro;

- Analisar principais falhas decorrentes destes processos;
- Estabelecer metodologia para o uso do método de análise multicritério *fuzzy-TOPSIS* para demais áreas da engenharia;
- Avaliar os benefícios desta implementação no setor de serviços;
- Fornecer implementação do algoritmo na linguagem R.

1.2 Estrutura do trabalho

No [Capítulo 1](#) é feita uma contextualização geral do tema, além de apresentar as motivações, status e objetivos do desenvolvimento deste trabalho.

O [Capítulo 2](#) apresenta revisão bibliográfica sobre em que foi dividida em quatro tópicos: mapeamento de processos; critérios para avaliação multicritério; *FMEA*; e, a técnica *fuzzy-TOPSIS*.

O [Capítulo 3](#) aborda a metodologia utilizada, bem como os mapas de processo e recursos necessários para a construção da matriz de decisão.

No [Capítulo 4](#) são descritas as principais contribuições proporcionadas por este trabalho.

No [Capítulo 5](#) são feitas as considerações finais do trabalho, suas limitações e as possibilidades para trabalhos futuros.

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo, é feita uma revisão teórica dos principais fundamentos dos métodos *FMEA* e *fuzzy-TOPSIS* utilizados no desenvolvimento dos algoritmos, de modo a contextualizar o leitor tanto com os conceitos necessários na elaboração deste trabalho quanto com a utilização e interpretação dos resultados do *software* implementado. Também é feita uma revisão de literatura sobre mapeamento de processos e seus benefícios no reconhecimento de falhas; e, sobre os critérios e alternativas usados para dar início à tomada de decisão da aplicação desenvolvida pelo presente trabalho.

2.1 Mapeamento de processos

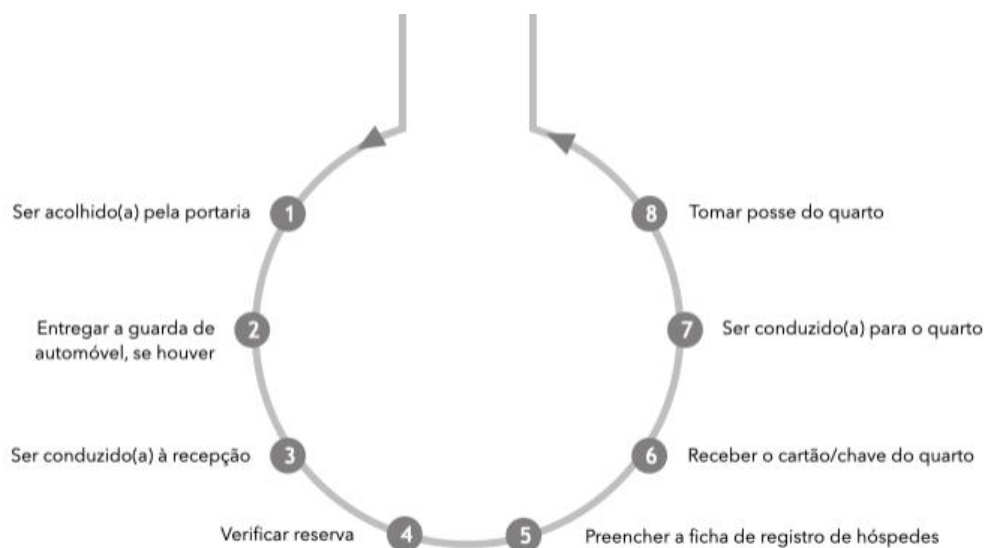
[Cruz \(2010\)](#) define processo como a introdução e processamento de insumos em um ambiente munido de procedimentos, normas e regras que se transformam em resultados fornecidos aos clientes. De forma análoga, [Harrintong \(1991\)](#) descreve processo como sendo um conjunto de atividades conectadas; sendo demandados: uma entrada, adição de valor à entrada e entrega da saída a um cliente interno ou externo. Um macroprocesso contempla um determinado número de subprocessos, estes incluem atividades que, por sua vez, são fragmentadas em tarefas.

No setor de serviços, o cliente participa do processo interagindo diretamente com a empresa prestadora do serviço. Sendo assim, é pertinente o mapeamento do ciclo de serviço, definido por [Albrecth \(1992\)](#) e [Albrecht e Bradford \(1992\)](#), como uma cadeia contínua de eventos pela qual o cliente passa à medida que experimenta o serviço prestado pela empresa. Salientam ainda sobre a importância do mapeamento de diferentes ciclos de serviço dentro de uma mesma organização, de modo a transmitir a perspectiva dos clientes aos colaboradores. A Figura apresenta 1 o ciclo de serviço hoteleiro.

[Kalman \(2002\)](#) trata o mapeamento de processos como forma de identificar falhas e causas de variabilidade em um processo. Segundo [Johansson \(1993\)](#), o objetivo de mapear processos é analisar, de forma crítica, os processos existentes e redesenhá-los de forma a otimizar a performance do negócio e garantia de satisfação dos clientes. Para [Jorge e Miyake \(2016\)](#), o mapeamento dos processos conduzidos pelos consumidores possibilita o reconhecimento de desperdícios no processo e viabilizam a redução destas atividades que não agregam valor. Eliminar tais atividades do processo aplicando ferramentas de desempenho geram serviços aos consumidores de excelência.

[Kalman \(2002\)](#) enumera benefícios organizacionais provenientes do mapeamento de processos, destacando-se: fluxo de trabalho simplificado após eliminação de tarefas

Figura 1 – Ciclo do serviço “check-in” no setor hoteleiro



Fonte: Adaptado de Castelli (1995)









desnecessárias; o tempo de ciclo é reduzido ou a velocidade de execução do serviço cresce; menor quantidade de passos traz menores oportunidades de erros; melhoria na comunicação e cooperação em busca de melhorias no processo; e, redução de custos em atividades que não geram valor.

Araújo (2010) define um fluxograma como uma ferramenta que representa visualmente os passos de um processo e como estes se relacionam, tal visualização permite a identificação de possíveis fontes de problemas para a organização. O fluxograma caracteriza o estado atual de um processo, empregando símbolos geométricos, notações simbólicas e setas que unem esses símbolos. Estes símbolos são usados para representar diferentes operações e são conectados por linhas com setas para caracterizar o fluxo ou direção do processo. Vergidis, Saxena e Tiwari (2012) indicam que, apesar de existirem diversas formas de mapear um processo, a técnica diagramática de fluxograma é a mais utilizada no gerenciamento de processos devido à simplicidade.

São utilizados símbolos padronizados na elaboração de um novo fluxograma pelo *American National Standards Institute (ANSI)*, sendo alguns destes apresentadas na Figura 2. Há tipos diferentes de fluxograma, sendo aplicados para situações específicas, sendo os quatro principais: vertical, horizontal, sintético e diagrama de blocos.

- **Vertical:** Indicado para representar processos produtivos do tipo de linha de produção, com poucas áreas envolvidas e com número restrito de operações. As vantagens incluem: a possibilidade de ser impresso em um papel padronizado, rapidez de preenchimento e facilidade de leitura pelos usuários;

Figura 2 – Simbologia adotada frequentemente na elaboração de fluxograma

Símbolo	Significado e utilização
	Terminal Representa o início ou o fim do processo
	Operação/processo Atividade a ser executada, representa qualquer ação para criar, transformar, conferir ou analisar
	Processo alternativo Representa um processo alternativo ao que foi estabelecido
	Ponto de decisão Indica um ponto do processo em que existem ações condicionantes
	Documento Qualquer documento criado ou transformado no fluxo do processo (formulário, relatório, listagem, etc.)
	Espera/Demora Indica espera, atraso ou algum agente do fluxo aguardando
	Movimento/transporte Indica o fluxo do processo, sentido de circulação de mercadorias, produtos, veículos, etc.
	Sentido do fluxo Interliga os demais símbolos, indicando o fluxo do processo

- **Horizontal:** O fluxograma horizontal descreve um fluxo da esquerda para a direita, utilizando símbolos que permitem a descrição do fluxo de forma precisa. Também pode representar, em colunas, as áreas envolvidas no processo e é indicado para transmitir o fluxo de trabalho utilizado por toda a organização;
- **Sintético:** É usado para descrever resumidamente um processo e decidir se há necessidade de detalhar e expandir em um novo fluxograma. Em geral, é indicado para iniciar o esboço de um processo a ser mapeado, sendo o enfoque no sequenciamento das atividades;
- **Diagrama de blocos:** É indicado no levantamento de processos existentes, permite maior detalhamento das operações (em comparação ao sintético), pode exibir fluxos

alternativos e não há exatidão quanto a forma vertical ou horizontal.

2.2 Alternativas e critérios

2.2.1 Alternativas

O setor hoteleiro executa uma ampla gama de serviços, como, por exemplo: alojamento, recepção, refeições, serviço de quarto, manutenção de áreas de lazer externas (piscinas, quadras de tênis, jardins, etc.), entre outros. Este aspecto dificulta a avaliação do serviço de uma forma geral. A avaliação de qualquer serviço deve levar em consideração seu caráter intangível, heterogêneo e inseparável, conforme observado por [Parasuraman, Zeithaml e Berry \(1985\)](#).

Ao contrário do que ocorre na manufatura, não há como definir especificações precisas na criação de um serviço, sendo estes percebidos como forma de desempenho e não, necessariamente, como objetos. De forma geral, a maioria dos serviços não permite mensurações, testes ou verificações antes que ocorra a venda para assegurar a qualidade. Além disso, serviços são heterogêneos e variam de acordo com o provedor, cliente e momento em que é prestado. Conforme observado por [Booms \(1981\)](#), a percepção uma equipe de atendimento sobre o serviço que é entregue aos clientes pode divergir do que é percebido pelos consumidores. Além disso, [Gronroos \(1984\)](#) também considera o viés inseparável da produção e consumo em um serviço. A execução de um serviço ocorre durante a entrega deste e em contato direto com o cliente, portanto, o cliente faz parte e afeta diretamente o processo.

[Callan e Kyndt \(2001\)](#) conduziram um estudo para identificar os atributos mais importantes para hóspedes viajando a negócios, sendo estes: segurança do hotel, confiabilidade nas reservas, silêncio no interior dos quartos, condição física do hotel e localização conveniente. [Saleh e Ryan \(1992\)](#) realizaram um estudo considerando um modelo de múltiplos atributos e verificaram como características de maior importância para os hóspedes: limpeza dos quartos, conforto da cama, silêncio no interior do quarto, segurança do hotel e localização conveniente. Adicionalmente, [Baum \(1990\)](#) observou que localização, segurança, atenção na prestação do serviço, preço e instalações do hotel foram os atributos mais bem avaliados dentre 400 executivos entrevistados nos EUA. O nicho de viajantes a negócios foi escolhido por os estudos citados dado a sua representação no segmento da indústria hoteleira, observado por [Knutson \(1988\)](#).

[Callan \(1997\)](#) definiu um *ranking* de atributos considerados pelos clientes no momento da seleção de um hotel ou no instante de avaliação após a estadia. Foram apresentados 166 atributos a serem avaliados em escalas de sete pontos por gerentes do setor hoteleiro. Tais atributos foram divididos em 10 categorias: localização e imagem; preço;

competência; acessibilidade; segurança; serviços adicionais; aspectos tangíveis (quartos); aspectos tangíveis (outros); instalações para lazer; e, a compreensão dos prestadores de serviço acerca dos clientes. Como resultados, o estudo verificou que 77 atributos foram apontados como importante pelos gerentes, sendo apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos importantes em hotelaria

Ranking	Atributos importantes (visão da gerência)	Nota
1	Disposição da equipe em ajudar com solicitações de assistência	98,72%
2	Padrão de limpeza	98,40%
3	Banheiro limpo	98,40%
4	Simpatia do pessoal, serviço prestado com bom humor	98,40%
5	Equipe com alto nível de performance/profissionalismo	98,40%
6	Equipe reconhece retorno de clientes (recorrentes)	98,40%
7	Conforto das camas	98,08%
8	Honestidade, abertura e confiança na equipe	97,76%
9	Equipe educada, tratamento com cortesia	97,76%
10	Equipe faz os clientes se sentirem à vontade	97,76%
11	Conforto do hotel	97,76%
12	Atenção por parte da equipe	97,76%
13	Alinhamento e higiene da equipe	97,76%
14	Disponibilidade de banheiro privativo	97,76%
15	Eficiência na operação do hotel/execução ocorre sem dificuldades	97,76%
16	Padrão de manutenção do hotel	97,44%
17	Equipe sensível às necessidades dos hóspedes	97,44%
18	Recepção dos hóspedes (primeiras impressões na chegada)	97,44%
19	Disposição da equipe em prestar os serviços	96,79%
20	Bom senso da equipe	96,79%
21	Entusiasmo e comprometimento em atender às necessidades dos hóspedes	96,15%
22	Equipe possui tato e discrição	96,15%
23	Habilidade de comunicação da equipe	96,15%
24	Toalhas no banheiro privativo (2 ou mais por hóspede)	95,83%
25	Qualidade da comida pelo preço pago	95,51%
26	Eficiência da recepção (<i>check-in</i> , <i>check-out</i> e faturamento)	95,19%
27	Eficiência do serviço de alimentação	95,19%
28	Saudação inicial	94,87%
29	Limpeza dos banheiros nas áreas comuns do hotel	94,87%
30	Presença de televisão no quarto	94,55%

Tabela 1 – Continua na próxima página

Ranking	Atributos importantes (visão da gerência)	Nota
31	Padrão de manutenção do banheiro	94,23%
32	Gerenciamento de reclamações com simpatia	94,23%
33	Padrão de manutenção do quarto	93,91%
34	Atmosfera relaxante dentro do hotel	93,91%
35	Atendimento ao telefone (impressão positiva neste tipo de contato)	93,59%
36	Bom controle de temperatura e pressão de água dos chuveiros	93,59%
37	Valor pelo preço pago pela comida e bebida do restaurante	93,27%
38	Presença de pessoal qualificado	93,27%
39	Tarifa de quarto e serviços inclusos claramente declarados	92,31%
40	Antecipação das necessidades dos clientes pela equipe	92,31%
41	Prontidão do serviço executado	92,31%
42	Adaptabilidade/flexibilidade da equipe	91,67%
43	Serviços prestados conforme solicitados	91,35%
44	Padrão de móveis e acessórios	91,35%
45	Eficiência nos serviços por telefone	91,03%
46	Equipe bem informada sobre o hotel	90,71%
47	Aparência e estado dos uniformes da equipe	89,10%
48	Hospitalidade/Equipe preocupada com a satisfação dos hóspedes	88,46%
49	Qualidade dos equipamentos para manusear os alimentos	88,46%
50	Tratamento de mensagens e eficiência de comunicação	88,46%
51	Qualidade dos espelhos e boa iluminação	87,82%
52	Importância da reputação do hotel	87,50%
53	Linha direta telefônica no quarto	87,18%
54	Chuveiro e banheira no banheiro privado	86,86%
55	Iluminação adequada para leitura no quarto	86,54%
56	Disponibilidade de estacionamento	86,54%
57	Uso do nome do hóspede pela equipe	85,58%
58	Gerência disponíveis aos hóspedes	85,58%
59	Acurácia das ligações para despertar	83,65%
60	Presença de lounge relaxante ou bar	83,33%
61	Equipe informada sobre a área local	82,05%
62	Tranquilidade interna e externa	81,73%
63	Instruções de segurança contra incêndios (clareza de apresentação)	81,09%
64	Decoração interior, ambientação e estética	80,77%

Tabela 1 – Continua na próxima página

Ranking	Atributos importantes (visão da gerência)	Nota
65	Cadeiras confortáveis no quarto	80,45%
66	Disponibilidade da equipe de serviço	80,13%
67	Facilidade de fazer reservas	79,49%
68	Quartos espaçosos	79,17%
69	Serviço pessoal	77,56%
70	Proteção contra ruído entre quartos e banheiros	76,92%
71	Instalações para fazer café e chá dentro do quarto	76,92%
72	Sistema de fechadura do quarto eficiente	76,92%
73	Segurança do hotel e arredores	76,60%
74	Horários flexíveis para abertura do restaurante	75,96%
75	Temperatura controlável nos quarto	75,32%
76	Equipe boa ouvinte	75,32%
77	Atratividade do quarto	75,00%

Resultados de Callan (1997) em tradução livre

Dominici e Guzzo (2010) afirmam que as instalações do hotel, limpeza, espaços para lazer, administração, reputação e segurança são reconhecidas por turistas como importantes para avaliação. Liat et al. (2017) verificaram que a atualização de de *websites* para divulgação do hotel e sistemas de reserva influenciam na percepção dos clientes sobre o hotel. Adicionalmente, Carrasco et al. (2012) avaliaram serviços de hotelaria disponíveis online conforme os seguintes atributos: valor cobrado; quartos; conforto dos quartos; limpeza; limpeza dos quartos; serviço; equipe do hotel; profissionalismo da equipe; procedimento de check-in; instalações; qualidade da comida; localização; vizinhança; condição do hotel; manutenção; qualidade do sono; e, satisfação no geral.

2.2.2 Critérios

Com o objetivo de sugerir uma métrica para avaliação da garantia de serviços, Hays e Hill (2006) desenvolveram um modelo para mensurar a qualidade do serviço, satisfação e lealdade dos clientes a partir dos seguintes critérios: impacto das comunicações de marketing, motivação e visão dos colaboradores e aprendizado através de falhas no serviço. Sendo o último responsável por refletir a habilidade da organização em obter e interpretar os dados, bem como criar planos de ação com base das informações extraídas. Para Lewis (1993), incentivar e recompensar o feedback dos cliente, seja este positivo ou negativo, são fundamentais para a garantir a qualidade do serviço e para estabelecer uma sistemática de feedback construtivo após falhas na execução dos serviços. Dessa forma, analisando o contexto hoteleiro, a percepção dos clientes sobre a falha integrou o conjunto

de critérios estabelecidos.

As avaliações sobre a percepção dos clientes foi revisada por [Callan \(1998\)](#), cujo artigo define uma série de atributos usados por clientes do setor de hotelaria quando precisam selecionar um hotel ou atribuir um nível de qualidade a este serviço. As conclusões foram extraídas a partir de 250 respostas a questionários com 166 atributos a serem avaliados em grau de importância (escala de 7 pontos). Portanto, foram dadas avaliações mais críticas para atributos de maior importância segundo os resultados deste autor.

Falhas de serviço são definidas, segundo [Holloway e Beatty \(2003\)](#), como atividades que resultam da entrega do serviço e que estão abaixo da expectativa do cliente. Este critério está vinculado a capacidade do processo em desempenhar uma função requerida sem a ocorrência de falhas. O reconhecimento das falhas depende de relatórios da empresa que presta o serviço, a fim que seja dado um maior fator de criticidade para falhas recorrentes dentro do processo. Para os autores [Wu e Lo \(2012\)](#), uma falha recorrente na operação do serviço evidencia negligência sobre as reclamações dos clientes, o que afeta diretamente na percepção destes sobre o negócio.

De acordo com [Oliver \(2014\)](#), clientes que têm contato com algum tipo de falha, em média, reportam a 10 pessoas sobre suas experiências negativas. Enquanto que, ao ter uma experiência positiva, a menção dos clientes sobre a qualidade do serviço ocorre para, no máximo, 5 pessoas. Após a ocorrência de uma falha na prestação de um serviço, é essencial que as companhias consigam recuperar a satisfação dos clientes e colaboradores.

De forma semelhante, é notável a importância de recuperar a lealdade do cliente após a falha e aprender com a ocorrência desta. A taxa de recorrência da falha na prestação de serviços mede a frequência com que a organização não consegue entregar um mesmo serviço. [Lapr e \(2011\)](#) indicam que a empresa deve ser responsável por aprender a reduzir essa taxa de forma análoga a outras medidas absolutas, como custo ou tempo de serviço, por exemplo.

Neste sentido, [Maxham e Netemeyer \(2002\)](#) estudaram as reclama es dos clientes de um mesmo banco pelo período de 20 meses. O resultado mostrou que os clientes que reportaram uma segunda falha tinham maiores expectativas sobre a magnitude da recupera o, a ser fornecida pelo banco, após a segunda falha em rela o   primeira. Ou seja, em geral, consumidores aumentam a exigência com a recorrência das falhas.

De acordo com [Tax e Brown \(1998\)](#), clientes esperam ser atendidos em três dimensões: saída (resultado), processo e intera es com colaboradores. Os autores verificaram que o equilíbrio entre as três dimensões justifica 85% sobre a satisfa o dos clientes após a tentativa de recupera o no período pós-falha. Sendo assim, o baixo nível de atendimento em um dos três aspectos influencia diretamente na satisfa o do consumidor. O estabelecimento de indicadores para medir o desempenho do serviço em rela o às falhas,

Quadro 1 – Critérios para mensuração de desempenho em serviços

Realização do serviço	Serviço ao cliente
Tempo de ciclo	Requisições atendidas
Tempo de inatividade	Tempo de espera
Tempo de espera	Custos de garantia
Custos de inspeção e verificação	Retorno
Custos por transação	Reclamações dos clientes
Itens processados	Satisfação dos clientes
Custos de retrabalho	Ações legais
Custos de manutenção	Custos de reparo e de substituição
Taxa de falhas	
Valores fora dos limites críticos	
Custos de treinamento	
Satisfação dos colaboradores	

Nota: Elaborado a partir de [Schultz \(2006\)](#)

segundo [Schultz \(2006\)](#), é importante para direcionar a coleta de dados destas e indicar a proximidade com os padrões estabelecidos, estabilidade dos processos, satisfação dos clientes e esforço dos colaboradores. Esse processo é fundamental para aprender sobre os problemas mapeados e planejar ações que sejam preventivas. Os critérios para mensuração são apresentados no Quadro 1.

Com base nas referências e com as necessidades do negócio estudadas, foram adotados quatro critérios para a implementação da metodologia fuzzy-TOPSIS. Sendo estes relacionados tanto na realização do serviço, quanto no serviço ao cliente (conforme tabela anterior): custos de manutenção e reparo; taxa de falhas (recorrência da falha); satisfação dos clientes; e, tempo de reparo (inatividade).

2.3 FMEA

[Fogliato e Ribeiro \(2009\)](#) definem uma falha como qualquer ocorrência que compromete a qualidade de um produto ou processo. No entanto, [Slack et al. \(2009\)](#) evidenciam que os eventos de falhas podem trazer aprendizado às organizações que, por consequência, podem examinar as causas e implantar procedimentos que minimizem ou eliminem tais ocorrências.

Além disso, segundo a perspectiva apontada por [Fogliato e Ribeiro \(2009\)](#), a ocorrência de falhas em um produto ou processo traz um conjunto de custos dividido em três categorias:

- **Custo de ocorrência de falhas:** custos de correções do produto ou serviço antes da interação com clientes (falhas internas); e, custos de reivindicação de garantias e

reclamações dos clientes após interferência destes (falhas externas);

- **Custo de avaliação:** custos de investigação das falhas, podendo abranger auditorias, inspeções, testes, etc.;
- **Custo de prevenção:** incluem os custos de planejamento de ações preventivas, controles, treinamentos em qualidade para colaboradores, etc.;

Slack et al. (2009) classificam as falhas em seis tipos:

- **Falhas de projeto:** inadequações decorrentes do não-atendimento da demanda do produto ou serviço desde a sua concepção, isto é, por parte de componentes do projeto;
- **Falhas de instalações:** avaria, defeitos ou quebra de recursos físicos da operação manufatureira ou durante a execução do serviço;
- **Falhas de pessoal:** podem ser erros como enganos de julgamento por parte de um membro da equipe, ou violações, sendo estas, ações em desacordo com o procedimento da organização;
- **Falhas de fornecedores:** desvios nos prazos de entrega ou na qualidade dos bens e serviços entregues;
- **Falhas de clientes:** referem-se ao mau uso de produtos ou serviços por parte dos clientes;
- **Falhas de rupturas no ambiente:** envolvem falhas fora do controle direto da operação, tais como: desastres naturais, contaminação de produtos, temperaturas extremas, etc.;

Pintelon e Puyvelde (2013) indicam que, ao utilizar uma estratégia de manutenção, uma série de atividades para maximizar a disponibilidade e confiabilidade do equipamento (ou processo) deverá ser implementada. Chemweno et al. (2017) apontam ganho em estudar modelos que auxiliam a identificação de falhas e consequentes estratégias para mitigá-la. Sendo a manutenção voltada para confiabilidade comumente aplicada em grandes organizações, a avaliação de riscos pode ser facilitada com a aplicação do método *FMEA*.

O método *FMEA* (*Failure Mode and Effects Analysis*) surgiu nos Estados Unidos como aplicação para a indústria bélica e aeroespacial no desenvolvimento de produtos e processos. Conforme Carpinetti et al. (2012), com a propagação das técnicas de gestão de qualidade pelo mundo, esta ferramenta passou a ser utilizada para redução de falhas e de melhoria nas organizações. Stamatis (2003) a estabelece como uma técnica amplamente

usada para identificar e eliminar falhas potenciais provenientes de sistemas, projetos e processos.

Fogliato e Ribeiro (2009) definem a *FMEA* como uma técnica que tem como objetivos: identificar e avaliar falhas potenciais relacionadas a produtos ou serviços; determinar ações que possam reduzir ou eliminar a probabilidade de ocorrência de tais falhas; e, documentar as lições aprendidas com o objetivo de criar referências de consulta para processos futuros. Segundo Carpinetti et al. (2012), as seguintes definições são importantes para a implementação do método:

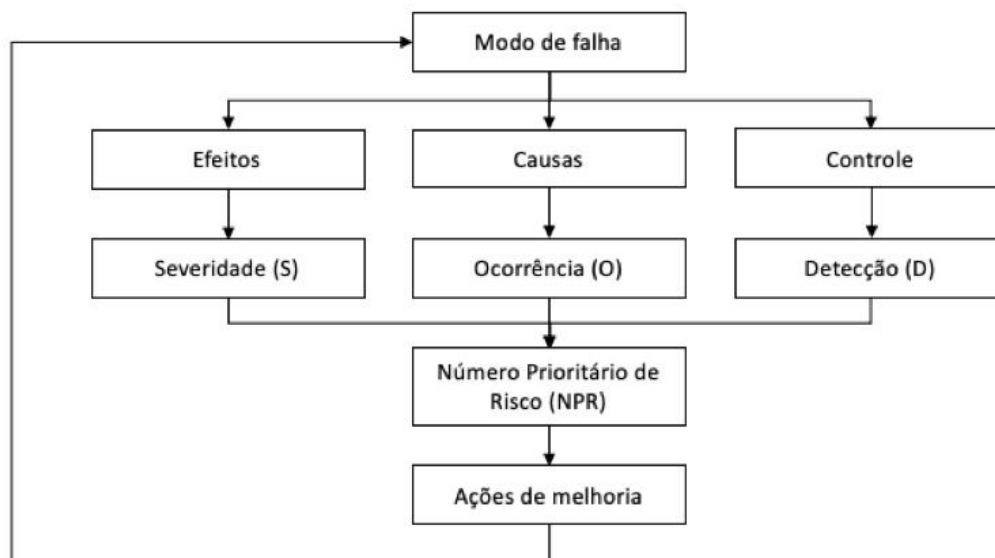
- **Modos de falha:** representa como um componente de um produto ou processo pode falhar, para Corrêa e Corrêa (2000), é a indicação sobre a causa da falha;
- **Efeitos de cada modo de falha sobre o desempenho do produto ou serviço:** são defeitos resultantes dos modos de falhas conforme seriam percebidos pelo cliente. Em geral, cada modo de falha corresponde a um efeito distinto;
- **Causas dos modos de falha:** determinação das causas a partir de dados históricos, diagrama de causa e efeito e experiência da equipe presente na análise;

Para o desenvolvimento, conforme Corrêa e Corrêa (2000), os seguintes parâmetros precisam ser estabelecidos:

- **Severidade (S):** Avaliação sobre o efeito identificado. Logo, refere-se ao impacto que o efeito do modo potencial que a falha tem sobre a operação do sistema. E, é medida por uma escala de 1 a 10, em que 1 significa efeito pouco severo e 10 significa muito severo;
- **Ocorrência (O):** A partir da análise da causa e de outras evidências, representa a probabilidade que a falha venha a ocorrer. Além disso, dados estatísticos são comumente utilizados para estimar os níveis de ocorrência. A avaliação da ocorrência, também, é feita em uma escala adotada de 1 a 10;
- **Detecção (D):** Avaliação sobre a probabilidade de se detectar a falha antes que esta gere o efeito sobre o desempenho. Também é usada uma escala quantitativa de 1 a 10, em que 1 representa a situação favorável e 10 representa a situação desfavorável. Segundo Fogliato e Ribeiro (2009), primeiramente, assume-se que o modo de falha tenha ocorrido e verifica-se a capacidade dos métodos de controle existentes em detectar a falha previamente à operação;

Com base nas avaliações quantitativas dos critérios estabelecidos, os valores atribuídos a severidade, ocorrência e detecção são multiplicados e, assim, é calculado o Número Prioritário de Risco (NPR), cujo intervalo varia de 1 a 1000.

Figura 3 – Esquema do método FMEA



Ou seja, conforme [Carpinetti et al. \(2012\)](#), o método *FMEA* tem três etapas. A primeira abrange a identificação das falhas, suas causas e efeitos e, com base nesta análise, são avaliados os parâmetros e o indicador NPR é calculado. Tendo em vista que as falhas foram ordenadas de acordo com a sua criticidade, planos de ação são definidos para resolução dos problemas. Por fim, é feito um acompanhamento para avaliar se as ações executadas foram eficientes para eliminar ou reduzir as falhas.

Um estudo conduzido por [Stamatis \(2003\)](#) verificou que a *FMEA* tem sido uma das ações preventivas mais importantes utilizadas na manufatura e na manutenção. No entanto, falhas com prioridades distintas podem apresentar valores diferentes de severidade, ocorrência e detecção e, ao serem multiplicados, resultarem em um mesmo valor de NPR. Dessa forma, a combinação desta técnica com o uso de avaliações subjetivas e conjuntos *fuzzy* podem reduzir tais distorções no cálculo do risco, como mostram os estudos de: [Song et al. \(2014\)](#), [Franceschini e Galetto \(2001\)](#), [Bowles e Peláez \(1995\)](#), [Braglia, Frosolini e Montanari \(2003\)](#).

Segundo [Bian et al. \(2018\)](#), o método apresenta algumas limitações ao considerar somente o valor de NPR, dado ao grau de subjetividade no momento da avaliação. Uma forma de mitigar esses efeitos é determinar pesos para as avaliações dos especialistas, e métodos baseados em tomada de decisão multicritério foram propostos na literatura, em particular, o método TOPSIS. Como visto em: [Selim, Yunusoglu e Balaman \(2016\)](#), [Gu, Cheng e Qiu \(2019\)](#), [Vahdani, Salimi e Charkhchian \(2015\)](#), [Ahmadi, Molana e Sajadi \(2017\)](#)

2.4 Fuzzy-TOPSIS

2.4.1 TOPSIS

Bazerman e Moore (2012) indicou seis passos para um processo de tomada de decisão:

1. Definir o problema;
2. Identificar os critérios;
3. Estabelecer pesos aos critérios;
4. Gerar alternativas;
5. Avaliar cada alternativa conforme o critério;
6. Estabelecer uma decisão otimizada.

Hwang e Yoon (1981) desenvolveram o método *TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) ou, técnica para avaliar o desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal, em tradução livre. A partir do conceito de que a melhor alternativa para uma decisão deve ter, simultaneamente, a menor distância da solução ideal positiva e maior distância da solução ideal negativa.

Dessa forma, o método *TOPSIS* avalia m alternativas associadas a n critérios organizados a partir de uma matriz de decisão. Adicionalmente, são atribuídos pesos aos critérios, uma vez que nem todos podem ser assumidos com o mesmo nível de importância e, portanto, tais pesos são conferidos pelos tomadores de decisão. Além disso, cada atributo na matriz de decisão requer uma utilidade crescente ou decrescente, ou seja, quanto maior for o resultado de uma alternativa com respeito a um critério, maior será a preferência por critérios de benefício, em contraste aos critérios de custo que devem ser preferencialmente menores. Sendo assim, a solução ideal positiva maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo; de forma análoga, a solução ideal negativa minimiza os critérios de benefício e maximiza os critérios de custo. Em sucessão à determinação das soluções ideais, são calculadas as distâncias relativas entre estas e cada alternativa da matriz de decisão. Por fim, o coeficiente de aproximação é calculado para ordenar as alternativas de forma decrescente.

Roy (1981) identificou quatro tipos de tomada de decisão:

1. **Problemas de escolha:** o objetivo é selecionar uma opção melhor dentre um grupo de opções ou reduzir tal grupo de opções, de modo a sobrar as mais relevantes;

Quadro 2 – Tipos de problemas e métodos recomendados

Escolha	Ordenação	Triagem	Descrição
AHP	AHP	AHPSort	GAIA, FS-Gaia
ANP	ANP		
MAUT/UTA	MAUT/UTA	UTADIS	
MACBETH	MACBETH		
PROMETHEE	PROMETHEE	FlowSort	
TOPSIS	TOPSIS		
Goal Programming			
DEA	DEA		

Nota: visto em [Ishizaka e Nemery \(2013\)](#)

- 2. Problemas de triagem:** as alternativas devem ser ordenadas dentro de categorias a partir de aspectos semelhantes entre estas;
- 3. Problemas de ordenação:** as opções devem ordenadas da melhor para a pior com base em avaliações, notas ou comparações entre pares;
- 4. Problemas de descrição:** o objetivo é descrever as opções e suas consequências, este tipo é, geralmente, o primeiro passo para entender as características da tomada de decisão.

[Ishizaka e Nemery \(2013\)](#) recomendam o método *TOPSIS* para a resolução de problemas de escolha e de ordenação devido ao caráter numérico e de fácil interpretação das saídas e afirmam que o método requer poucas entradas do usuário. [Mittal e Sangwan \(2015\)](#) se referem ao método como uma técnica prática para ordenação e seleção de alternativas possíveis através do cálculo de distâncias euclidianas. Similarmente, [Parkan e Wu \(1999\)](#) apontam a fácil identificação da melhor alternativa como principal vantagem do método *TOPSIS*.

Para [Opricovic e Tzeng \(2004\)](#), o método também é recomendado em casos de prevenção de risco e de falha porque, assim como é possível estabelecer critérios para maximizar o lucro, também é adequado maximizar o risco a ser evitado, de modo a analisar a criticidade dentre as alternativas de um processo.

O método *TOPSIS*, desenvolvido por [Hwang e Yoon \(1981\)](#), avalia m alternativas associadas a n critérios organizados a partir da matriz de decisão:

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & a_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad (2.1)$$

sendo,

A_i , a i -ésima alternativa considerada;

X_{ij} é o resultado numérico da avaliação da alternativa i com respeito ao j -ésimo critério.

São atribuídos pesos aos critérios, uma vez que nem todos podem ser assumidos com o mesmo nível de importância e estes são conferidos pelos tomadores de decisão e ordenados em um vetor:

$$w = \langle w_1, w_2, \dots, w_n \rangle. \quad (2.2)$$

Sendo, w_j um peso para o critério C_j e obedecendo:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1. \quad (2.3)$$

- **Etapa 1:** Normalizar a matriz de decisão

O primeiro passo do algoritmo transforma os atributos dimensionais em adimensionais, possibilitando a comparação entre os critérios. Dessa forma, dividem-se as avaliações de cada critério pela norma do vetor de avaliação total para cada critério em questão. Sendo assim, cada elemento da matriz D é normalizado através do cálculo:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{i,j}^2} \quad (2.4)$$

- **Etapa 2:** Ponderar a matriz de decisão normalizada

Nesta fase, são incorporados os pesos adotados para os critérios na matriz de decisão. A ponderação é feita através da multiplicação de cada coluna da matriz de decisão normalizada previamente com o respectivo peso w_j associado. Dessa forma, a matriz resultante V é representada por:

$$V = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & \cdots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

- **Etapa 3:** Determinar as soluções ideais positivas A^+ e negativas A^- para cada critério, sendo os valores selecionados da seguinte forma:

$$A^+ = \{(max_i v_{ij} | j \in J^+), (min_i v_{ij} | j \in J^-) | i = 1, \dots, m\} = \{v_1^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\} \quad (2.6)$$

$$A^- = \{(min_i v_{ij} | j \in J^+), (max_i v_{ij} | j \in J^-) | i = 1, \dots, m\} = \{v_1^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \quad (2.7)$$

Em que, J^+ representam os critérios de benefício e J^- os critérios de custo.

- **Etapa 4:** Calcular as distâncias entre as alternativas e as soluções ideais positivas e negativas

Tais distâncias são medidas a partir dos cálculos de distâncias Euclidianas. A distância entre cada alternativa e a solução ideal positiva é calculada conforme:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (n_{ij} - n_j^+)^2} \quad (2.8)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (n_{ij} - n_j^-)^2} \quad (2.9)$$

- **Etapa 5:** Calcular as proximidades relativas à solução ideal

A distância relativa de A_i com respeito a A^+ é dada por:

$$C_{i+} = 1 \longrightarrow A_i = A^+ \quad (2.10)$$

$$C_{i+} = 1 \longrightarrow A_i = A^- \quad (2.11)$$

Uma alternativa A_i é mais próxima da ideal A^+ se C_{i+} for próxima de 1.

- **Etapa 6:** Classificar as alternativas em ordem decrescente de proximidades relativas

Ordenam-se os resultados das proximidades relativas, definidos no intervalo $[0; 1]$, de forma decrescente e as melhores alternativas são aquelas cujo desempenho global é mais próximo de 1.

2.4.2 Fuzzy

Avaliações binárias não descrevem os níveis de maturidade que uma organização pode apresentar para um dado critério. Em contraponto, [Hays e Hill \(2006\)](#) argumentam que aspectos como a garantia da qualidade em serviços deve ser avaliada como uma variável contínua com intervalos entre a insuficiência e a excelência destes. Para [Benitez, Martín e Román \(2007\)](#), ao avaliar o nível da qualidade de um serviço, normalmente se atribuem categorias como saída deste processo. Além disto, a avaliação feita através de variáveis categóricas, cujos valores são palavras ou sentenças que indicam um posicionamento favorável (“bom”, “muito bom”), neutro (“regular”) ou desfavorável (“ruim”, “muito ruim”) sobre o objeto em questão, são imprecisas. Sendo assim, a aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy* nestas situações, conforme [Ross et al. \(2004\)](#) e [Mittal e Sangwan \(2015\)](#), tem sido mostrada como benéfica para fortalecer o entendimento no processo de tomada de decisão.

[Ross et al. \(2004\)](#) afirmam que a implementação da lógica *fuzzy* se mostrou bem-sucedida em dois tipos de situações:

1. Modelos com grande complexidade em que o entendimento é limitado ou subjetivo;
2. Processos em que o raciocínio, percepção e poder de decisão humanos não podem ser substituídos;

De forma análoga, [Kahraman et al. \(2007\)](#) vinculam o bom desempenho do uso da lógica *fuzzy* a duas características: combinação com modelagens complexas, especialmente para modelos matemáticos difíceis de derivar; e, viabilização de tomadas de decisão com base em valores estimados e dados incompletas.

[Zadeh \(1965\)](#) desenvolveu a lógica *fuzzy* e estabeleceu que, para um elemento em um universo que contém conjuntos *fuzzy*, a transição de elementos entre universos diferentes é gradual. Uma vez que, um conjunto *fuzzy* possui elementos que tem graus variados de pertinência, estes são mapeados por uma função com valores de pertinência. Esta função leva elementos de um conjunto *fuzzy* para números reais no intervalo $[0,1]$. A representação do grau de pertinência (associação) de um elemento x no conjunto *fuzzy* A é dada pela notação $\mu_{\bar{A}}(x) \in [0, 1]$. Dessa forma, quanto maior for o grau de pertinência, maior é a indicação de que o elemento x pertença ao conjunto A .

Ao resolver problemas que envolvam avaliação de serviços por parte dos clientes, dados não precisos são comumente coletados neste processo. Por outro lado, conceder avaliações objetivas por parte dos clientes é um desafio, segundo [Benitez, Martín e Román \(2007\)](#), uma vez que os atributos escolhidos para avaliação são caracterizados por subjetividade, imprecisão e ambiguidade. Um estudo comparativo foi realizado entre opiniões de viajantes frequentes e colaboradores do setor hoteleiro em busca de boas práticas

da área. As avaliações dos clientes dependem de suas concepções sobre a definição dos atributos listados pelas pesquisas e percepção de valor recebido em relação às expectativas.

Durante o processo de avaliação, os consumidores são comumente imprecisos. Assim, Zimmermann (2011) modelaram problemas semelhantes com o uso de conjuntos fuzzy e estes se mostraram eficientes na formulação das tomadas de decisão.

Um número *fuzzy* é usado para representar a opinião dos tomadores de decisão para os critérios medidos, números *fuzzy* são subconjuntos de conjuntos fuzzy e são definidos por funções de pertinência. O uso de números *fuzzy* triangulares foi adotado comumente na literatura, como visto em: Laarhoven e Pedrycz (1983), Fayek e Omar (2016), Selim, Yunusoglu e Balaman (2016).

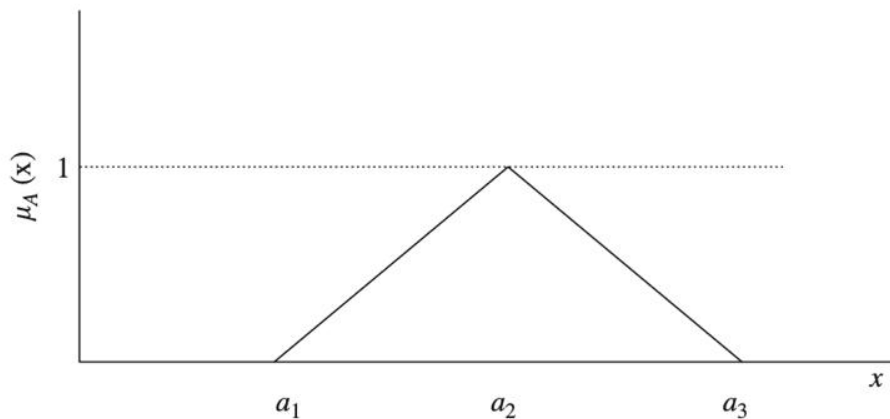
Números *fuzzy* triangulares correspondem à tripla:

$$\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3), \quad (2.12)$$

sendo a função de pertinência definida conforme:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{x-a_3}{a_2-a_3}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & c.c. \end{cases} \quad (2.13)$$

Figura 4 – Gráfico da função de pertinência para números *fuzzy* triangulares



Para um número *fuzzy* a_i definido pela função de pertinência triangular $\mu_A(x)$, a tripla $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ define sua localização em uma linha real x . Em que a_1 e a_3 representam os valores extremos à esquerda e a direita do número *fuzzy* \tilde{a} , sendo a função de pertinência nestes pontos: $\mu_{\tilde{a}}(a_1) = \mu_{\tilde{a}}(a_3) = 0$. Sendo a_2 o valor para função de pertinência máxima: $\mu_{\tilde{a}}(a_2) = 1$.

Números *fuzzy* triangulares requerem operações matemáticas básicas e facilitam a classificação do resultado final do algoritmo, para Ribeiro (1996), tal processo seria mais

difícil de realizar para funções mais complexas. [Driankov, Hellendoorn e Reinfrank \(2013\)](#) verificaram que funções de pertinência mais complexas também aumentam a complexidade computacional, no entanto, sem vantagens significativas.

Sejam dois números *fuzzy* com função de pertinência triangular, $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ e $\tilde{b} = (b_1, b_2, b_3)$, as operações são definidas da seguinte forma:

$$\tilde{a}(+) \tilde{b} = (a_1, a_2, a_3)(+)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

$$\tilde{a}(-) \tilde{b} = (a_1, a_2, a_3)(-)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3)$$

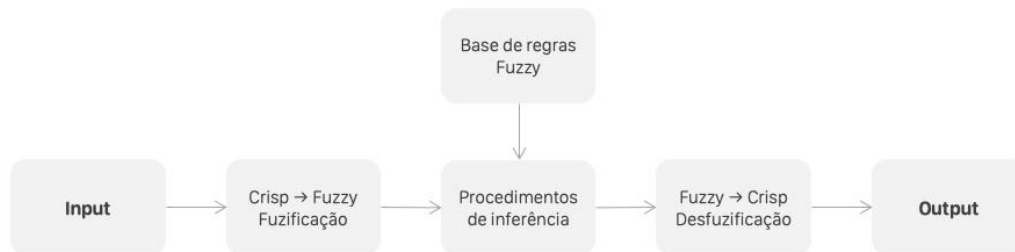
$$\tilde{a}(*) \tilde{b} = (a_1, a_2, a_3)(*)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3)$$

$$\tilde{a}(/) \tilde{b} = (a_1, a_2, a_3)(/)(b_1, b_2, b_3) = (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/b_1)$$

$$k\tilde{a} = k(a_1, a_2, a_3) = (ka_1, ka_2, ka_3)$$

Essa metodologia é usada para formulação de problemas complexos e de difícil modelagem, se usada somente a matemática clássica. [Ruiz \(2017\)](#) afirma que, portanto, dados podem ser obtidos e submetidos a um processo para traduzí-los em números *fuzzy*, permitindo o tratamento destes segundo operações *fuzzy*. E, posteriormente, podem passar pelo processo inverso para serem expostos da forma clássica.

Figura 5 – Estrutura geral de um sistema de inferência *fuzzy*



2.4.3 Fuzzy TOPSIS

Segundo [Krohling e Campanharo \(2009\)](#), o método *TOPSIS* sofre críticas por não captar a imprecisão inerente às avaliações dos tomadores de decisão, uma vez que o algoritmo clássico formulado por [Hwang e Yoon \(1981\)](#) trata as avaliações como valores numéricos a partir de julgamentos pessoais. [Triantaphyllou e Lin \(1996\)](#) desenvolveram uma versão do método *TOPSIS*, sendo que os valores das avaliações são representados por números *fuzzy*, integrando operações dos números *fuzzy*, o que direciona a um resultado *fuzzy* para as proximidades relativas obtidas pelo *TOPSIS*.

[Braglia, Frosolini e Montanari \(2003\)](#) concluíram que o método de análise multicritério *TOPSIS* pode ser integrado, com sucesso, a números *fuzzy* triangulares no momento

da designação das avaliações pelos tomadores de decisão e, adicionalmente, podem ser usados para analisar criticidade em diversas aplicações. Boran, Genç e Akay (2011) o consideram como uma ferramenta efetiva para situações onde há múltiplos critérios e problemas subjetivos.

Chen (2000) incorporou números *fuzzy* triangulares ao método *TOPSIS*, assumindo as soluções ideais positiva e negativa como (1,1,1) e (0,0,0), respectivamente. Além disso, o autor utilizou o método de normalização linear, facilitando esta etapa no algoritmo *TOPSIS*.

Benitez, Martín e Román (2007) avaliaram a performance de três hotéis em diferentes datas (alternativas), solicitando aos clientes que avaliassem a qualidade do serviço em 13 diferentes atributos do hotel (critérios). Os autores escolheram o método *fuzzy-TOPSIS* para ordenar a performance das observações adquiridas, tendo como objetivo, fornecer às gerências dos hotéis discussões e análises sobre pontos de melhoria. Tais gerências tiveram a oportunidade de criar estratégias para elevar o desempenho dos pontos que não foram bem qualificados.

O método *fuzzy-TOPSIS* permite a avaliação de alternativas sob diferentes critérios por meio de medidas de distância. Cada alternativa é medida em relação sua solução ideal positiva *fuzzy* e, também, em relação a sua solução ideal negativa. De maneira geral, essa metodologia segue os passos descritos na Seção 2.4, com a substituição de números por números *fuzzy* como avaliações para as alternativas, bem como operações adequadas a estes números. Assim, cada elemento da matriz de decisão será dado por:

$$x_{ij} = \frac{1}{K}(x_{i1j} + \dots + x_{iKj}) \quad (2.14)$$

Cada elemento será um número *fuzzy* $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$. E cada elemento do vetor peso de critérios será dado por:

$$w_j = \frac{1}{K}(w_{j1} + \dots + w_{jK}) \quad (2.15)$$

Em que K é o número de tomadores de decisão.

A normalização é feita de modo distinto do *TOPSIS* convencional, e é dada por:

- Soluções ideais positivas (benefícios): $v_{j+} = (1, 1, 1)$

$$r_{ij}^+ = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad (2.16)$$

em que, $c_j^* = \max(c_{ij})$

- Soluções ideais negativas (custos): $v_{j^-} = (0, 0, 0)$

$$r_{ij}^- = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}} \right), \quad (2.17)$$

em que, $a_j^- = \min(a_{ij})$

Esse método preserva a propriedade que o intervalo de um número *fuzzy* normalizado permaneça entre $[0,1]$. Uma vez que a matriz de decisão é normalizada, aplicam-se os pesos w_j a cada elemento desta: $v_{ij} = r_{ij}(\cdot)w_j$. Calculam-se as distâncias euclidianas entre as alternativas em questão e as soluções ideais (positivas e negativas) da seguinte forma:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), i = 1, \dots, m, \quad (2.18)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i = 1, \dots, m, \quad (2.19)$$

em que:

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2 \right]} \quad (2.20)$$

E, por fim, calculam-se as proximidades relativas entre as soluções ideais positivas e negativas. Sendo que os valores de tais proximidades determinam a ordem as alternativas a serem priorizadas no plano de manutenção.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i = 1, \dots, m \quad (2.21)$$

Essa abordagem consiste em coletar repostas com termos ou variáveis categóricas para perguntas subjetivas com uso dos números fuzzy triangulares. E, posteriormente, tratar esses dados com a aplicação do método *TOPSIS* para auxiliar na tomada de decisão.

3 Metodologia

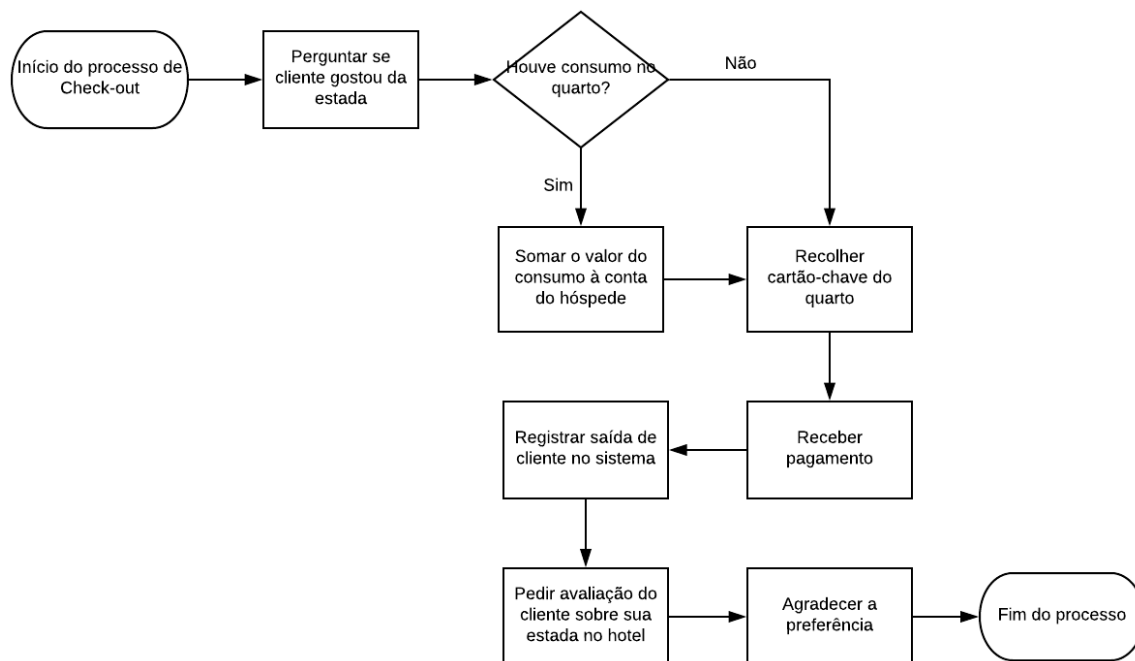
Seguindo o modelo *TOPSIS*, inicialmente, criado por [Hwang e Yoon \(1981\)](#) e, posteriormente, modificado por [Triantaphyllou e Lin \(1996\)](#) para abranger números *fuzzy*, o presente trabalho implementa o método fuzzy-TOPSIS no setor de serviços hoteleiro. O método foi aplicado para ordenar linearmente as alternativas de falhas em um hotel levando em consideração cinco critérios estabelecidos: *FMEA*, custos de manutenção e reparo; taxa de falhas (recorrência da falha); satisfação dos clientes; e, tempo de reparo (inatividade). A escala proposta utiliza 7 graus, sendo o 1 de menor criticidade e o 7 representa a maior criticidade. [Green e Tull \(1970\)](#) fizeram uso de várias escalas de sete pontos para ilustrar aplicações em *marketing*.

Para atender a este propósito, foi elaborado código em linguagem R apresentado no Apêndice A. Foi adotada a perspectiva de cliente para o mapeamento dos processos, de modo a avaliar a posição dos consumidores na realização de serviços hoteleiros e mapear a sequência destas tarefas. Para delimitar o processo a ser mapeado, foi feita uma análise *in loco*.

3.1 Mapeamento dos processos hoteleiros

Esta fase do estudo foi dedicada ao mapeamento de processos internos de um hotel da Região dos Lagos, no interior do estado do Rio de Janeiro. Por se tratar dos processos de um hotel, foi definido que o mapeamento contemplaria o ciclo de serviço, isto é, segundo [Albrecht e Bradford \(1992\)](#), uma cadeia contínua de eventos pela qual o cliente passa à medida que experimenta o serviço prestado. Sendo assim, o ciclo de serviços hoteleiro abrange todos os processos que um hóspede vivencia, desde o momento da reserva até o momento em que deixa as instalações do hotel.

Adicionalmente ao ciclo de serviços (Figura 9), foram mapeados alguns dos processos internos necessários para atender os clientes dentro do ciclo já citado, tais processos foram: reserva (Figura 8), *check-in* (Figura 7), higienização dos apartamentos (Figura 10) e *check-out* (Figura 6). Além disso, por simplicidade, foram excluídos do mapeamento serviços como: lavanderia, serviço de quarto, spa, dentre outros, pois, o objetivo era abranger atividades regulares e buscar o entendimento de quais ações seriam mais críticas do ponto de vista da manutenção. E, portanto, estes serviços aditivos não foram contemplados no plano de manutenção. Foi escolhido o fluxograma do tipo diagrama de blocos para representar graficamente os processos do presente trabalho.

Figura 6 – Mapeamento do processo de *check-out*

3.2 Escolha de alternativas e critérios

Os mapeamentos dos processos internos possibilitaram uma visão detalhada dos procedimentos hoteleiros e quais ações eram mais críticas no sentido de representar uma eventual falha no sistema. Dessa forma, foram selecionadas 30 alternativas de falhas decorrentes de problemas nos processos mostrados no Quadro 3.

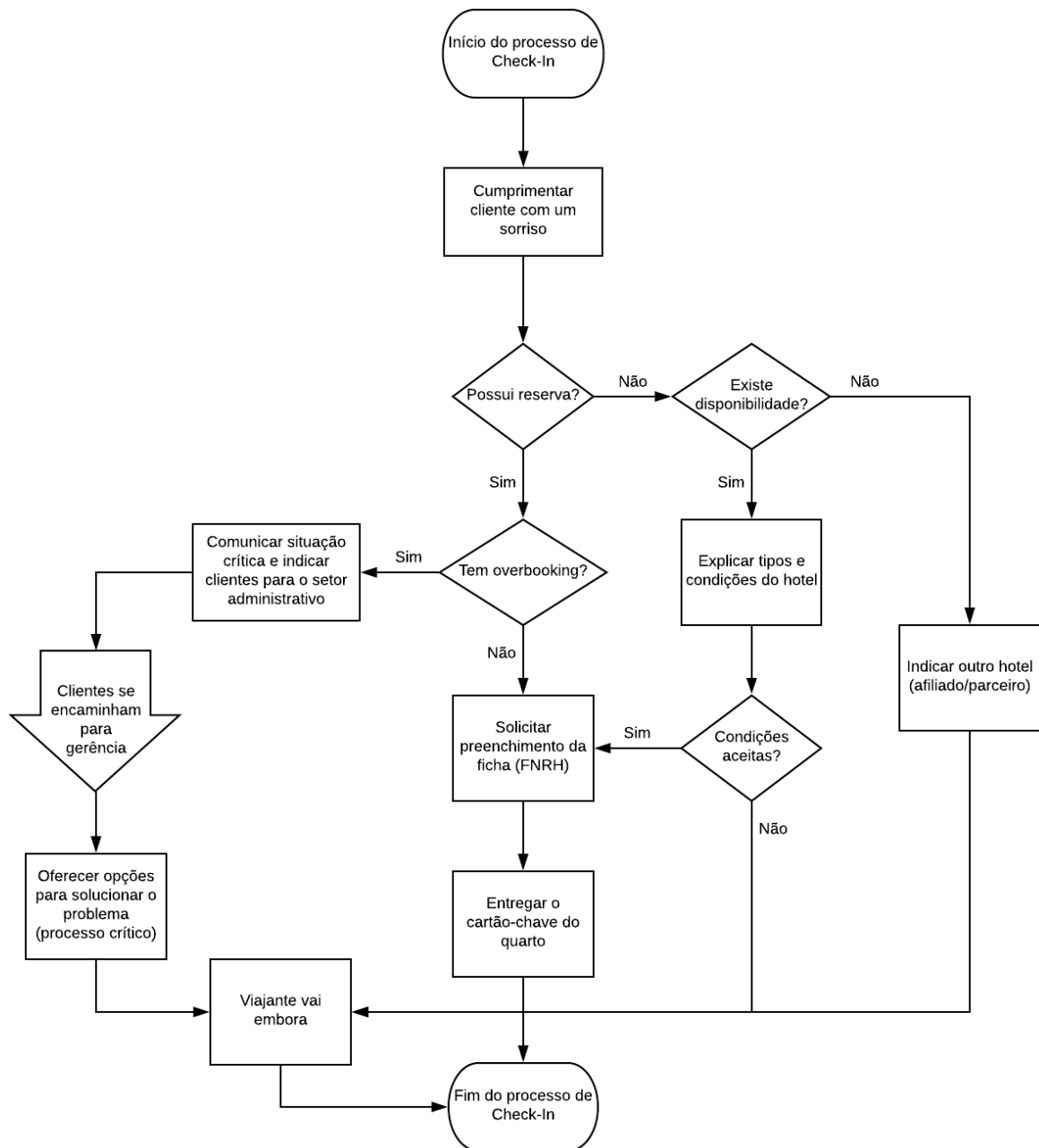
O método *TOPSIS* consiste na ordenação de alternativas com base nos critérios estabelecidos a partir da avaliação de especialistas, de modo que tais alternativas tenham, simultaneamente, a menor distância da solução ideal positiva e a maior distância da solução ideal negativa. Sendo que a solução ideal positiva maximiza os critérios de benefícios e, em contrapartida, a solução ideal negativa maximiza os critérios de custos. Como a avaliação do tomador de decisão contém certo grau de incerteza, foi escolhida a adaptação do método *TOPSIS* com o uso de números *fuzzy* proposta por Chen (2000).

A avaliação da qualidade do serviço prestado por hotéis é um processo contínuo e é necessário que ocorra monitoramento constante para atingir *feedbacks* em diferentes critério. Para o propósito deste trabalho, revisar a literatura acerca dos atributos mais importantes na perspectiva dos clientes do setor hoteleiro se fez necessária. Após avaliação, foram selecionados os seguintes critérios de observação para serem ordenados em uma matriz, e notas em forma de números *fuzzy* triangulares serão atribuídos para cada elemento desta.

- **FMEA:** avaliações calculadas através do NPR (Número Prioritário de Risco), cujo

Quadro 3 – Alternativas de falhas potencialmente críticas

	Alternativa de falha
1	<i>Overbooking</i>
2	Não-disponibilidade de vagas durante a reserva (<i>websites</i> , telefone, etc.)
3	Filas durante o processo de <i>check-in</i> e <i>check-out</i>
4	Mau atendimento ao cliente
5	Falta de treinamento dos funcionários
6	Demora na execução dos pedidos
7	Não cumprimento de aspectos prometidos na divulgação do hotel
8	Falta de um serviço normalmente oferecido
9	Alimentos em falta
10	Limpeza inadequada dos apartamentos e banheiros
11	Limpeza inadequada das instalações do hotel
12	Falta de toalhas nos banheiros (duas por hóspede)
13	Falta de eficiência no faturamento
14	Limpeza de equipamentos e louças para setor de alimentação
15	Falta de instruções claras de segurança contra incêndios fixada na porta dos apartamentos
16	Falha no controle de temperatura da água do chuveiro e pias
17	Falha no sistema de tranca eletrônica dos quartos
18	Falha na segurança no interior e arredores das instalações do hotel
19	Não-cumprimento dos horários de funcionamento de serviços
20	Temperatura não-controlável dos quartos (aquecimento/resfriamento)
21	Colchões desconfortáveis
22	Aparelhos eletrônicos com defeitos
23	Avárias nos móveis e utensílios dos apartamentos
24	Roupa de cama fora dos padrões de limpeza
25	Falta de qualidade dos alimentos (café da manhã ou restaurante)
26	Falta de isolamento acústico
27	Elevador em manutenção ou com defeito
28	Ausência de kit de amenidades
29	Falta de dedetização das instalações
30	Estacionamento lotado (quando houver)

Figura 7 – Mapeamento do processo de *check-in*

valor é a multiplicação dos três parâmetros enunciados (Probabilidade, Severidade e Detecção) em uma escala de 1-10 para cada um;

- **Custo de reparo:** cada falha apresenta um custo de reparo associado e são considerados os mais críticos aqueles que representam o maior valor;
- **Recorrência de falha:** representa a reincidência da falha ocorrer, é dado um maior fator de criticidade para falhas recorrentes dentro do processo. Este critério depende de relatórios da empresa que presta o serviço;

Quadro 4 – Categorias para avaliação das alternativas e números *fuzzy* correspondentes

Criticidade	Número <i>fuzzy</i>
Muito baixa	(0, 0, 1)
Baixa	(0, 1, 3)
Média-baixa	(1, 3, 5)
Média	(3, 5, 7)
Média-alta	(5, 7, 9)
Alta	(7, 9, 10)
Muito alta	(9, 10, 10)

Quadro 5 – Escala para avaliação de parâmetros da *FMEA*

Severidade	Escala	Ocorrência	Escala	Detecção	Escala
Muito alta	9 - 10	Muito alta	9 - 10	Muito remota	10
Alta	7 - 8	Alta	7 - 8	Remota	8 - 9
Moderada	5 - 6	Moderada	5 - 6	Baixa	6 - 7
Baixa	3 - 4	Baixa	3 - 4	Moderada	4 - 5
Mínima	1 - 2	Mínima	1 - 2	Alta	2 - 3
				Muito alta	1

Nota: Baseado em [Fogliato e Ribeiro \(2009\)](#)

- **Tempo de reparo:** falhas que demandam um maior tempo de reparo serão apontadas como mais críticas;
- **Percepção dos clientes:** este critério indica quais falhas são mais críticas do ponto de vista dos hóspedes. As avaliações deste critério foram feitas com base em [Callan \(1997\)](#) que define atributos usados por clientes do setor de hotelaria quando precisam selecionar um hotel ou atribuir um nível de qualidade a este serviço. As conclusões foram extraídas a partir de 250 respostas a questionários com 166 atributos avaliados em grau de importância (escala de 7 pontos). Portanto, foram dadas avaliações mais críticas para atributos de maior importância segundo os resultados deste autor;

3.3 Avaliação e matrizes de entrada

Segundo [Selim, Yunusoglu e Balaman \(2016\)](#), cada falha será avaliada segundo os critérios estabelecidos em uma escala de sete números *fuzzy*, estes se referem às categorias usadas para qualificar a criticidade das falhas, e são expostas abaixo:

A primeira etapa na composição da matriz *fuzzy* é estabelecer avaliações para os três parâmetros de *FMEA*. Portanto, as alternativas foram mensuradas com base na tabela abaixo:

Foram consideradas características e dados sobre o processo do hotel simulado a fim de compor a Tabela 2 e 3. Trata-se de um hotel-*resort* de médio porte situado em uma cidade turística no interior do estado do Rio de Janeiro. O hotel oferece serviços além de hospedagem básica como: bar, restaurante e estacionamento próprio. As avaliações foram feitas com base nas referências Callan (1998), Vasconcelos e Lezana (2014) e Benitez, Martín e Román (2007); bem como, visitas a hotéis da região. Sendo estas informações agregadas como julgamento de um especialista simbolizados nos pesos atribuídos, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Pesos atribuídos aos critérios

NPR	Custo de reparo	Recorrência	Tempo de reparo	Percepção do cliente
0,2	0,3	0,1	0,1	0,3

Foram coletadas alternativas de manutenção e critérios de observação (sendo a *FMEA* uma das avaliações) para serem ordenados em uma matriz, representados por números *fuzzy* e atribuídos para cada elemento desta. Um fator contribuinte para a escolha dos números *fuzzy* triangulares se pautou no fácil entendimento da representação gráfica. Um número *fuzzy* triangular genérico é definido pela tripla $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$, o que representa o menor, central e maior valor, respectivamente. Sendo, para Braglia, Frosolini e Montanari (2003), a distribuição das avaliações dos especialistas retratada com clareza, em que o ponto central representa, com maior proximidade, o julgamento do profissional.

3.4 Implementação em linguagem R

O código completo pode ser encontrado no Apêndice A.

3.4.1 FMEA

A primeira etapa da execução do programa é a solicitação dos parâmetros de entrada necessários aos cálculos do método *FMEA*. Após a inserção manual dos dados, através de um documento em formato *.csv*, o algoritmo realiza os cálculos e imprime na tela os resultados obtidos.

O NPR demonstra o risco de falha nos três parâmetros usados na *FMEA* (ocorrência, severidade e detecção). Para calcular esses valores em relação às alternativas das falhas hoteleiras, foram verificados dados históricos do estabelecimento estudado. Assim, ocorre a análise quantitativa na escala de 1-10 para cada alternativa de acordo com os parâmetros mencionados.

```
carregar = read.table("fmea.csv", header = T, sep = ";", dec = ".")
```

Tabela 3 – Avaliações dos parâmetros de *FMEA* para as 30 alternativas e valores calculados para o Número Prioritário de Risco (NPR)

Probabilidade	Severidade	Detecção	NPR
2	10	1	20
4	7	2	56
4	5	3	60
4	10	3	120
5	10	2	100
3	7	3	63
3	8	3	72
3	8	3	72
4	7	2	56
3	10	4	120
3	9	3	81
2	5	4	40
4	6	4	96
3	9	3	81
2	10	2	40
5	9	4	180
5	9	2	90
2	10	2	40
1	9	3	27
4	9	4	144
3	9	2	54
4	8	3	96
4	8	3	96
4	8	3	96
4	7	5	140
3	9	4	108
3	8	1	24
2	6	3	36
2	10	5	100
5	9	3	135

```
# lê a planilha em excel salva no formato CSV e a transforma em matriz
```

```
#Dimensões da matriz carregada acima
```

```
vec = c(dim(carregar))
```

```
linha = vec[1]
```

```
coluna = vec [2]
```

```
#Função para calcular NPR (multiplicação dos três parâmetros da FMEA)
```

```
calcularRPN = function(){
```

```
y = 1
```

Tabela 4 – Avaliações (em números *fuzzy*) dos critérios estabelecidos

Custo de reparo	Recorrência	Tempo de reparo	Percepção do cliente
(9, 10, 10)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)
(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)
(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)
(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)
(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)
(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)
(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(3, 5, 7)
(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)

```

x = 1
produto = 1
rpn = c()

for (y in (1:coluna)){
  cols = c(carregar[,y])
  for (x in (1:linha)){
    produto = cols[x] * produto
  }
  rpn = append(rpn,produto)
  produto = 1

```



```

}
return(rpn)
}

```

Com o objetivo de encontrar o número *fuzzy* equivalente para os valores obtidos de NPR, são divididos em sete intervalos de frequência com base na Tabela 4. Sendo assim, os resultados do método *FMEA* são transpostos para números fuzzy que irão compor a matriz de decisão *fuzzy-TOPSIS*.

Tabela 5 – Representação do Número Prioritário de Risco em número *fuzzy*

Variável linguística	Número <i>fuzzy</i>	RPN
Muito baixo	(0,0,1)	383 - 556
Baixo	(0,1,3)	556 - 729
Baixo - mediano	(1,3,5)	729 - 902
Mediano	(3,5,7)	902 - 1075
Mediano - alto	(5,7,9)	1075 - 1248
Alto	(7,9,10)	1248 - 1421
Muito alto	(9,10,10)	1421 - 1594

Fonte: [Selim, Yunusoglu e Balaman \(2016\)](#)

Com base na Tabela 5, foi implementado o cálculo dos limites inferior e superior para auxiliar na transposição dos Números Prioritários de Risco para números *fuzzy*.

```

#Valores superiores do intervalo:
fuzzyficationsup = function (){

minimo = min(NPR)
maximo = max (NPR)
n_freq = (maximo - minimo)/7
f = 1
frequencias = c()
for (f in 1:7){
freq = minimo + (n_freq*f)
frequencias = append(frequencias, freq)}
return(frequencias)
}

#Valores inferiores do intervalo:
fuzzyficationinf = function (){

```

```

minimo = min(NPR)
maximo = max (NPR)
n_freq = (maximo - minimo)/7
f = 0
frequencias2 = c()
for (f in 0:6){
freq = minimo + (n_freq*f)
frequencias2 = append(frequencias2, freq)}
return(frequencias2)
}

vetor_freq_inf = fuzzyficationinf()
vetor_freq_sup = fuzzyficationsup()

```

Tabela 6 – Limites inferior e superior para classificação do NPR em número *fuzzy*

Variável linguística	Número <i>fuzzy</i>	RPN
Muito baixo	(0,0,1)	20,00 - 42,85
Baixo	(0,1,3)	42,85 - 65,71
Baixo - mediano	(1,3,5)	65,71 - 88,57
Mediano	(3,5,7)	88,57 - 111,43
Mediano - alto	(5,7,9)	111,43 - 134,29
Alto	(7,9,10)	134,29 - 157,14
Muito alto	(9,10,10)	157,14 - 180,00

O agrupamento dos números prioritários de risco em relação aos intervalos estabelecidos é feita através de uma função que aloca cada número no intervalo em que este se encontra. Sendo feito o agrupamento, cada intervalo corresponde a um número *fuzzy* e a matriz *fuzzy* dos NPR já pode ser agregada à matriz de decisão *fuzzy*.

3.4.2 Fuzzy-TOPSIS

O primeiro critério já foi estabelecido com o cálculo dos NPR na seção anterior. É importante destacar que se faz necessário que os tomadores de decisão forneçam suas avaliações para os demais critérios que serão utilizados na análise.

Foi estabelecida como tabela de entrada, planilhas em formato *.csv* contendo previamente os números *fuzzy* atrelados a cada avaliação segundo os critérios determinados. Por outro lado, a análise feita pelos tomadores de decisão deve conter variáveis categóricas e interface amigável. Portanto, foi elaborada uma planilha (Figura 11) para coletar a experiência técnica dos responsáveis e, posteriormente, as avaliações foram dadas em números *fuzzy* acordo com a Tabela 4.

Tabela 7 – Conversão de NPR dos modos de falha em números *fuzzy*

Modo de falha	NPR	NPR (número <i>fuzzy</i>)
Modo 1	20	(0,0,1)
Modo 2	56	(0,1,3)
Modo 3	60	(0,1,3)
Modo 4	120	(5,7,9)
Modo 5	100	3,5,7)
Modo 6	63	(0,1,3)
Modo 7	72	(1,3,5)
Modo 8	72	(1,3,5)
Modo 9	56	(0,1,3)
Modo 10	120	(5,7,9)
Modo 11	81	(1,3,5)
Modo 12	40	(0,0,1)
Modo 13	96	3,5,7)
Modo 14	81	(1,3,5)
Modo 15	40	(0,0,1)
Modo 16	180	(9,10,10)
Modo 17	90	3,5,7)
Modo 18	40	(0,0,1)
Modo 19	27	(0,0,1)
Modo 20	144	(7,9,10)
Modo 21	54	(0,1,3)
Modo 22	96	3,5,7)
Modo 23	96	3,5,7)
Modo 24	96	3,5,7)
Modo 25	140	(7,9,10)
Modo 26	108	3,5,7)
Modo 27	24	(0,0,1)
Modo 28	36	(0,0,1)
Modo 29	100	3,5,7)
Modo 30	135	(7,9,10)

A Tabela 4 corresponde ao arquivo "*critérios[i].csv*", sendo este numerado de acordo com o número de especialistas consultados, tendo k arquivos, um para cada especialista. Sendo, por exemplo, o arquivo "*critérios1.csv*" correspondente à tabela de avaliações do primeiro especialista entrevistado. As avaliações precisam estar agregadas em uma única matriz de decisão dada pela média aritmética, sendo necessário captar a tabela de cada responsável pela avaliação para o cálculo.

```
# O valor da variável k representa o número de especialistas
```

```
k = 1
```

```
multicriterios = list()
```

```
A = list()
for (i in 1:k){
  multicriterios[[i]] = read.table(paste0("criterios",i,".csv"),
  header = T, sep = ";", dec = ".")
  A[[i]] = data.frame(multicriterios[[i]])
  #print(multicriterios[[i]])
}
dimensao = c(dim(A[[i]]))
colunas = dimensao[2]
linhas = dimensao[1]

#Faz a média das matrizes de decisão fuzzy para os k especialistas,
caso k = 1, a tabela é simplesmente copiada

TesteEspecialistas = function(){
  if (k > 1){
    soma = list()
    media = list()
    for (i in 1:(k-1)){
      soma= A[[i]] + A[[i+1]]
      tabela_numeros = (soma/k)
    }
  }
  if(k == 1){
    tabela_numeros = A}
  return(tabela_numeros)}
```

De forma análoga, cada especialista pode atribuir pesos diferentes a cada critério. Assim, também é necessário calcular a média entre os pesos, incorporando-os em um único vetor.

```
carregarPesos = read.table("pesos.csv", header = F, sep = ";", dec = ".")

dimPesos = c(dim(carregarPesos))

pesosDec = carregarPesos/10

soma = colSums(pesosDec)
```

pesos = soma/k

A matriz de decisão estabelecida é composta por 30 alternativas e 5 critérios. Em que, todos os critérios foram selecionados como sendo de benefício, uma vez que o objetivo é maximizar a criticidade das falhas de manutenção. De modo a serem priorizadas as mais críticas. A matriz de decisão consolidada em números *fuzzy* é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Matriz de decisão (em números *fuzzy*)

NPR	Custo de reparo	Recorrência	Tempo de reparo	Percepção do cliente
(0,0,1)	(9,10,10)	(0,1,3)	(9,10,10)	(9,10,10)
(0,1,3)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)	(9,10,10)
(0,1,3)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)
(5,7,9)	(7,9,10)	(1,3,5)	(3,5,7)	(9,10,10)
(3,5,7)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(9,10,10)
(0,1,3)	(3,5,7)	(0,1,3)	(3,5,7)	(7,9,10)
(1,3,5)	(5,7,9)	(0,1,3)	(3,5,7)	(9,10,10)
(1,3,5)	(5,7,9)	(0,1,3)	(3,5,7)	(7,9,10)
(0,1,3)	(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)	(7,9,10)
(5,7,9)	(1,3,5)	(0,1,3)	(1,3,5)	(9,10,10)
(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(1,3,5)	(9,10,10)
(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,0,1)	(5,7,9)
(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)
(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(1,3,5)	(9,10,10)
(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,0,1)	(3,5,7)
(9,10,10)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,10)
(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,10)
(0,0,1)	(7,9,10)	(0,1,3)	(3,5,7)	(9,10,10)
(0,0,1)	(3,5,7)	(0,0,1)	(1,3,5)	(7,9,10)
(7,9,10)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(9,10,10)
(0,1,3)	(7,9,10)	(0,1,3)	(5,7,9)	(9,10,10)
(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(7,9,10)
(3,5,7)	(5,7,9)	(1,3,5)	(3,5,7)	(5,7,9)
(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(9,10,10)
(7,9,10)	(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)	(9,10,10)
(3,5,7)	(7,9,10)	(0,1,3)	(5,7,9)	(7,9,10)
(0,0,1)	(3,5,7)	(0,1,3)	(3,5,7)	(7,9,10)
(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,0,1)	(3,5,7)
(3,5,7)	(3,5,7)	(0,1,3)	(7,9,10)	(9,10,10)
(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(9,10,10)

A normalização da matriz de decisão é feita de acordo com as soluções ideais positivas (para critérios de benefício) e soluções ideais negativas (para critérios de custo). Sendo, todos os critérios estabelecidos no presente trabalho associados a benefício e, portanto, as soluções são obtidas ao extrair o número *fuzzy* máximo para cada critério. As soluções ideais positivas e negativas são apresentadas na Tabela 9 e 10, respectivamente.

Tabela 9 – Soluções ideais positivas

NPR	Custo de reparo	Recorrência	Tempo de reparo	Percepção do cliente
(9,10,10)	(9,10,10)	(3,5,7)	(9,10,10)	(9,10,10)

Tabela 10 – Soluções ideais negativas

NPR	Custo de reparo	Recorrência	Tempo de reparo	Percepção do cliente
(0,0,1)	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,0,1)	(3,5,7)

##Matriz de decisão

```
M = TesteEspecialistas()
MD = data.frame(Tabela_auxiliar, A)
MD = data.matrix(MD)
dMD = dim(MD)
l = c(dMD[1])
c = c(dMD[2])
```

#Normalização

```
teste = array(MD, dim = c(1,3,((c/3))))
min = c()
max = c()
```

#Verificar maximos ou mínimos para cada critério

```
for (i in 1:((c/3))){
  for (j in 1:3){
    aux_max = c(max(teste[,j,i]))
    aux_min = c(min(teste[,j,i]))

    max = append(max,aux_max)
    min = append(min,aux_min)
    j = j +1}
  i = i + 1}

maximos = array(max,dim = c(1,3,(c/3)))
minimos = array(min,dim = c(1,3,(c/3)))
```

```

for (i in 1:((c/3))){
teste[,i] = (teste[,i]/maximos[,i])
maximos[,i] = (maximos[,i])*pesos[i]
minimos[,i] = (minimos[,i])*pesos[i]}
#teste[,i] = teste[,i]/minimos[,i]*pesos[i]}

MDF = matrix(teste,nrow = 1, ncol = c,byrow = TRUE)

```

Na etapa final, são calculadas as distâncias relativas às soluções ideais positivas e negativas. E, em seguida, as alternativas são ordenadas conforme maior coeficiente de aproximação. A melhor alternativa é a mais próxima da solução ideal positiva e, simultaneamente, mais distante da solução ideal negativa.

#Cálculo das distâncias relativas:

```

dist = matrix(MDF, 1, c)
distp = c()
distn = c()
distancia_relativa = c()
names = c()
auxdistp = c()
auxdistn = c()

for (i in 1:((c/3))){
for (j in 1:c){
auxdistp = sqrt((1/3)*sum((dist[j,] - (c(max)[j]*pesos[i]))^2))
auxdistn = sqrt((1/3)*sum((dist[j,] - (c(min)[j]*pesos[i]))^2))

distp = append(distp, auxdistp)
distn = append(distn, auxdistn)

j = j +1}
i = i + 1}

for (i in 1:l){
distancia_relativa = append(distancia_relativa,
(distn[i]/(distp[i]+distn[i])))
names = append(names,paste0("Alternativa",i))}

MFinal = data.frame(names,distancia_relativa)

```

```
MFinal = MFinal[with(MFinal, order(-distancia_relativa)),]  
print(MFinal)
```


Figura 8 – Mapeamento do processo de reserva

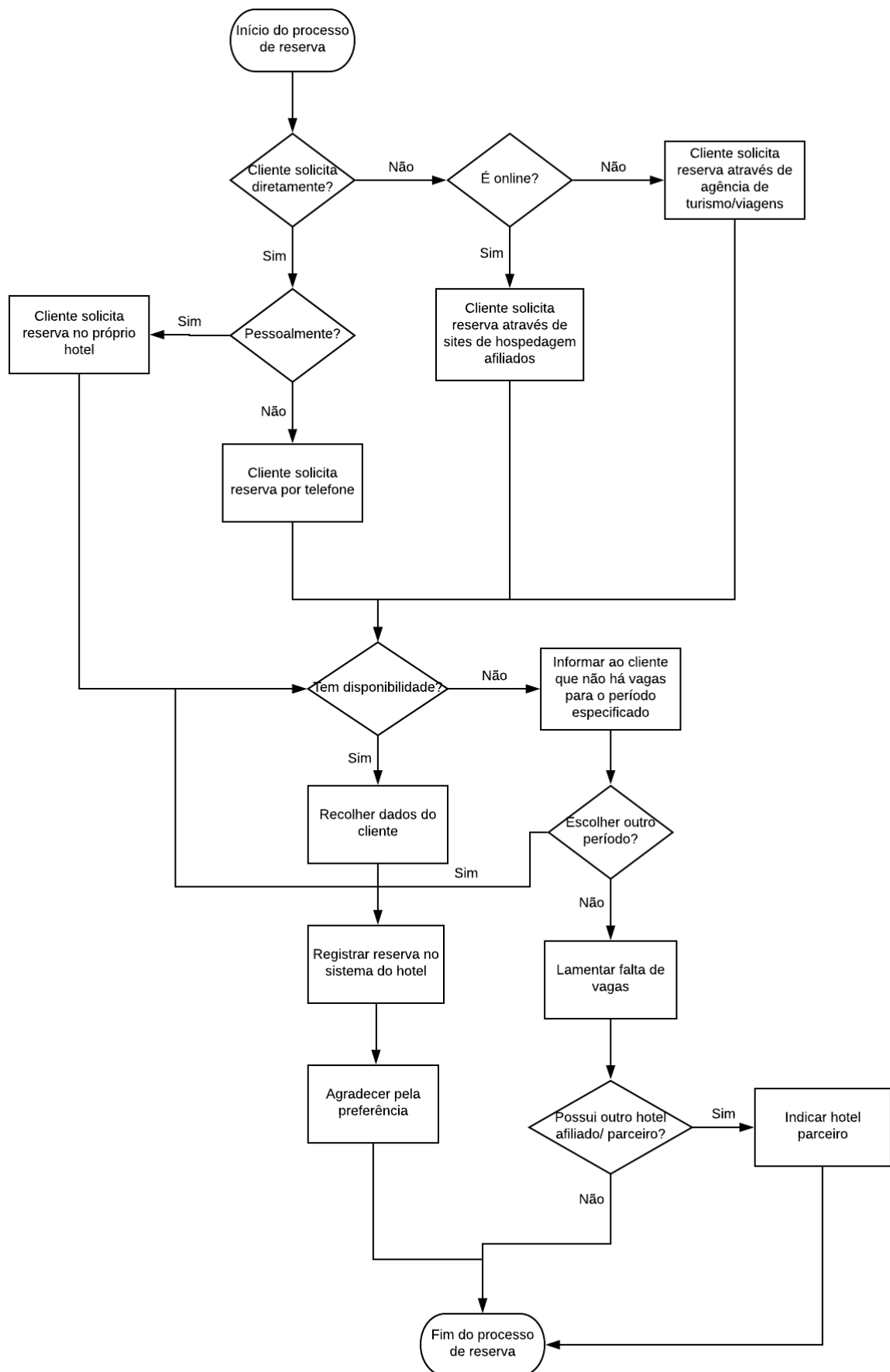


Figura 9 – Mapeamento do ciclo de serviços

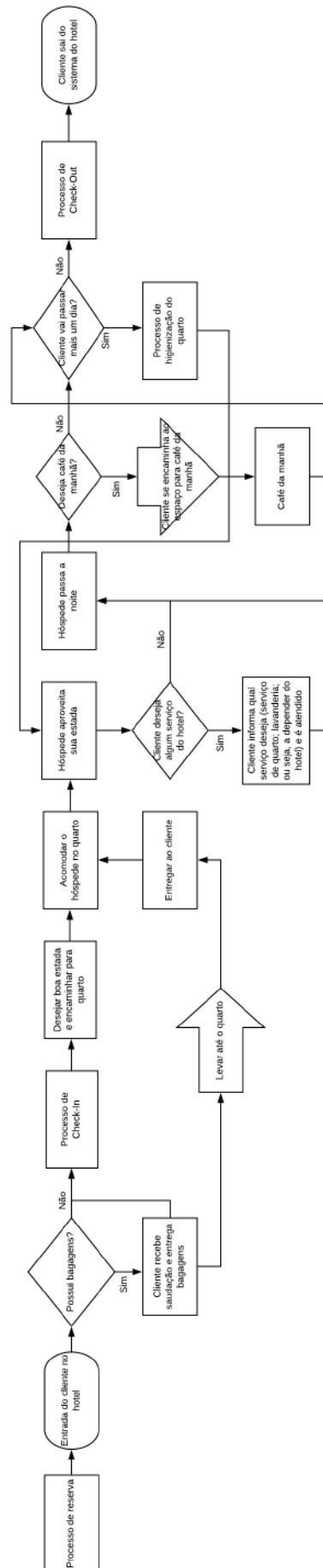


Figura 10 – Mapeamento do processo de higienização dos quartos

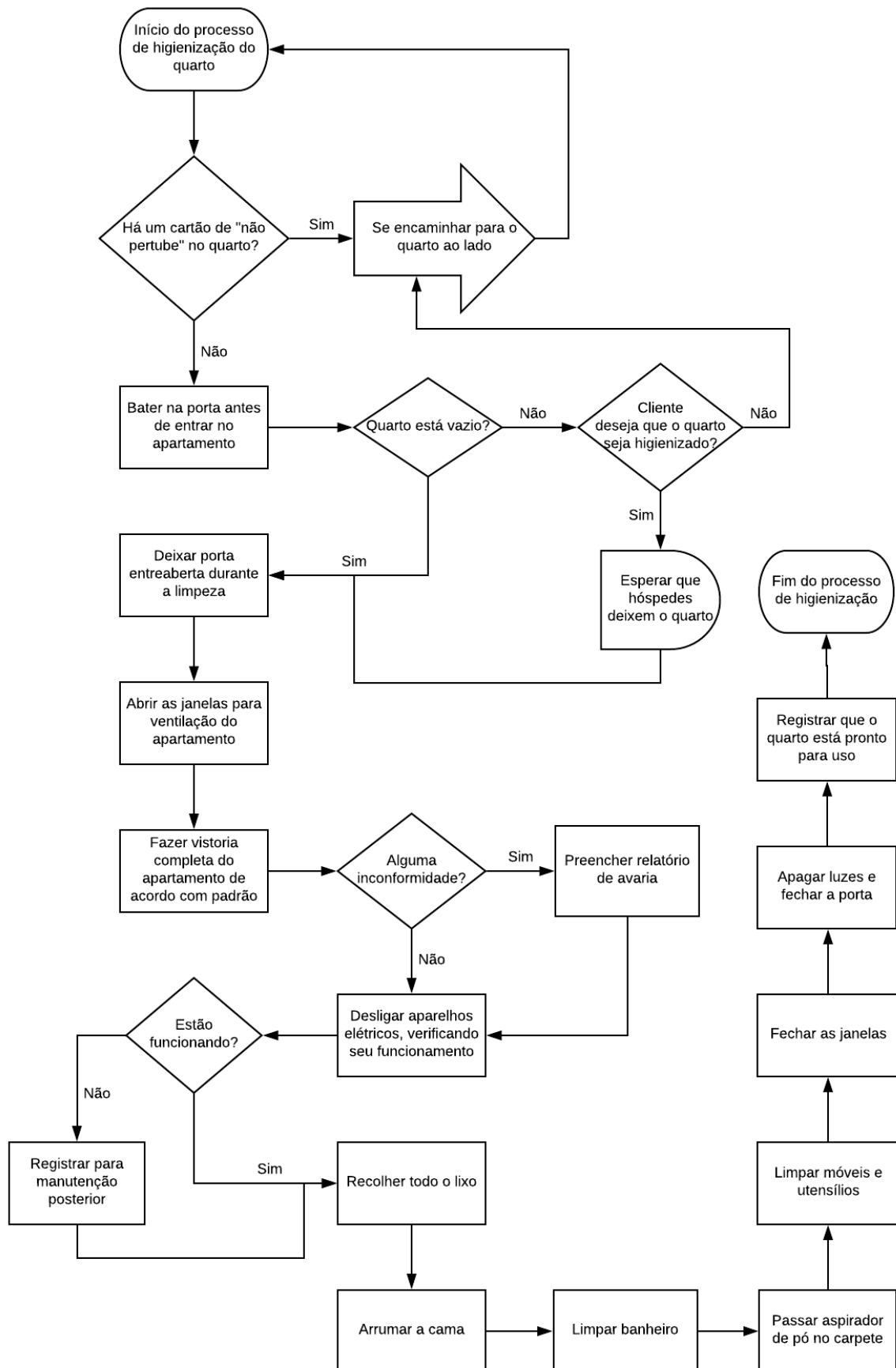


Figura 11 – Planilha contendo variáveis linguísticas para coleta de avaliações

Plano de manutenção de um hotel simulado Alternativas de falhas potencialmente críticas	Critérios		
	Custo de reparo	Recorrência	Tempo de reparo
Overbooking	Muito alta	Média alta	
Não-disponibilidade de vagas durante a reserva (sites, telefone, etc.)	Muito baixa		Baixa
Filas durante o processo de check-in e check-out	Baixa		
Mau atendimento ao cliente	Média baixa		
Falta de treinamento dos funcionários	Média		
Demora na execução dos pedidos	Média alta		
Não cumprimento de aspectos prometidos na divulgação do hotel	Alta	Muito baixa	
Falta de um serviço normalmente oferecido	Muito alta		
Alimentos em falta	Média		
Limpeza inadequada dos apartamentos e banheiros			
Limpeza inadequada das instalações do hotel			
Falta de toalhas nos banheiros (duas por hóspede)			
Falta de eficiência no faturamento			
Limpeza de equipamentos e louças para setor de alimentação			
Falta de instruções claras de segurança contra incêndios fixada na porta dos apartamentos			
Falha no controle de temperatura da água do chuveiro e pias			
Falha no sistema de tranca eletrônica dos quartos			
Falha na segurança no interior e arredores das instalações do hotel			
Não-cumprimento dos horários de funcionamento de serviços			

4 Resultados e Discussões

Apesar de haver na literatura estudos sobre pontos prioritários aos clientes do setor hoteleiro, conforme verificado por [Callan e Kyndt \(2001\)](#), é essencial analisar cada caso individualmente. Dessa forma, para a implementação efetiva do objetivo proposto no presente trabalho, foi necessário o mapeamento dos processos internos do hotel simulado. Essa etapa tencionou dois pontos fundamentais: entender como o hotel estudado organizava seu gerenciamento da rotina; identificar possíveis tarefas mais propensas à ocorrência de falha; e, em seguida, adicionar tais falhas como alternativa para entrada na matriz de decisão do algoritmo com o objetivo de priorizá-las.

A análise das falhas se deu de forma subjetiva a partir dos processos mapeados. Um exemplo deste diagnóstico é perceptível no processo de higienização dos quartos (vide Figura 10). A atividade de preencher o relatório de avaria não era frequentemente executada, o que resulta em uma maior propensão das alternativas Aparelhos eletrônicos com defeitos e Avarias nos móveis e utensílios dos apartamentos. Da mesma forma, tarefas potencialmente críticas dos demais processos também foram examinadas em conjunto a gerência.

[Selim, Yunusoglu e Balaman \(2016\)](#), o modelo proposto é abrangente e pode ser adaptado para o ambiente de manufatura em uma grande variedade de setores. Na mesma vertente, [Benitez, Martín e Román \(2007\)](#) adaptaram o modelo para mensurar a performance do serviço prestado por uma rede hoteleira. Sendo a metodologia *fuzzy-TOPSIS* revisada em setores distintos na literatura, visto em [Selim, Yunusoglu e Balaman \(2016\)](#), [Krohling e Campanharo \(2009\)](#), [Braglia, Frosolini e Montanari \(2003\)](#), [Carrasco et al. \(2012\)](#), [Fayek e Omar \(2016\)](#), [Shiu et al. \(2019\)](#); este trabalho demonstra mais uma evidência da vasta aplicabilidade deste modelo. Este tipo de modelo, por tratar de falhas, é mais eficiente quando o ambiente organização é propício para melhoria contínua da qualidade.

A proposta de um plano de manutenção, através do uso combinado dos métodos *FMEA* e *fuzzy TOPSIS*, produz uma ordenação de quais falhas devem ser priorizadas nas escolhas do dia a dia apesar da incerteza das avaliações. A implementação do código em R contribui com a inteligência da tomada de decisão da empresa hoteleira, de forma que a busca por resoluções às falhas mais comuns passa a ser o foco.

A Tabela 11 apresenta os resultados ordenados para compor a estratégia de priorização das operações do hotel usado como objetivo de estudo. É notável a criticidade de adequar a divulgação dos serviços disponíveis do hotel nos pontos de contato com os clientes (site, mídias sociais, recepção, etc.), uma vez que ocupou a primeira posição com

coeficiente 24,7% superior à segunda falha do plano. Pelsmacker, Tilburg e Holthof (2018) afirmam que a gestão de *marketing* aumenta o volume e nota das avaliações dos clientes. Dentre atividades desta gestão, destacam-se: monitorar de perto e analisar o feedback do cliente; responder ao feedback do cliente; estabelecer plano de reputação digital; monitorar mídias sociais; e, integrar sites de avaliação de terceiros no site do hotel.

Além disso, a falta de um serviço normalmente oferecido preencheu o terceiro lugar, isso ocorre pela oferta de serviços de spa, piscina, serviço de quarto e atividades de lazer em alguns meses do ano. Dessa forma, um ponto a ser reforçado é prevenir a falta desses itens e informar os clientes, no momento da reserva, sobre quais são os serviços indisponíveis.

É evidente a priorização da manutenção física das instalações. Esse reforço deve ocorrer principalmente para as equipes de limpeza e manutenção de aparelhos eletroeletrônicos nos apartamentos e áreas de comum acesso, em particular, nas épocas de alta temporada. Por outro lado, o resultado indica pontos positivos à operação atual com a indicação de baixa ocorrência de pontos bastante críticos como: segurança (portas eletrônicas e nos arredores das instalações); *overbooking*; filas; e, controle de temperatura.

Adicionalmente, ferramentas, como o gráfico de Pareto, podem ser usadas para visualizar quais pontos críticos priorizar. Conforme Varzakas (2011), esta ferramenta é comumente aplicada em conjunto à priorização para planos de manutenção. A Figura 12 mostra quais alternativas mediar para se atingir níveis percentuais de melhoria nas falhas atuais.

Figura 12 – Gráfico de Pareto da Tabela 11

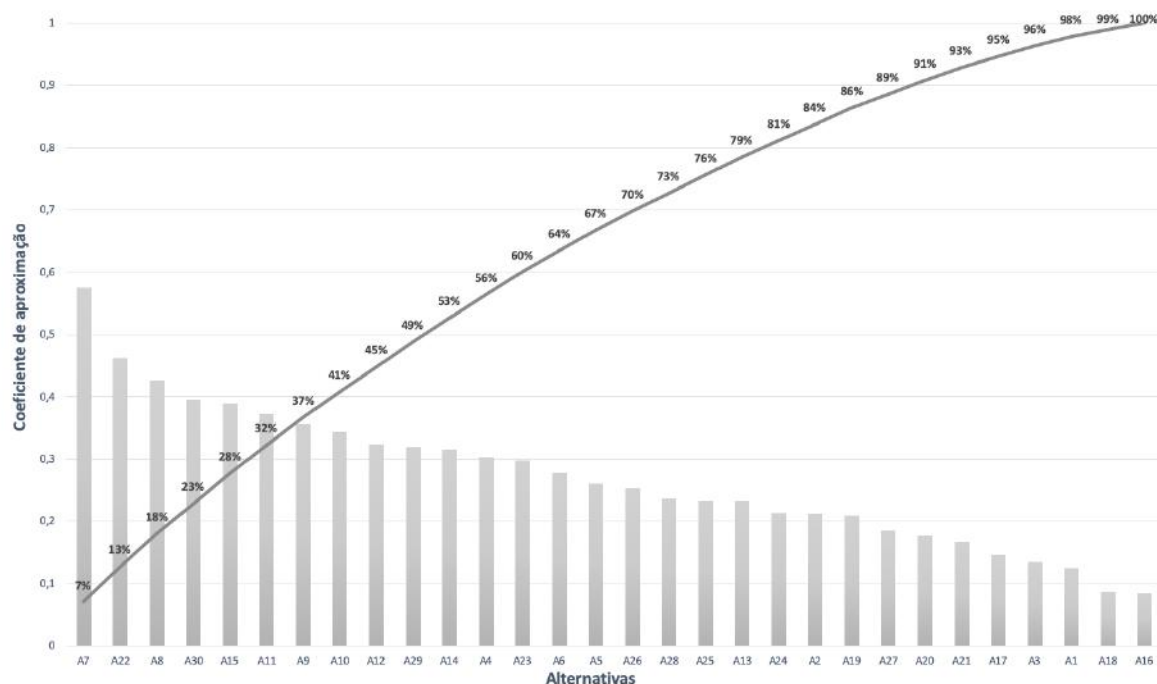


Tabela 11 – Alternativas ordenadas conforme criticidade para o hotel simulado

Ranking	Descrição	Coefficiente
1	Não cumprimento de aspectos prometidos na divulgação do hotel	0.57583188
2	Aparelhos eletrônicos com defeitos	0.46177514
3	Falta de um serviço normalmente oferecido	0.42588282
4	Estacionamento lotado (quando houver)	0.39607242
5	Falta de instruções claras de segurança contra incêndios	0.38867706
6	Limpeza inadequada das instalações do hotel	0.37204266
7	Alimentos em falta	0.35553211
8	Limpeza inadequada dos apartamentos e banheiros	0.34392143
9	Falta de toalhas nos banheiros (duas por hóspede)	0.32448765
10	Falta de dedetização das instalações	0.31956020
11	Limpeza de equipamentos e louças para setor de alimentação	0.31548408
12	Mau atendimento ao cliente	0.30341976
13	Avarias nos móveis e utensílios dos apartamentos	0.29724264
14	Demora na execução dos pedidos	0.27817647
15	Falta de treinamento dos funcionários	0.26120191
16	Falta de isolamento acústico	0.25347657
17	Ausência de kit de amenidades	0.23660271
18	Falta de qualidade dos alimentos (café da manhã ou restaurante)	0.23333503
19	Falta de eficiência no faturamento	0.23291475
20	Roupa de cama fora dos padrões de limpeza	0.21422770
21	Não-disponibilidade de vagas durante a reserva (<i>websites</i> , telefone, etc.)	0.21270340
22	Não-cumprimento dos horários de funcionamento de serviços	0.21014679
23	Elevador em manutenção ou com defeito	0.18570997
24	Temperatura não-controlável dos quartos	0.17774843
25	Colchões desconfortáveis	0.16631647
26	Falha no sistema de tranca eletrônica dos quartos	0.14574649
27	Filas durante o processo de <i>check-in</i> e <i>check-out</i>	0.13450013
28	<i>Overbooking</i>	0.12562145
29	Falha na segurança no interior e arredores das instalações do hotel	0.08615271
30	Falha no controle de temperatura da água do chuveiro e pias	0.08546036

A análise dos resultados do modelo devem levar a uma cultura de aprendizado e resolução de problemas dentro da empresa. Outro ponto importante para o sucesso da implementação é definir o propósito da análise e comunicar o motivo pelo qual os dados estão sendo coletados e avaliados por especialistas, de forma a alinhar os esforços durante a implementação. Neste sentido, o resultado permitiu elaborar um plano de ação para as

quinze primeiras alternativas, abrangendo 70% do coeficiente que aponta a criticidade das falhas.

A avaliação de um serviço no setor hoteleiro é um processo que requer monitoramento contínuo para manter alto nível de qualidade. Por esse motivo, é recomendado que o hotel faça uso desta ferramenta de gestão, de modo a atualizar dados e melhorar a priorização para futuros planos de manutenção.

O uso de questionários para coletar feedback dos clientes ao fim da estadia caracterizam uma prática comum em hotéis e pousadas. No entanto, para [Benitez, Martín e Román \(2007\)](#), atributos que mensuram a qualidade de um serviço carregam incerteza, imprecisão e subjetividade. Portanto, destaca-se a utilização do modelo *fuzzy-TOPSIS* como um instrumento objetivo.

Considerando as características inerentes aos serviços (intangibilidade, inseparabilidade, variabilidade e perecibilidade), é evidente que o uso de um método para priorização traz rapidez às decisões, auxilia na criação de planos de ação, uma vez que os resultados mostrados fornecem diretrizes dos pontos que estão prejudicando a performance do serviço e que devem ser corrigidos.

Em adição à dificuldade de tomar decisões a partir de diversos dados, equipes gerenciais podem escolher decisões diferentes usando o mesmo conjunto de dados. Fatores como interpretações subjetivas, humor, entre outras flutuações, podem influenciar na decisão humana. Dessa forma, a ferramenta de gestão proposta fornece um escopo de priorização aos tomadores de decisão. O presente trabalho objetivou fornecer um algoritmo para implementação no setor hoteleiro, podendo ser adaptado para diferentes setores. O código completo em linguagem R é apresentado no Apêndice [A](#).

Quadro 6 – Ações preventivas sugeridas às 15 alternativas mais críticas

Alternativa	Ações
Não cumprimento de aspectos prometidos na divulgação do hotel	Evitar divulgação datada, sendo importante aumentar a presença nas redes sociais e documentar diariamente os acontecimentos do hotel
Aparelhos eletrônicos com defeitos + Avarias nos móveis e utensílios dos apartamentos	Reforçar preenchimento do relatório de avarias com equipe responsável pela limpeza em reuniões semanais. Adicionalmente, criar métrica para acompanhamento das avarias registradas e consertadas
Falta de um serviço normalmente oferecido	Devida à importância dos serviços de spa, contratar 2 profissionais especializados e fornecer treinamento de qualidade para aumentar a retenção (alta rotatividade e apenas uma colaboradora para atender aos horários agendados)
Estacionamento lotado	Seguir plano atual para ampliação do espaço
Falta de instruções claras de segurança contra incêndios	Adicionar placas padronizadas nas portas dos apartamentos
Limpeza inadequada das instalações do hotel + Limpeza inadequada dos apartamentos e banheiros	Treinar equipe da limpeza a seguir o procedimento de limpeza com checklist simplificado para observação ao fim da execução
Alimentos em falta	Ajustar fornecimento atual e utilizar um estoque de segurança dos alimentos para o preparo dos pratos mais pedidos
Falta de toalhas nos banheiros (duas por hóspede)	Estabelecer um sistema visual padronizado em todos os banheiros das suítes, de modo que as toalhas limpas sejam armazenadas em uma mesma posição
Falta de dedetização das instalações	Implementação de dedetização periódica
Limpeza de equipamentos e louças para setor de alimentação	Separar estações de limpeza da cozinha em pré-lavagem (a depender do material a ser higienizado); lavagem; e, secagem
Demora na execução dos pedidos	Aumento da equipe da cozinha (gargalo)
Mau atendimento ao cliente + Falta de treinamento dos funcionários	Ter um plano de treinamento recorrente. Levar em consideração a alta rotatividade atual e promover treinamentos com maior periodicidade, ponderando os turnos dos colaboradores

5 Conclusão

O setor hoteleiro tem apresentado crescimento nos últimos anos, em 2018 um total de 1,4 bilhões de turistas foram registrados ao redor do mundo, um número inesperado para antes de 2020, conforme exposto por [UNWTO \(2019\)](#). Além disso, para [\(SAINAGHI, 2010\)](#), a atividade turística tem potencial estratégico econômico para países em desenvolvimento, adicional à visibilidade positiva internacional.

Os critérios selecionados neste estudo podem ser usados para outras aplicações, porém, as avaliações feitas para as alternativas e critérios são específicas para o caso simulado. Além da vasta aplicação em indústrias, o modelo *fuzzy-TOPSIS* já provou ser eficiente para o setor de serviços, conforme visto em [Kahraman et al. \(2007\)](#). Assim como, verificado por [Johns, Howcroft e Drake \(1997\)](#), o uso da análise de dados aumentou a produtividade de uma rede de hotéis quando usada para aprender e melhorar processos.

O estudo foi conduzido com o objetivo de desenvolver um código em linguagem R para elaboração de planos com priorização de manutenções a partir de cinco critérios: *FMEA*; custo de reparo; tempo de reparo; recorrência; e, percepções dos clientes. Por se tratar de um ambiente complexo, o método de tomada de decisão multicritério *TOPSIS* foi adotado e, para diminuir o nível de imprecisão de avaliações subjetivas, tal método foi combinado com a aplicação da lógica *fuzzy*.

O objetivo da implementação do modelo *fuzzy-TOPSIS* consistiu em oferecer suporte à decisão a partir da priorização de falhas em um plano de manutenção. Serviços são produzidos e consumidos simultaneamente, além de ter a participação dos clientes e colaboradores no processo. Dessa forma, a avaliação sobre o plano de manutenção deve ser feita regularmente, de modo a retratar o contexto recente da empresa.

Além disso, o estudo apresentou a aplicação da sistemática em um hotel situado em uma cidade turística no interior do estado do Rio de Janeiro. Os resultados apresentados em uma tabela com ordenação de criticidade foram coerentes e correspondem à realidade do hotel em estudo. A implementação é generalista e pode ser facilmente adaptada para demais aplicações da Engenharia, seja no setor de serviços ou industrial. Bem como, o código fornecido visa auxiliar em futuras implementações.

Existem duas limitações identificadas neste estudo. Primeiro, é a falta de dados sobre um número maior de hotéis da região em que foi feito. A comparação de planos de manutenção entre diferentes hotéis traria uma avaliação da empresa em relação à concorrência, visto como um fator importante no gerenciamento da manutenção e aumento da produtividade.

Segundo, uma maior quantidade de especialistas contribuiria para um plano mais preciso sobre os aspectos críticos deste estudo. Portanto, pesquisas futuras podem incorporar avaliações feitas por um número maior de especialistas e coletar dados de falhas de outros hotéis da região.

Além disso, foram considerados trinta alternativas de falhas na análise. Por outro lado, processos aditivos (lavanderia, serviço de quarto, spa, etc.) foram removidos do escopo deste estudo e podem ser considerados para trazer maior complexidade em pesquisas futuras.

Referências

- ABBASI, A. S. et al. Determinants of customer satisfaction in hotel industry of pakistan. *European Journal of Scientific Research*, v. 48, n. 1, p. 97–105, 2010. Citado na página 15.
- AHMADI, M.; MOLANA, S. M. H.; SAJADI, S. M. A hybrid fmea-topsis method for risk management, case study: Esfahan mobarakeh steel company. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, Inderscience Publishers (IEL), v. 7, n. 3, p. 397–408, 2017. Citado na página 30.
- ALBRECHT, K.; BRADFORD, L. J. Serviços com qualidade: a vantagem competitiva. In: *Serviços com qualidade: a vantagem competitiva*. [S.l.: s.n.], 1992. p. 216–216. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 40.
- ALBRETCHT, K. Revolução nos serviços: Como as empresas podem revolucionar a maneira de tratar os seus clientes. *São Paulo: Pioneira*, 1992. Citado na página 19.
- ARAÚJO, L. C. G. d. Organização, sistemas e métodos: e as tecnologias de gestão organizacional. In: *Organização, Sistemas e Métodos: e as tecnologias de gestão organizacional*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 360–360. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 20.
- BARKER, W. O. et al. Preventative maintenance: A proactive customer service. *Bell Labs Technical Journal*, Nokia Bell Labs, v. 9, n. 4, p. 187–200, 2005. Citado na página 15.
- BAUM, C. The business of winning the business traveler. *Hotels*, v. 24, n. 9, p. 19–20, 1990. Citado na página 22.
- BAZERMAN, M. H.; MOORE, D. A. *Judgment in managerial decision making*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012. Citado na página 31.
- BENITEZ, J. M.; MARTÍN, J. C.; ROMÁN, C. Using fuzzy number for measuring quality of service in the hotel industry. *Tourism management*, Elsevier, v. 28, n. 2, p. 544–555, 2007. Citado 7 vezes nas páginas 15, 16, 35, 38, 45, 60 e 63.
- BERDIE, D. R. Reassessing the value of high response rates to mail surveys. *Marketing Research*, v. 1, n. 3, 1989. Citado na página 13.
- BIAN, T. et al. Failure mode and effects analysis based on d numbers and topsis. *Quality and Reliability Engineering International*, Wiley Online Library, v. 34, n. 4, p. 501–515, 2018. Citado na página 30.
- BOOMS, B. Marketing strategies and organizational structures for service firms. *Marketing of services*, American Marketing Association, 1981. Citado na página 22.
- BORAN, F. E.; GENÇ, S.; AKAY, D. Personnel selection based on intuitionistic fuzzy sets. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, Wiley Online Library, v. 21, n. 5, p. 493–503, 2011. Citado na página 38.
- BOWLES, J. B.; PELÁEZ, C. E. Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, Elsevier, v. 50, n. 2, p. 203–213, 1995. Citado na página 30.

- BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; MONTANARI, R. Fuzzy topsis approach for failure mode, effects and criticality analysis. *Quality and reliability engineering international*, Wiley Online Library, v. 19, n. 5, p. 425–443, 2003. Citado 6 vezes nas páginas [16](#), [17](#), [30](#), [37](#), [45](#) e [60](#).
- CALLAN, R. J. An attributional approach to hotel selection. part 1 the managers' perceptions. *Progress in Tourism and Hospitality Research*, Wiley Online Library, v. 3, n. 4, p. 333–349, 1997. Citado 4 vezes nas páginas [13](#), [22](#), [25](#) e [44](#).
- CALLAN, R. J. An attributional approach to hotel selection. part 2: The customers' perceptions. *Progress in Tourism and Hospitality Research*, Wiley Online Library, v. 4, n. 1, p. 67–84, 1998. Citado 2 vezes nas páginas [26](#) e [45](#).
- CALLAN, R. J.; KYNDT, G. Business travellers' perception of service quality: a prefatory study of two european city centre hotels. *International Journal of Tourism Research*, Wiley Online Library, v. 3, n. 4, p. 313–323, 2001. Citado 2 vezes nas páginas [22](#) e [60](#).
- CARPINETTI, L. C. R. et al. *Gestão da qualidade*. [S.l.]: EDa Atlas SA, 2012. Citado 4 vezes nas páginas [13](#), [28](#), [29](#) e [30](#).
- CARRASCO, R. A. et al. A linguistic multicriteria decision-making model applied to hotel service quality evaluation from web data sources. *International Journal of Intelligent Systems*, Wiley Online Library, v. 27, n. 7, p. 704–731, 2012. Citado 2 vezes nas páginas [25](#) e [60](#).
- CASTELLI, G. *Administração hoteleira*. [S.l.]: Educus, 1995. Citado na página [20](#).
- CHEMWENO, P. et al. A dynamic risk assessment methodology for maintenance decision support. *Quality and Reliability Engineering International*, Wiley Online Library, v. 33, n. 3, p. 551–564, 2017. Citado na página [28](#).
- CHEN, C.-T. Extensions of the topsis for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, North-Holland, v. 114, n. 1, p. 1–9, 2000. Citado 2 vezes nas páginas [38](#) e [41](#).
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de Produção E Operações: Manufatura E Serviços: Uma Abordagem Estratégica*. [S.l.]: Editora Atlas SA, 2000. Citado 2 vezes nas páginas [13](#) e [29](#).
- CRUZ, T. Sistemas e métodos & processos, administrando organizações por meio de processos de negócios. 2ª edição. *São Paulo: Editora Atlas SA*, 2010. Citado na página [19](#).
- DEMING, W. E. Qualidade: a revolução da administração. In: *Qualidade: a revolução da administração*. [S.l.: s.n.], 1990. p. 367–367. Citado na página [14](#).
- DERBY, M. Us service sector shows solid rise in june activity. *Wall Street Journal A*, v. 2, 2005. Citado na página [13](#).
- DOMINICI, G.; GUZZO, R. Customer satisfaction in the hotel industry: A case study from sicily. *International Journal of Marketing Studies*, v. 2, n. 2, p. 3–12, 2010. Citado na página [25](#).
- DRIANKOV, D.; HELLENDORRN, H.; REINFRANK, M. *An introduction to fuzzy control*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013. Citado na página [37](#).

- DUDEK, A.; JEFMAŃSKI, B. The fuzzy topsis method and its implementation in the r programme. *Informatyka Ekonomiczna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, n. 1 (35), p. 19–27, 2015. Citado na página 17.
- FAYEK, A. R.; OMAR, M. N. A fuzzy topsis method for prioritized aggregation in multi-criteria decision making problems. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Wiley Online Library, v. 23, n. 5-6, p. 242–256, 2016. Citado 3 vezes nas páginas 17, 36 e 60.
- FEIGENBAUM, A. V. Total quality control. *tqc*, 1991. Citado na página 14.
- FOGLIATO, F.; RIBEIRO, J. L. D. *Confiabilidade e manutenção industrial*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2009. Citado 3 vezes nas páginas 27, 29 e 44.
- FRANCESCHINI, F.; GALETTO, M. A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in fmea. *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, v. 39, n. 13, p. 2991–3002, 2001. Citado na página 30.
- GARVIN, D. A. Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva. In: *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 357–357. Citado na página 14.
- GREEN, P. E.; TULL, D. S. Research for marketing decisions. NJ, 1970. Citado na página 40.
- GRONROOS, C. A service quality model and its marketing implications. *European Journal of marketing*, 1984. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 22.
- GRÖNROOS, C. Marketing services: the case of a missing product. *Journal of business & industrial marketing*, MCB UP Ltd, 1998. Citado na página 13.
- GU, Y.-K.; CHENG, Z.-x.; QIU, G.-q. An improved fmea analysis method based on qfd and topsis theory. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, Springer, v. 13, n. 2, p. 617–626, 2019. Citado na página 30.
- GUMMESSON, E. Extending the service-dominant logic: from customer centricity to balanced centricity. *Journal of the Academy of Marketing science*, Springer, v. 36, n. 1, p. 15–17, 2008. Citado na página 17.
- HARRINTONG, H. J. *Business process improvement: The breakthrough strategies for total quality, productivity, and competitiveness*. [S.l.]: McGraw-Hill, 1991. Citado na página 19.
- HARVEY, J. Service quality: a tutorial. *Journal of Operations Management*, Elsevier, v. 16, n. 5, p. 583–597, 1998. Citado na página 13.
- HAYS, J. M.; HILL, A. V. Service guarantee strength: The key to service quality. *Journal of Operations Management*, Elsevier, v. 24, n. 6, p. 753–764, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 35.
- HOLLOWAY, B. B.; BEATTY, S. E. Service failure in online retailing: A recovery opportunity. *Journal of service research*, Sage Publications, v. 6, n. 1, p. 92–105, 2003. Citado na página 26.

- HWANG, C.-L.; YOON, K. Methods for multiple attribute decision making. In: *Multiple attribute decision making*. [S.l.]: Springer, 1981. p. 58–191. Citado 4 vezes nas páginas 31, 32, 37 e 40.
- ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. *Multi-criteria decision analysis: methods and software*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 32.
- JOHANSSON, H. J. *Business process reengineering: Breakpoint strategies for market dominance*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1993. Citado na página 19.
- JOHNS, N.; HOWCROFT, B.; DRAKE, L. The use of data envelopment analysis to monitor hotel productivity. *Progress in tourism and hospitality research*, Wiley Online Library, v. 3, n. 2, p. 119–127, 1997. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 65.
- JORGE, G. A.; MIYAKE, D. I. Estudo comparativo das ferramentas para mapeamento das atividades executadas pelos consumidores em processos de serviço. *Production, SciELO Brasil*, v. 26, n. 3, p. 590–613, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 19.
- JURAN, J.; GODFREY, A. B. Quality handbook. *Republished McGraw-Hill*, v. 173, n. 8, 1999. Citado na página 13.
- KAHRAMAN, C. et al. Fuzzy multi-attribute cost–benefit analysis of e-services. *International journal of intelligent systems*, Wiley Online Library, v. 22, n. 5, p. 547–565, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 17, 35 e 65.
- KALMAN, H. K. Process mapping: Tools, techniques, & critical success factors. *Performance Improvement Quarterly*, Wiley Online Library, v. 15, n. 4, p. 57–73, 2002. Citado na página 19.
- KIM, D.-y.; KUMAR, V.; KUMAR, U. A framework of intellectual capital management based on iso 9001 quality management system: The case study of iso 9001 certified public r&d institute. *Knowledge and Process Management*, Wiley Online Library, v. 16, n. 4, p. 162–173, 2009. Citado na página 14.
- KNUTSON, B. J. Frequent travelers: Making them happy and bringing them back. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 29, n. 1, p. 82–87, 1988. Citado na página 22.
- KROHLING, R. A.; CAMPANHARO, V. C. Fuzzy topsis para tomada de decisão multicritério: Uma aplicação para o caso de acidentes com derramamento de óleo no mar. In: *XLI Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1731–1742. Citado 3 vezes nas páginas 17, 37 e 60.
- LAARHOVEN, P. J. V.; PEDRYCZ, W. A fuzzy extension of saaty’s priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, Elsevier, v. 11, n. 1-3, p. 229–241, 1983. Citado na página 36.
- LAPRÉ, M. A. Reducing customer dissatisfaction: How important is learning to reduce service failure? *Production and Operations Management*, Wiley Online Library, v. 20, n. 4, p. 491–507, 2011. Citado na página 26.
- LEVY, P. M. et al. Economia mundial. *Carta de Conjuntura (IPEA)*, (47), p. 1–13, 2020. Citado na página 13.

- LEWIS, A. Service guarantees in outpatient clinics: a case study. *Health Care Management Review*, v. 18, n. 3, p. 59–65, 1993. Citado na página 25.
- LIAT, C. B. et al. Hotel service recovery and service quality: Influences of corporate image and generational differences in the relationship between customer satisfaction and loyalty. *Journal of Global Marketing*, Taylor & Francis, v. 30, n. 1, p. 42–51, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 25.
- MARTÍNEZ-COSTA, M. et al. Iso 9000/1994, iso 9001/2000 and tqm: The performance debate revisited. *Journal of Operations Management*, Elsevier, v. 27, n. 6, p. 495–511, 2009. Citado na página 14.
- MAXHAM, J. G.; NETEMEYER, R. G. A longitudinal study of complaining customers' evaluations of multiple service failures and recovery efforts. *Journal of marketing*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 66, n. 4, p. 57–71, 2002. Citado na página 26.
- MITTAL, V. K.; SANGWAN, K. S. Ranking of drivers for green manufacturing implementation using fuzzy technique for order of preference by similarity to ideal solution method. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Wiley Online Library, v. 22, n. 1-2, p. 119–130, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 17, 32 e 35.
- OLIVER, R. L. A cognitive model of the antecedents and consequences of satisfaction decisions. *Journal of marketing research*, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 17, n. 4, p. 460–469, 1980. Citado na página 15.
- OLIVER, R. L. *Satisfaction: A behavioral perspective on the consumer: A behavioral perspective on the consumer*. [S.l.]: Routledge, 2014. Citado na página 26.
- OPRICOVIC, S.; TZENG, G.-H. Compromise solution by mcdm methods: A comparative analysis of vikor and topsis. *European journal of operational research*, Elsevier, v. 156, n. 2, p. 445–455, 2004. Citado na página 32.
- PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A.; BERRY, L. L. A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of marketing*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 49, n. 4, p. 41–50, 1985. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 22.
- PARKAN, C.; WU, M.-L. Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection. *Computers & Industrial Engineering*, Elsevier, v. 36, n. 3, p. 503–523, 1999. Citado na página 32.
- PELSMACKER, P. D.; TILBURG, S. V.; HOLTHOF, C. Digital marketing strategies, online reviews and hotel performance. *International Journal of Hospitality Management*, Elsevier, v. 72, p. 47–55, 2018. Citado na página 61.
- PINTELON, L.; PUYVELDE, F. V. *Asset management. The maintenance perspective*. [S.l.]: Acco; Leuven, 2013. Citado na página 28.
- RIBEIRO, R. A. Fuzzy multiple attribute decision making: a review and new preference elicitation techniques. *Fuzzy sets and systems*, Elsevier, v. 78, n. 2, p. 155–181, 1996. Citado na página 36.
- ROSS, T. J. et al. *Fuzzy logic with engineering applications*. [S.l.]: Wiley Online Library, 2004. v. 2. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 35.

- ROY, B. The optimisation problem formulation: criticism and overstepping. *Journal of the Operational Research Society*, Springer, v. 32, n. 6, p. 427–436, 1981. Citado na página 31.
- RUIZ, R. Avaliação da segurança econômica e energética da matriz elétrica brasileira através de múltiplos critérios. *COPPE/UFRJ*, 2017. Citado na página 37.
- SAINAGHI, R. A meta-analysis of hotel performance. continental or worldwide style? *Tourism Review*, Emerald Group Publishing Limited, 2010. Citado na página 65.
- SALEH, F.; RYAN, C. Client perceptions of hotels: A multi-attribute approach. *Tourism Management*, Elsevier, v. 13, n. 2, p. 163–168, 1992. Citado na página 22.
- SCHNEIDER, B.; BOWEN, D. E. Personnel/human resources management in the service sector. *Research in personnel and human resources management*, JAI Press Greenwich, CT, v. 10, n. 1, p. 1–30, 1992. Citado na página 14.
- SCHNEIDER, B.; BOWEN, D. E. Winning the service game. In: *Handbook of service science*. [S.l.]: Springer, 2010. p. 31–59. Citado na página 13.
- SCHULTZ, J. R. Measuring service industry performance: Some basic concepts. *Performance Improvement*, International Society for Performance Improvement, v. 45, n. 4, p. 13, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 15, 16 e 27.
- SELIM, H.; YUNUSOGLU, M. G.; BALAMAN, Ş. Y. A dynamic maintenance planning framework based on fuzzy topsis and fmea: application in an international food company. *Quality and Reliability Engineering International*, Wiley Online Library, v. 32, n. 3, p. 795–804, 2016. Citado 6 vezes nas páginas 17, 30, 36, 44, 48 e 60.
- SHEMWEEL, D. J.; YAVAS, U.; BILGIN, Z. Customer-service provider relationships: an empirical test of a model of service quality, satisfaction and relationship-oriented outcomes. *International journal of service industry management*, MCB UP Ltd, 1998. Citado na página 14.
- SHIU, J.-Y. et al. Fuzzy multicriteria decision-making tools for selecting a professional property management company. *International Transactions in Operational Research*, Wiley Online Library, v. 26, n. 4, p. 1527–1557, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 60.
- SLACK, N. et al. *Administração da produção*. [S.l.]: Atlas São Paulo, 2009. v. 2. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- SONG, W. et al. A rough topsis approach for failure mode and effects analysis in uncertain environments. *Quality and Reliability Engineering International*, Wiley Online Library, v. 30, n. 4, p. 473–486, 2014. Citado na página 30.
- SOTERIOU, A. C.; CHASE, R. B. Linking the customer contact model to service quality. *Journal of Operations Management*, Elsevier, v. 16, n. 4, p. 495–508, 1998. Citado na página 13.
- STAMATIS, D. H. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. [S.l.]: Quality Press, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 30.

- TAX, S. S.; BROWN, S. W. Recovering and learning from service failure. *MIT Sloan Management Review*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, v. 40, n. 1, p. 75, 1998. Citado na página 26.
- TRIANANTAPHYLLOU, E.; LIN, C.-T. Development and evaluation of five fuzzy multiattribute decision-making methods. *international Journal of Approximate reasoning*, Citeseer, v. 14, n. 4, p. 281–310, 1996. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 40.
- TZENG, G.-H.; HUANG, J.-J. *Multiple attribute decision making: methods and applications*. [S.l.]: CRC press, 2011. Citado na página 16.
- UNWTO. Tourism highlights, 2016 edition. URL: <https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789284418145>, 2016. Citado na página 15.
- UNWTO. International tourist arrivals reach 1.4 billion two years ahead of forecasts. 2019. Citado na página 65.
- VAHDANI, B.; SALIMI, M.; CHARKHCHIAN, M. A new fmea method by integrating fuzzy belief structure and topsis to improve risk evaluation process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Springer, v. 77, n. 1-4, p. 357–368, 2015. Citado na página 30.
- VARZAKAS, T. H. Application of iso22000, failure mode, and effect analysis (fmea) cause and effect diagrams and pareto in conjunction with haccp and risk assessment for processing of pastry products. *Critical reviews in food science and nutrition*, Taylor & Francis, v. 51, n. 8, p. 762–782, 2011. Citado na página 61.
- VASCONCELOS, A. M.; LEZANA, Á. G. R. Referencial teórico que orienta a produção científica qualificada sobre a qualidade em serviços turísticos. *Tourism & Management Studies*, Escola Superior de Gestão, Hotelaria e Turismo da Universidade do Algarve, v. 10, n. 2, p. 133–137, 2014. Citado na página 45.
- VERGIDIS, K.; SAXENA, D.; TIWARI, A. An evolutionary multi-objective framework for business process optimisation. *Applied Soft Computing*, Elsevier, v. 12, n. 8, p. 2638–2653, 2012. Citado na página 20.
- WU, C.-C.; LO, Y. H. Customer reactions to encountering consecutive service failures. *Journal of Consumer Behaviour*, Wiley Online Library, v. 11, n. 3, p. 217–224, 2012. Citado na página 26.
- ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and control*, Elsevier, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965. Citado na página 35.
- ZHONG, Y.; WEI, Y. D. Economic transition, urban hierarchy, and service industry growth in china. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, Wiley Online Library, v. 109, n. 2, p. 189–209, 2018. Citado na página 13.
- ZIMMERMANN, H.-J. *Fuzzy set theory—and its applications*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2011. Citado na página 36.

Apêndices

APÊNDICE A – Código em R

```
#Parte 1 - FMEA para Fuzzy: Considera a FMEA como primeiro critério e
retorna em números fuzzy uma tabela com os três parâmetros de FMEA
```

```
carregar = read.table("fmea.csv", header = T, sep = ";", dec = ".")
```

```
#Dimensões da matriz carregada acima
```

```
vec = c(dim(carregar))
```

```
linha = vec[1]
```

```
coluna = vec [2]
```

```
#Função para calcular NPR (multiplicação dos três parâmetros da FMEA)
```

```
calcularRPN = function(){
```

```
  y = 1
```

```
  x = 1
```

```
  produto = 1
```

```
  rpn = c()
```

```
  for (y in (1:coluna)){
```

```
    cols = c(carregar[,y])
```

```
    for (x in (1:linha)){
```

```
      produto = cols[x] * produto
```

```
    }
```

```
    rpn = append(rpn,produto)
```

```
    produto = 1
```

```
  }
```

```
  return(rpn)
```

```
}
```

```
NPR = calcularRPN()
```

```
#Função a fim de organizar a tabela de NPR para simples visualização
```

```
TabelaNPR = function(){
```

```
  header = paste("Modo", (1:coluna), sep = " ")
```

```
NPR = calcularRPN()
tab = data.frame(header,NPR)
return (tab)}

#Tabela organizada de forma decrescente com o NPR calculado
do respectivo modo de falha
tabela = TabelaNPR()
tabela_decrescente = tabela[with(tabela, order(-NPR, header)),]

#Função para calcular os valores de frequência superiores e inferiores
#Divide o range de valores dos NPRs em 7 intervalos com frequências
inferiores e superiores a fim de auxiliar na função varredura

#Valores superiores do intervalo:

fuzzyficationsup = function (){

minimo = min(NPR)
maximo = max (NPR)
n_freq = (maximo - minimo)/7
f = 1
frequencias = c()
for (f in 1:7){
freq = minimo + (n_freq*f)
frequencias = append(frequencias, freq)}
return(frequencias)
}

#Valores inferiores do intervalo:
fuzzyficationinf = function (){

minimo = min(NPR)
maximo = max (NPR)
n_freq = (maximo - minimo)/7
f = 0
frequencias2 = c()
for (f in 0:6){
freq = minimo + (n_freq*f)
frequencias2 = append(frequencias2, freq)}
```

```
return(frequencias2)
}

vetor_freq_inf = fuzzyficationinf()
vetor_freq_sup = fuzzyficationsup()

#Função que varrerá todos os NPRs devido aos seus intervalos e indicará um
número fuzzy correspondente
varredura = function(){
fuzzy_teste = read.table("fuzzy.csv", header = F, sep = ";", dec = ".")
#Abre um arquivo .csv com os 7 números fuzzy em uma matriz

A = data.matrix(fuzzy_teste)
n_fuzzy = c()
n_NPR = c()
d = 1
p = 1
for (d in (1:coluna)){
for (p in 1:7){
if (NPR[d] >= vetor_freq_inf[p] && NPR[d] <= vetor_freq_sup[p]){
n_NPR = append(n_NPR, c(NPR[d]))
n_fuzzy = append(n_fuzzy, A[p,])
#Tabela_F1 = data.frame(n_NPR,n_fuzzy)
B = matrix(data = n_fuzzy, ncol = 3, byrow = TRUE)}
}}
return(B)}

#Tabela final fuzzy-FMEA:
Tabela_auxiliar = varredura()

#Caso seja interessante obter a tabela acima separadamente,
retirar comentário abaixo:
#write.csv(Tabela_auxiliar, "TabelaFMEAFuzzy.csv",row.names = FALSE)

#Parte 2: Fuzzy TOPSIS

#Devido ao fato da tomada de decisão ser multicritério, o primeiro já foi
estabelecido com a o cálculo do RPN na FMEA, no entanto, é necessário que
o usuário forneça números fuzzy para os demais critérios
```

```
#Adicionar a esta parte do programa k planilhas referente a k especialistas
k = 1

#Nomeie as tabelas dos k especialistas como criterios1, ..., criteriosk
#criterios1.csv é a tabela de avaliações fuzzy do primeiro especialista

multicriterios = list()
A = list()
for (i in 1:k){
  multicriterios[[i]] = read.table(paste0("criterios",i,".csv"),
  header = T, sep = ";", dec = ".")

  A[[i]] = data.frame(multicriterios[[i]])
  #print(multicriterios[[i]])
}
dimensao = c(dim(A[[i]]))
colunas = dimensao[2]
linhas = dimensao[1]

#Faz a média das matrizes de decisão fuzzy para os k especialistas,
caso k = 1, a tabela é simplesmente copiada

TesteEspecialistas = function(){
  if (k > 1){
    soma = list()
    media = list()
    for (i in 1:(k-1)){
      soma= A[[i]] + A[[i+1]]
      tabela_numeros = (soma/k)
    }
  }
  if(k == 1){
    tabela_numeros = A}
  return(tabela_numeros)
}

#Matriz de decisão
```

```
M = TesteEspecialistas()
MD = data.frame(Tabela_auxiliar, A)
MD = data.matrix(MD)
dMD = dim(MD)
l = c(dMD[1])
c = c(dMD[2])
#Normalização
#Escolhe-se o maior e menor elementos dentro de um número fuzzy
teste = array(MD, dim = c(1,3,((c/3))))
min = c()
max = c()

#Atribuição dos pesos:

#Cálculo das médias dos pesos para a matriz dos pesos agregada para
todos os especialistas

carregarPesos = read.table("pesos.csv", header = F, sep = ";", dec = ".")

dimPesos = c(dim(carregarPesos))

pesosDec = carregarPesos/10

soma = colSums(pesosDec)

pesos = soma/k

#Verificar maximos ou mínimos em cada numero fuzzy:

for (i in 1:((c/3))){
  for (j in 1:3){
    aux_max = c(max(teste[,j,i]))
    aux_min = c(min(teste[,j,i]))

    max = append(max,aux_max)
    min = append(min,aux_min)
    j = j +1}
  i = i + 1}
```



```
maximos = array(max,dim = c(1,3,(c/3)))
minimos = array(min,dim = c(1,3,(c/3)))

for (i in 1:((c/3))){
  teste[,i] = (teste[,i]/maximos[,i])
  maximos[,i] = (maximos[,i])*pesos[i]
  minimos[,i] = (minimos[,i])*pesos[i]}

#Normalizar pelo mínimo para critérios de custo (caso houver)
#teste[,i] = teste[,i]/minimos[,i]*pesos[i]}

#Dessa forma, obtém-se a matriz fuzzy normalizada e com seus devidos pesos

MDF = matrix(teste,nrow = 1, ncol = c,byrow = TRUE)

#Cálculo das distâncias:

dist = matrix(MDF, 1, c)
distp = c()
distn = c()
distancia_relativa = c()
names = c()
auxdistp = c()
auxdistn = c()

for (i in 1:((c/3))){
  for (j in 1:c){
    auxdistp = sqrt((1/3)*sum((dist[j,] - (c(max)[j]*pesos[i]))^2))
    auxdistn = sqrt((1/3)*sum((dist[j,] - (c(min)[j]*pesos[i]))^2))

    distp = append(distp, auxdistp)
    distn = append(distn, auxdistn)

    j = j +1}
  i = i + 1}

for (i in 1:l){
  distancia_relativa = append(distancia_relativa, (distn[i]/(distp[i]+distn[i])))
```

```
names = append(names,paste0("Alternativa",i))}

MFinal = data.frame(names,distancia_relativa)
MFinal = MFinal[with(MFinal, order(-distancia_relativa)),]
print(MFinal)
```