

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL

MODELO HIERÁRQUICO COPPE-COSENZA FUZZY: ADAPTAÇÃO E ANÁLISE DE SEU
DESEMPENHO PARA AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO DE CLIENTES

por

Karine Dutra Viana

Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Modelagem Computacional

Rio Grande, março, 2017

Modelo hierárquico Coppe-Cosenza *fuzzy*: adaptação e análise de seu desempenho para avaliação da satisfação de clientes.

Karine Dutra Viana

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Dr(a). Viviane Leite de Dias Mattos
Instituto de Matemática, Estatística e Física - FURG

Prof(a). Dr(a). Diana Francisca Adamatti
Centro de Ciências Computacionais - FURG

Prof(a). Dr(a). Andrea Cristina Konrath
Departamento de Informática e Estatística - UFSC

Rio Grande, março, 2017

Ficha catalográfica

V614m Viana, Karine Dutra.

Modelo hierárquico Coppe-Cosenza *fuzzy*: adaptação e análise de seu desempenho para avaliação da satisfação de clientes / Karine Dutra Viana. –2017.

94 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional, Rio Grande/RS, 2017.

Orientadora: Dr^a. Viviane Leite de Dias Mattos.

1. Análise da satisfação 2. Lógica *fuzzy* 3. Modelo hierárquico
I. Mattos, Viviane Leite de Dias II. Título.

CDU 004.421.2

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, pois creio que foi por Ele que iniciei, com Ele continuei e graças à Ele estou concluindo.

À minha mãe, Denise de Oliveira Dutra, que sempre foi mãe e pai ao mesmo tempo, e apesar de todas as dificuldades nos ensinou a ter caráter, amor, perseverança e fé, sempre nos incentivando e fazendo entender que o estudo era a melhor opção.

Em especial, agradeço à minha família e meus amigos que foram pacientes e entenderam tantas vezes a minha ausência, sendo compreensíveis em muitos momentos de adversidades durante estes dois anos.

À minha orientadora, Viviane Leite de Dias Mattos, que se preocupou com minhas escolhas no decorrer da pesquisa, compreendeu minhas necessidades pessoais, se adaptando em orientações e dando incentivo no decorrer de todo o trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro em forma de Bolsa de Mestrado – Demanda Social, a Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional.

RESUMO

A satisfação é uma variável que depende de inúmeras características que variam de indivíduo para indivíduo, o que dificulta consideravelmente a sua mensuração. Alguns métodos são comumente utilizados na literatura para mensurar esta variável. No entanto, o foco deste trabalho é testar o modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* de análise hierárquica, que foi inicialmente desenvolvido para tomada de decisão de localizações industriais. A proposta de modelagem apresentada consistiu em modificar operadores e incorporar algumas propriedades dos controladores *fuzzy* a este modelo com a pretensão de obter melhor precisão em seus resultados. Para tais procedimentos, fez-se uso de alguns softwares, desenvolveu-se um algoritmo de execução de operadores, utilizou-se de algumas equações de modelagem e ainda, um banco de dados proveniente de uma pesquisa da satisfação de usuários do transporte público de uma determinada região. Os resultados foram submetidos a algumas técnicas estatísticas, tais como: medidas descritivas, testes de normalidade, testes de hipótese não-paramétricos e coeficientes de concordância. Após a análise dos dados, nas condições verificadas, conclui-se que a proposta de modelagem do construto em estudo foi satisfatória, embora ainda necessite de alguns ajustes.

Palavras-chave: Análise da satisfação. Lógica *fuzzy*. Modelo hierárquico.

ABSTRACT

The satisfaction is a variable that depends on numerous characteristics that vary from individual to individual, which makes its measurement very difficult. Some methods are commonly used in the literature to measure this variable. However, the focus of this study is to test the fuzzy Coppe-Cosenza model of hierarchical analysis, which was initially developed for decision-making in industrial locations. The proposed modeling consists of modifying operators and incorporating some properties of the fuzzy controllers to this model with the pretension of obtaining better precision in its results. For these procedures, some software was used, an algorithm for the execution of operators was developed, some modeling equations were used, and an already validated database from a survey of the satisfaction of public transport users Of a given region. The results were submitted to statistical techniques such as descriptive analyzes, normality tests and non-parametric hypothesis tests. After the analysis of the data, under the conditions verified, it is concluded that the modeling proposal of the construct under study was satisfactory, although still needs more studies in some points for better adjustments.

Keywords: Satisfaction analysis. *Fuzzy* logic. Hierarchical model.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivos	14
1.1.1. Objetivo geral	14
1.1.2. Objetivos específicos	14
1.2. Estrutura do trabalho	15
2. LÓGICA <i>FUZZY</i>	16
2.1. Conjuntos <i>fuzzy</i>	17
2.2. Variáveis linguísticas	18
2.3. Números <i>fuzzy</i> e funções de pertinências	18
2.4. Controladores <i>fuzzy</i>	19
3. MODELO COPPE-COSENZA DE ANÁLISE HIERÁRQUICA	23
3.1. Origem do modelo	23
3.2. Metodologia do modelo	24
3.2.1. Operações entre as matrizes de demanda e oferta	25
3.2.2. Matriz resultados	29
3.3. Aplicações do modelo Coppe-Cosenza encontradas na literatura	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1. O modelo Coppe-Cosenza <i>fuzzy</i> e sua adaptação	32
4.1.1. Matriz de demanda e matriz de oferta	34
4.1.2. Operações de cotejo	35
4.2. A escala da satisfação	37
4.3. Controladores <i>fuzzy</i> : uma proposta de utilização	38
4.4. Coppe-Cosenza <i>fuzzy</i> adaptado e controladores <i>fuzzy</i> : um estudo de caso	38
4.5. Estudo complementar	40
5. RESULTADOS	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	56
ANEXO A – Instrumento - avaliação da satisfação de usuários de transporte público	59
APÊNDICE 1 – Mapa cognitivo gerado pelo programa FuzzyTech	62
APÊNDICE 2 – Instrumento juízes - avaliação da satisfação de usuários de transporte público	63
APÊNDICE 3 – Código de execução dos operadores no modelo Coppe-Cosenza adaptado.	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. - Representação gráfica de uma função triangular	20
Figura 2.2. - Representação gráfica de uma função trapezoidal	21
Figura 5.1. - Histogramas dos resultados obtidos na amostra 1	43
Figura 5.2. - <i>Boxplots</i> dos resultados obtidos na amostra 1	44
Figura 5.3. - Gráficos de probabilidade normal dos resultados obtidos na amostra 1	45
Figura 5.4. - <i>Boxplots</i> dos resultados obtidos na amostra 2	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. - Fatores demandados pelos projetos	25
Tabela 3.2. - Oferta de fatores para as alternativas	25
Tabela 3.3. - Produto $\tilde{A} \otimes \tilde{B}$	26
Tabela 3.4. - Variáveis linguísticas para \tilde{a}_{ij} e \tilde{b}_{jk}	26
Tabela 3.5. - Matriz diagonal inferior	27
Tabela 3.6. - Matriz diferença de pertinências	27
Tabela 3.7. - Matriz relacionamento de pertinências	28
Tabela 3.8. - Γ_{hxm} – matriz de agregação de possibilidades	29
Tabela 4.1. - Importância (ou demanda) dos fatores	34
Tabela 4.2. - Percepção de oferta por item	35
Tabela 4.3. - Matriz diferença de pertinências adaptada	36
Tabela 4.4. - Matriz relacionamento de pertinências adaptada	36
Tabela 5.1. - Resumo descritivo dos resultados com amostra 1	42
Tabela 5.2. - Testes de normalidade dos resultados obtidos na amostra 1	45
Tabela 5.3. - Resultados para prova de Wilcoxon aplicados aos dados na amostra 1	46
Tabela 5.4. - Resultados para o Coeficiente de Kendall nos dados obtidos na amostra 1	47
Tabela 5.5. - Resumo descritivo dos resultados obtidos na amostra 2	48
Tabela 5.6. - Testes de normalidade dos resultados obtidos na amostra 2	50
Tabela 5.7. - Resultados para prova de Wilcoxon aplicados aos dados na amostra 2	51
Tabela 5.8. - Resultados para o Coeficiente de Kendall nos dados obtidos na amostra 2	51

LISTA DE SÍMBOLOS

U	Conjunto Universo
F	Subconjunto <i>fuzzy</i> no conjunto universo U
$Supp X$	Suporte de um subconjunto <i>fuzzy</i> F .
$Core (F)$	Core de um conjunto <i>fuzzy</i> F
$[F]^\alpha$	α -nível de um subconjunto <i>fuzzy</i> F
$max.(X)$	Valor máximo de um subconjunto <i>fuzzy</i> X .
$min.(X)$	Valor mínimo de um subconjunto <i>fuzzy</i> X .
$f(x)$	Função de pertinência para um número fuzzy
$>$	Maior
$<$	Menor
\geq	Maior ou igual
\leq	Menor ou igual
\in	Pertence
u_{mm}	Saída <i>crisp</i>
u_m	Core do termo linguístico m
M	Quantidade de termos linguísticos ativados
\bar{F}	Conjunto finito de fatores/atributos
f	Subconjunto de \bar{F}
$A = (a_{ij})_{h \times n}$,	Matriz representante da demanda de h atividades por n fatores/atributos.
$B = (b_{jk})_{n \times m}$	Matriz representante da oferta de n fatores/atributos por m alternativas.
C	Matriz possibilidades entre A e B
\tilde{A}	Representação <i>fuzzy</i> da matriz demanda
\tilde{B}	Representação <i>fuzzy</i> da matriz oferta
A_1, A_2, \dots, A_m	Conjunto de demanda dos projetos
f_1, f_2, \dots, f_n	Conjunto de fatores

w_1, w_2, \dots, w_n	Importância associada aos fatores ou nível de oferta de fatores
B_1, B_2, \dots, B_m	Conjunto das alternativas
a_{ij}	Coefficiente <i>fuzzy</i> do projeto i em relação ao fator j para matriz \tilde{A}
b_{jk}	Coefficiente <i>fuzzy</i> da alternativa k em relação ao fator j para matriz \tilde{B}
\otimes	Operador
$\tilde{C} = (\tilde{c}_{ik})_{h \times m}$	Matriz possibilidade entre \tilde{A} e \tilde{B} .
c_{ik}	Coefficiente <i>fuzzy</i> da alternativa k em relação ao projeto i para matriz C
$\text{Max}_k\{c_{ik}\} = \tilde{c}_i$	Indicador da melhor alternativa do projeto i no conjunto de ofertas.
$\text{Max}_i\{c_{ik}\} = \tilde{c}_k$	Indicador do melhor tipo de projeto para a alternativa k .
A^*	Matriz demanda segundo fatores específicos
B^*	Matriz oferta segundo fatores específicos
C^*	Matriz disponibilidade segundo critérios específicos
\tilde{A}^*	Representação <i>fuzzy</i> da matriz demanda segundo fatores específicos
\tilde{B}^*	Representação <i>fuzzy</i> da matriz oferta segundo fatores específicos
D	Matriz dos índices das possibilidades em relação a cada alternativa
E	Matriz diagonal
d_{ik}	Coefficiente <i>fuzzy</i> da alternativa k em relação ao projeto i para matriz D
Z_k	Indicador do comportamento da oferta de fatores
T_i	Indicador do comportamento da demanda de fatores
n	Número de fatores considerados
$p \vdash q$	Intervalo fechado em p e aberto em q
$p \dashv\vdash q$	Intervalo fechado em p e fechado em q
f_1	Fator 1
f_2	Fator 2
f_3	Fator 3
f_4	Fator 4

Símbolos gregos

$\mu F(x)$	Grau de pertinência de um subconjunto <i>fuzzy</i> F em um universo U .
$\mu A(x)$	Grau de pertinência de um subconjunto <i>fuzzy</i> A em um universo U .
$\mu B(x)$	Grau de pertinência de um subconjunto <i>fuzzy</i> B em um universo U .
Σ	Somatório
Γ	Matriz de agregação de C e C^*
γ_i	Indicador da melhor alternativa k para cada projeto i
γ_k	Indicador do melhor projeto i para cada alternativa k

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
MAH	Método de Análise Hierárquica
AHP	Analytic Hierarchy Process
Coppe	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
MASTERLI	Modelo de disposição territorial e localização industrial
UFRJ	Universidade federal do Rio de Janeiro
FURG	Universidade Federal do Rio Grande

1. INTRODUÇÃO

A análise da satisfação é de extrema importância para o controle de qualidade de serviços e produtos. Existem diversas definições para satisfação como abordado por Mattos; Avila; Figueiredo (2017), algumas a traduzem como uma reação antecipada a uma expectativa, outras como um estado agradável que resulta de experiências, ou ainda, como resultado do atendimento de necessidades específicas e pessoais. No entanto, o que se pode afirmar é que esta é uma variável dependente de características únicas de cada indivíduo, logo sua medição não pode ser exata, o que sugere a possibilidade de utilização da lógica *fuzzy*.

De acordo com Chenci; Rignel; Lucas (2011), a lógica *fuzzy* permite que variáveis não admitam valores precisos necessariamente, como zero ou um, possibilitando que elas tenham graus de pertinência entre os elementos do seu conjunto. Possibilita ainda a construção de várias regras, que facilitam a modelagem dos problemas, tornando-os menos complexos. Logo, acredita-se que seja a lógica mais apropriada para mensurar a satisfação.

A proposta deste estudo é utilizar um modelo de análise hierárquica que se utiliza da lógica *fuzzy*, o qual, com algumas adaptações, pode ser um instrumento de mensuração para satisfação e com análises mais profundas, para outras variáveis deste mesmo contexto.

Existem diversos métodos de análise multicritério descritos na literatura. Dentre estes destacam-se os métodos de análise hierárquica, como MAH (Método de Análise Hierárquica) ou AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e suas versões melhoradas: AHP Multiplicativo, Referenciado e B-G. Modelos hierárquicos são fundamentais em processos complexos de decisão que dependem de inúmeros critérios para uma escolha entre diversas alternativas, pois permitem uma fácil compreensão e melhor avaliação do problema. A maioria dos métodos de análise hierárquica utiliza-se da lógica booleana. No entanto, considera-se que quanto mais complexas e incertas são as variáveis envolvidas, mais adequada é a utilização da lógica *fuzzy*. Os dados utilizados neste tipo de análise geralmente são coletados em pesquisas do tipo observação ou levantamento que trabalham com entrevistas e questionários, logo as informações obtidas são subjetivas, visto que dependem de respostas de indivíduos que pensam e agem de maneira distinta. A lógica *fuzzy* consegue lidar com esta subjetividade e imprecisão por meio de decisões numéricas que melhor se adaptam às transições gradativas entre níveis de respostas, pois trabalha em um universo infinito entre zero e um, diferentemente da lógica clássica que trabalha com apenas duas possibilidades, zero ou um.

O modelo estudado é também um modelo de análise hierárquica, denominado Coppe-Cosenza. Este foi concebido inicialmente para estudos de localização industrial de forma hierárquica

e multicriteriosa, sendo basicamente executado em uma lógica de confronto entre demanda industrial e oferta de fatores de localização geográfica, fundamentado inicialmente na lógica clássica e tendo como principal função ser um apoio à tomada de decisão. Posteriormente, a aritmética e os princípios da lógica *fuzzy* com suas variáveis lingüísticas foram introduzidas no modelo. A partir daí, várias aplicações foram efetuadas, em especial para a verificação de zoneamento industrial. O trabalho apresentado em Toledo; Cosenza (2004) propõe a utilização do modelo de forma a avaliar o desempenho de uma instituição de ensino perante outras instituições ou avaliar um determinado curso em relação a outros cursos como um processo de auxílio decisório através de uma análise da hierarquia encontrada no resultado da sua aplicação. Outros estudos foram realizados, como em Cosenza et al. (2006), utilizando o modelo para hierarquização de produtos e serviços com o mesmo perfil de execução, apenas mudando o foco e confrontando o perfil de demanda dos clientes e o perfil de oferta das empresas. Assim como esta última, outras aplicações do modelo para hierarquização de produtos e serviços foram realizadas auxiliando na elaboração de estratégias empresariais, como por exemplo, Krykhtine (2013) e Rheingantz et al. (2000).

Nas buscas literárias realizadas no decorrer dos estudos não foram verificadas aplicações do modelo para a análise específica de uma variável subjetiva como a satisfação em relação à prestação de um determinado serviço. Assim, a adaptação do modelo para análise deste tipo de variável, comprovando sua funcionalidade, pode ser de considerável importância em estudos empresariais na área da qualidade, assim como, com amplo estudo, pode servir para mensurar outras variáveis similares, como a própria qualidade, motivação e desempenho, entre outras, em uma perspectiva de avaliação de clientes e/ou empresas. Por tanto, explica-se assim a importância e a justificativa do modelo utilizado e dos objetivos pontuados neste trabalho.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

A partir de uma análise crítica do modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* de análise hierárquica, tanto sob o ponto de vista teórico quanto prático, pretende-se propor alguns ajustes que possam proporcionar a obtenção de melhores resultados na mensuração da satisfação.

1.1.2. Objetivos específicos

- Revisar e conhecer parte da literatura que mostra aplicações e modelos embasados na lógica *fuzzy*, compreendendo sua funcionalidade e importância;
- conhecer de maneira geral o modelo Coppe-Cosenza de análise hierárquica, sua origem e desempenho;

- compreender a versão *fuzzy* do modelo Coppe-Cosenza de análise hierárquica e sua funcionalidade;
- interpretar e compreender, isoladamente e conjuntamente, cada etapa do processamento do modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* de análise hierárquica;
- através de um estudo de caso, verificar a eficiência do modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* de análise hierárquica para a variável satisfação;
- implementar propriedades dos controladores *fuzzy*, e outras que forem julgadas necessárias no decorrer da pesquisa, em experimentos para testes de efeito;
- aprimorar o modelo através das implementações;
- comparar resultados entre modelo Coppe-Cosenza adaptado e o estudo de caso já validado que mensurou a satisfação;
- realizar um experimento com avaliação de juízes para efeitos de comparação;

1.2. Estrutura do trabalho

Os Capítulos 2 e 3 apresentam, respectivamente, uma revisão de literatura em torno da lógica *fuzzy*, desde seus conceitos básicos até os controladores *fuzzy*, e do modelo Coppe-Cosenza de análise hierárquica, com abordagem em sua origem e destacando a sua metodologia para operações e resultados. A metodologia e os métodos adotados durante esta pesquisa são apontados no Capítulo 4, que tem por objetivo mostrar aos leitores, de forma clara, o passo a passo do trabalho realizado e a finalidade de cada procedimento adotado. No Capítulo 5 são discutidos alguns resultados encontrados através da modelagem utilizada para mensurar a satisfação. Em sequência, no Capítulo 6, são apresentadas as considerações finais, incluindo as conclusões, as limitações encontradas durante o estudo e também algumas sugestões para trabalhos futuros. Em anexo, encontram-se os instrumentos utilizados na pesquisa e ainda o código utilizado nas operacionalizações do modelo estudado.

2. LÓGICA FUZZY

A palavra *fuzzy* tem origem inglesa e significa incerto, nebuloso, impreciso. A lógica *fuzzy* lida com certas variáveis nebulosas e incertas que são utilizadas em nosso cotidiano, transmitidas e perfeitamente compreendidas linguisticamente, mas que são de difícil compreensão no tratamento matemático, pois sua representação numérica se torna bastante complexa.

As primeiras noções da lógica dos conceitos "vagos" foi desenvolvida pelo lógico polonês Jan Lukasiewicz em 1920, introduzindo conjuntos com graus de pertinência zero, um meio e um. Mais tarde esse grau de pertinência foi expandido para um número infinito de valores entre zero e um, que hoje caracteriza a lógica *fuzzy*. Isto ocorreu por volta de 1965 quando o matemático, engenheiro e professor Lotfi Asker Zadeh, com base nos conceitos da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*, propôs a lógica *fuzzy* combinando os conceitos da lógica clássica e os conjuntos de Lukasiewicz, definindo graus de pertinência.

Barros e Bassanezi (2010) afirmam que certas variáveis utilizadas em nosso cotidiano, transmitidas e perfeitamente compreendidas linguisticamente entre interlocutores, têm invariavelmente permanecido fora do tratamento matemático tradicional. Este é o caso de variáveis linguísticas oriundas da necessidade de se distinguir qualificações por meio de graduações. Neste sentido, a lógica *fuzzy* é capaz de capturar informações imprecisas descritas em uma linguagem natural, como exemplo os conceitos de alto, bonito, maior, satisfeito e rápido, e transformá-las em valores numéricos.

A definição de algumas classes que expressam objetos da realidade não tem precisão no trato matemático tradicional. Como o exemplo de Zadeh (2007), a classe de animais claramente inclui como membros os cães, cavalos, aves, etc. e obviamente exclui as rochas, fluidos, plantas, etc. No entanto, considerando por exemplo as estrelas do mar, as bactérias, etc. é incerto ou ambíguo as suas inclusões na classe dos animais. Do mesmo modo há ambiguidade quando se refere, por exemplo ao número dez em relação à “números reais muito maiores que um”, ou à classe de “mulheres bonitas” ou classe de “homens altos”: essas classes não constituem conjuntos matemáticos no sentido habitual dos termos. O que é fato é que estas classes desempenham um papel importante no pensamento humano, em particular nos domínios de reconhecimento de padrões, comunicação de informações e abstração.

A lógica *fuzzy* permite lidar com situações que envolvem estes fatores ambíguos, incertos e informações vagas na resolução de problemas e características do pensamento humano, pois trabalha com variáveis linguísticas e propriedades que possibilitam desenvolver raciocínios mais próximos do humano em estruturas matemáticas computacionais.

Diferentemente da lógica clássica, que assume somente as posições de verdadeiro ou falso, sim ou não, zero ou um, a lógica *fuzzy* permite a existência de infinitas posições entre o verdadeiro e o falso, entre o sim e o não, entre zero e um.

2.1. Conjuntos *fuzzy*

A extensão da lógica clássica sugerida por Zadeh está na possibilidade de um determinado elemento poder pertencer a um conjunto com um grau de pertinência que varia infinitamente entre não pertencer e pertencer, ou seja, se um determinado elemento pertence a um domínio, é verificado o grau de pertinência do elemento em relação ao conjunto. Esse grau de pertinência informa o quanto esse elemento pertence ao conjunto e é calculado através de uma determinada função que retorna a um valor que varia entre zero e um, onde zero indica que o elemento está fora, e qualquer valor maior que zero e menor ou igual a um indica que o elemento está dentro do conjunto.

A definição de subconjunto *fuzzy* foi obtida simplesmente ampliando-se o contradomínio da função característica, que é o conjunto $\{0, 1\}$, para o intervalo $[0, 1]$.

Segundo Barros e Bassanezi (2010), um subconjunto *fuzzy* F em um universo U é definido por uma função de pertinência:

$$\mu_F(x): U \rightarrow [0, 1] \quad (2.1)$$

Definições importantes da lógica *fuzzy* são as de suporte, core e α -corte (α -nível).

O suporte de um subconjunto *fuzzy* F no conjunto universo U é o conjunto clássico que contém todos os elementos de U que têm grau de pertinência maior do que zero, sendo indicado por:

$$\text{supp}F = \{x \in U : \mu_F(x) > 0\} \quad (2.2)$$

Considera-se que o core de um conjunto *fuzzy* F consiste em todos os elementos que pertencem ao universo de discurso cujo grau de pertinência é igual a 1, ou seja:

$$\text{Core}(F) = \{x \in U \mid \mu_F(x) = 1\} \quad (2.3)$$

Seja F um subconjunto *fuzzy* de U e $\alpha \in [0, 1]$. O α -nível do conjunto F é o subconjunto clássico de U definido por:

$$[F]^\alpha = \{x \in U : \mu_F(x) \geq \alpha\} \text{ para } 0 < \alpha \leq 1 \quad (2.4)$$

2.2. Variáveis linguísticas

Dado um conjunto *fuzzy*, a variável linguística é definida como uma variável cujos valores são nomes deste conjunto. Por exemplo, a temperatura de um determinado processo pode ser uma variável linguística assumindo valores: baixa, média e alta. Estes valores são representados por funções de pertinência.

De forma geral, uma variável linguística tem seus valores construídos a partir de termos primários como pequeno, grande, baixo, médio, alto, etc., dos conectivos lógicos *E*, *OU* e *NEGAÇÃO*, de modificadores como muito, pouco, levemente e extremamente, e ainda de delimitadores como parênteses.

De acordo com Tanscheit (2004), a principal função das variáveis linguísticas é fornecer uma maneira sistemática para uma caracterização aproximada de fenômenos complexos ou mal definidos. Em essência, a utilização do tipo de descrição linguística empregada por seres humanos, e não de variáveis quantificadas, permite o tratamento de sistemas que são muito complexos para serem analisados através de termos matemáticos convencionais.

2.3. Números *fuzzy* e funções de pertinência

Os números *fuzzy* são um tipo especial de conjuntos *fuzzy* e possuem uma relevância na resolução de problemas que envolvem imprecisões de dados.

De um modo geral, em problemas concretos, muitos números são idealizados a partir de informações imprecisas, envolvendo valores numéricos. Esses números que contém uma carga de impressão podem ser tratados de acordo com a lógica *fuzzy*, como números *fuzzy*. (BARROS e BASSANEZI, 2010).

Os números *fuzzy* são um tipo especial de conjuntos *fuzzy* e possuem uma relevância na resolução de problemas que envolvem imprecisões de dados.

Um subconjunto *fuzzy* F é chamado de número *fuzzy* quando o conjunto universo no qual $\mu_F(x)$ está definida é o conjunto dos números reais (R) e satisfaz às condições:

- (i) todos os α -níveis de F são não vazios, com $0 \leq \alpha \leq 1$;
- (ii) todos os α -níveis de F são intervalos fechados do conjunto dos números reais (R);
- (iii) $\text{supp}F = \{x \in R: \mu_F(x) > 0\}$ é limitado.

Usualmente, trabalha-se com os números *fuzzy* triangulares e trapezoidais, pois esses números tornam mais simples o desempenho computacional. Além disso, esses números são nomeados de acordo com o gráfico das suas funções de pertinência. Primeiramente, consideram-se os números

fuzzy trapezoidais, pois são mais gerais que os triangulares, ou seja, todo número *fuzzy* triangular é um número *fuzzy* trapezoidal. (BRIÃO, 2013).

Um número *fuzzy* F é dito triangular se sua função de pertinência é da forma:

$$\mu_F(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{u-b}, & \text{se } a < x \leq u \\ \frac{x-b}{u-b}, & \text{se } u < x \leq b \\ 0, & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

onde, a , b e c fazem a composição dos três vértices de coordenadas $(a,0)$, $(b,1)$ e $(c,0)$ que formam um triângulo.

Um número *fuzzy* F é dito trapezoidal se sua função de pertinência tem a forma de um trapézio e é dada por:

$$\mu_F(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{se } a \leq x < b \\ 1, & \text{se } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{se } c < x \leq d \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2.6)$$

onde, a , b , c e d são a composição dos quatro vértices de coordenadas $(a,0)$, $(b,1)$, $(c,1)$ e $(d,0)$ que foram um trapézio.

2.4. Controladores *fuzzy*

Affonso (2012) destaca que é esperado que especialistas encontrem dificuldades em representar um conhecimento através de números reais. Em alguns casos, é comum que esta representação seja atribuída por diversos especialistas, dentre os quais há diversos julgamentos, aumentando a complexidade do problema.

Uma possibilidade para representar um valor para uma determinada situação é a utilização dos controladores *fuzzy*.

Os controladores *fuzzy* tem a capacidade de armazenamento de memória, permitindo decidir dentre relações diversas em um determinado problema e chegar a um valor mais redundante e coerente com a realidade proporcionando melhores resultados para com o projeto em questão.

Os controladores *fuzzy* são constituídos de três etapas: a *fuzzificação*, a inferência e a

defuzzificação. Eles utilizam para variáveis de entrada, um universo *crisp*, que no processo de *fuzzificação* transformam-se em números *fuzzy*. Através do processo de inferência, que se utiliza da base de regras e da *defuzzificação*, possibilita uma saída também *crisp*, resultado da interação entre vários fatores analisados.

O processo de *fuzzificação* (entradas discretas) consiste em realizar um mapeamento entre os valores numéricos das variáveis de entrada do controlador para graus de compatibilidade com conceitos linguísticos, ou seja, nesta etapa definem-se os termos linguísticos e suas respectivas funções de pertinência. Assim, os valores discretos obtidos na avaliação tornam-se valores *fuzzy* com diferentes graus de pertinência. As funções de pertinência mais utilizadas são as funções trapezoidais e triangulares, como mencionado anteriormente.

A função triangular é o modelo mais simples e mais utilizado em processos computacionais. É representada pela Eq. (2.7) e tem sua representação gráfica representada na Figura 2.1.

$$f(x) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (2.7)$$

onde, a , b e c fazem são a composição dos três vértices de coordenadas $(a,0)$, $(b,1)$ e $(c,0)$ que formam um triângulo.

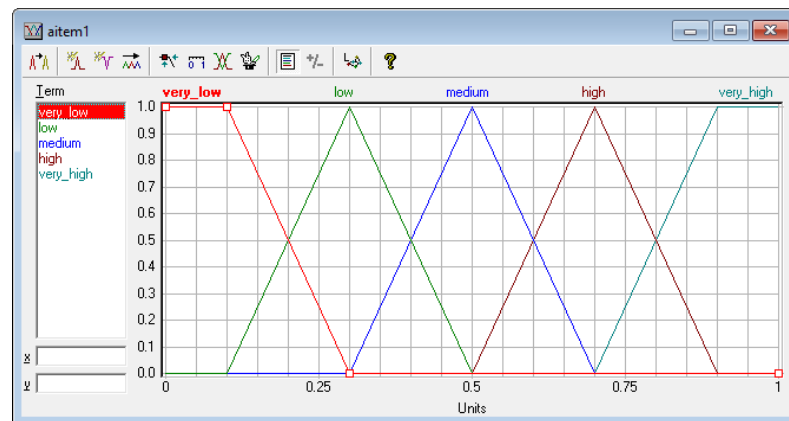


Fig. 2.1 - Representação gráfica de função triangular

A função trapezoidal é representada pela Eq. (2.8) e tem sua representação gráfica representada na Figura 2.2.

$$f(x) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (2.8)$$

onde, a , b , c e d são a composição dos quatro vértices de coordenadas $(a,0)$, $(b,1)$, $(c,1)$ e $(d,0)$ que formam um trapézio.

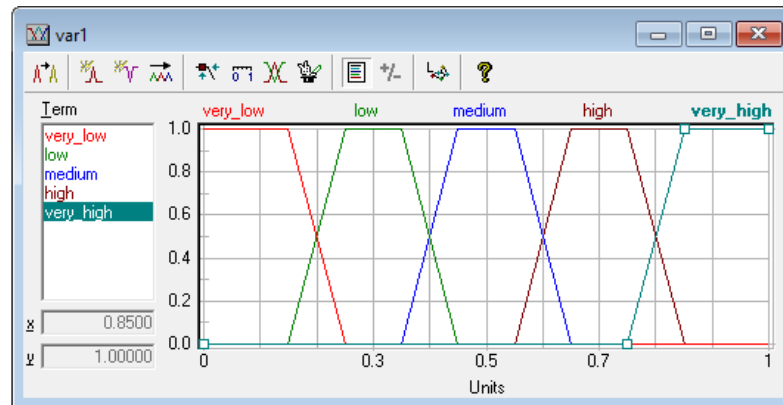


Fig. 2.2 - Representação gráfica de uma função trapezoidal

A base de regras é definida por especialistas e deve conter as possíveis situações relacionadas às entradas e saídas. Ela contém as funções de pertinências das entradas e para cada condição, as respectivas saídas. Essas regras ao serem aplicadas servem para aglutinar os resultados expressos em termos linguísticos. Nesta etapa ficam guardadas as variáveis e suas classificações linguísticas.

No processo de inferência (processamento) usa-se a base de regras para a determinação dos termos linguísticos e um método de inferência, por exemplo, o de *Mamdani*, de modo a inferir as ações de saída *fuzzy*, ou seja, determinar os respectivos graus de pertinência.

O método de inferência de *Mamdani* utiliza-se da composição máx.mín. para obter um valor de pertinência para cada regra. Os operadores e (\wedge) e ou (\vee) são utilizados para obter um único resultado. No caso do operador ou (\vee) é utilizada a operação de união e, no caso do operador e (\wedge), é utilizada a de interseção

O processo de *defuzzificação* (saídas discretas) converte o conceito linguístico, resultado do processo de inferência, em um valor numérico (u) utilizado como saída do controlador *fuzzy*. Para que esse processo ocorra, é preciso utilizar algum método de *defuzzificação*. Os métodos de *defuzzificação* mais utilizados são: método do centro da área, método centro dos máximos e método da média dos máximos.

O Método do Centro da Área, por ser um método que proporciona resultados mais precisos é a técnica mais comum de *defuzzificação*. Pode ser compreendido como uma média ponderada, utilizando uma área definida a partir da função de pertinência $\mu_F(x)$ como o peso do valor x .

O Método do Centro dos Máximos consiste em mostrar o ponto em que a saída nebulosa apresenta seu máximo valor. Considera-se apenas o valor que representa maior grau de pertinência.

O Método das Médias dos Máximos produz um valor numérico que representa o valor médio

de todos os cores ativados.

O método das médias dos máximos foi o utilizado no decorrer deste estudos e é representado pela Eq. (2.9).

$$u_{mm} = \sum_{m=1}^M \frac{u_m}{M} \quad (2.9)$$

Onde: u_i = i -ésima saída *crisp*; u_{mi} = core do m -ésimo termo linguístico que compõe i -ésima saída *crisp*; M = quantidade de termos linguísticos ativados para a i -ésima saída *crisp*.

Concluído o processo de *defuzzificação*, chega-se a um valor que indica o resultado da análise do projeto.

Neste capítulo, foram abordados os principais conceitos ligados à lógica *fuzzy*, visando o seu entendimento e, tendo em vista a possibilidade de colaboração no desempenho de modelos hierárquicos que trabalham com variáveis subjetivas.

Conforme abordado por Rheingantz et al. (2000, p.3):

A construção de instrumentos baseados na lógica *fuzzy* possibilita representar a subjetividade de questões “coloridas” por emoções, sentimentos e comportamentos, em lugar de precisos valores quantitativos. Estes novos instrumentos qualitativos permitem avaliar conceitualmente o ambiente construído, analisando a intensidade das imagens, dos valores e das expectativas dos usuários no processo de percepção, necessárias para a compreensão da importância absoluta e relativa dos fenômenos/valores perceptivos e para sua representação – os conceitos de aleatoriedade são substituídos por conceitos de nebulosidade tratados pela lógica *Fuzzy*. A construção dos rótulos, que tanto podem ser palavras como sentenças narrativas, possibilita a configuração mental de múltiplos cenários ou imagens-chave. Assim, a abordagem *fuzzy* configura-se como um importante passo no sentido de minorar a dificuldade para uma definição pormenorizada dos desdobramentos simultâneos e rápidos destas diversas construções mentais esquemáticas, que podem ser facilmente percebidas.

O próximo capítulo apresenta o modelo de análise hierárquica Coppe-Cosenza, que se utiliza da lógica *fuzzy*, relatando alguns dos seus aspectos históricos e a sua metodologia.

3. MODELO COPPE-COSENZA DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

O modelo Coppe-Cosenza de análise hierárquica, inicialmente desenvolvido com a lógica clássica, foi proposto com a finalidade de possibilitar análises mais aprofundadas em relação à indústria e localização. Só depois de alguns anos o modelo teve a aritmética e os princípios da lógica *fuzzy*, com suas variáveis linguísticas, introduzidas para satisfazer propriedades de simetria que a lógica clássica não atendia, dando origem a sua versão *fuzzy*. A partir daí, várias aplicações se encontram na literatura. Apesar de algumas aplicações em estudos variados como, por exemplo, no controle de qualidade, a maioria ainda é em análise de zoneamento industrial, com a finalidade que designar, de forma hierárquica, melhores localizações para determinados tipos de indústrias.

3.1. Origem do modelo

O modelo Coppe-Cosenza de análise hierárquica teve como inspiração o Modelo Masterli, '*Modelo di Assetto Territoriale e Localizzazione Industriale*' (modelo de disposição territorial e localização industrial) publicado em 1974. O modelo Masterli foi desenvolvido na Itália, em 1971, com o objetivo de criar um instrumento de análise de localização industrial.

A metodologia construtiva do modelo fundamenta-se entre a demanda da atividade econômica e a oferta de unidades territoriais. Foi em 1975 que a Coppe/UFRJ conjuntamente com outras duas entidades desenvolveram os primeiros modelos de localização no Brasil. A partir daí, Carlos Alberto Nunes Cosenza veio a complementar o modelo Masterli com algumas modificações estruturais e operacionais, que segundo Fiuza et al. (2011), proporcionaram:

- a. possibilidade de operar com micro-regiões para localização industrial;
- b. maior detalhamento dos perfis de oferta e demanda, considerando situações intermediárias que anteriormente estavam agrupadas em apenas dois níveis;
- c. liberdade para ponderar eventual excesso de oferta de fatores locacionais;
- d. liberdade para penalizar eventual escassez de oferta de fatores locacionais.

Com estas modificações, deu-se origem ao modelo Coppe-Cosenza de análise hierárquica que, até o ano de 1981, trabalhou sob a perspectiva da lógica clássica. A lógica *fuzzy* foi introduzida no modelo com o objetivo de suprir a necessidade de melhorar os resultados de medidas de distâncias que satisfaçam as propriedades de simetria entre os níveis de demanda e oferta de fatores.

3.2. Metodologia do modelo

O modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* de análise hierárquica, assim como descrito em Clemente (2002), realiza uma operação entre matrizes que representam a demanda por fatores de localização de acordo com (h) tipos de indústrias expressa por (n) atributos de desempenho e a oferta dos (n) atributos de desempenho por (m) zonas elementares ou sítios locais.

Segundo Chamovitz (2010), a maior utilidade deste método é a tomada de decisão entre diferentes perfis de diferentes graus de importância aos fatores gerais e específicos, com elevado número de alternativas.

O modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* de análise hierárquica, conforme abordado por Silva (2015) é, basicamente, composto por cinco etapas:

- 1^a- definição do problema;
- 2^a- caracterização do problema com a identificação das variáveis;
- 3^a- criação da matriz de necessidades (demanda) e criação da matriz de possibilidades (oferta);
- 4^a – criação da matriz de compatibilidade (cotejo ou matriz C);
- 5^a – hierarquização das alternativas.

Para tanto, definem-se dois conjuntos *fuzzy*: um deles deve representar a demanda e o outro, a oferta de fatores.

Sejam $A = (a_{ij})_{h \times n}$, a matriz representante da demanda de h atividades relativamente à n fatores/atributos e $B = (b_{jk})_{n \times m}$, a matriz representante da oferta de n fatores/atributos por m alternativas.

Seja $\bar{F} = \{f_i | 1, \dots, n\}$, um conjunto finito de fatores/atributos denotado genericamente por f . Então, o conjunto *fuzzy* \tilde{A} em f é um conjunto de pares ordenados, $\tilde{A} = \{(f, \mu_{\tilde{A}}(f)) | f \in \bar{F}\}$, onde \tilde{A} é a representação *fuzzy* da matriz demanda A e $\mu_{\tilde{A}}(f)$ é a função de pertinência representando o grau de importância dos fatores, por exemplo: Crítico, Condicionante, Pouco Condicionante e Irrelevante.

Do mesmo modo, tem-se $\tilde{B} = \{(f, \mu_{\tilde{B}}(f)) | f \in \bar{F}\}$, onde \tilde{B} é a representação *fuzzy* da matriz oferta B e $\mu_{\tilde{B}}(f)$ é a função de pertinência que representa o grau de atendimento dos fatores disponibilizados pelas diversas alternativas, por exemplo: Superior, Bom, Regular e Fraco.

Seja $\tilde{A} = \{a_i | i = 1, \dots, m\}$, o conjunto de fatores demandados por diferentes tipos de projetos. A Tabela 3.1 é representa a matriz \tilde{A} .

Tabela 3.1: Fatores demandados pelos projetos

	f_1	f_2	...	f_3	...	f_n
	w_1	w_2	...	w_3	...	w_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
A_2	...	...	...	...	...	a_{2n}
...
A_i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}
...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}

Fonte: Adaptado de Toledo (2003).

Obs.: A_1, A_2, \dots, A_m : conjunto de demanda dos projetos; f_1, f_2, \dots, f_n : conjunto de fatores; w_1, w_2, \dots, w_n : importância associada aos fatores; a_{ij} : coeficiente *fuzzy* do projeto i relacionado ao fator j (grau de importância do fator para o projeto).

Considere $B = \{b_k | k = 1, \dots, n\}$, o conjunto de alternativas onde está contido $\bar{F} = \{f_k | k = 1, \dots, n\}$, o conjunto de fatores comuns aos vários projetos. A Tabela 3.2. representa a matriz \tilde{B} .

Tabela 3.2: Oferta de fatores para as alternativas

		B_1	B_2	...	B_k	...	B_m
f_1	w_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1k}	...	b_{1n}
f_2	w_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2k}	...	b_{2n}
...
f_j	w_j	b_{j1}	a_{j2}	...	b_{jk}	...	b_{jn}
...
f_n	w_n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nk}	...	b_{nm}

Fonte: Adaptado de Toledo (2003).

Obs.: B_1, B_2, \dots, B_m : conjunto das alternativas; f_1, f_2, \dots, f_n : conjunto de fatores; w_1, w_2, \dots, w_n : nível de oferta dos fatores; b_{jk} : coeficiente *fuzzy* da alternativa k em relação ao fator j (grau de oferta do fator para o projeto).

3.2.1. Operações entre as matrizes de demanda e oferta

Construídas as matrizes de demanda e oferta, prossegue-se com a operação entre elas. Consideram-se dois elementos genéricos \tilde{a}_{ij} e \tilde{b}_{jk} pertencentes à \tilde{A} e \tilde{B} , respectivamente. O produto entre eles será obtido através de um operador da forma da Eq. (3.1), que representa a matriz \tilde{C} .

$$\tilde{a}_{ij} \otimes \tilde{b}_{jk} = (\tilde{c}_{ik})_{hxm} \quad (3.1)$$

onde \tilde{c}_{ik} é o coeficiente *fuzzy* da k -ésima alternativa com relação ao i -ésimo projeto.

Esta operação terá como resultado uma matriz de possibilidades, representativa do agregado das comparações de demanda/oferta de cada fator, conforme a Eq. (3.2).

$$\tilde{C} = \tilde{A} \otimes \tilde{B} = (\tilde{c}_{ik})_{h \times m} \quad (3.2)$$

Os resultados obtidos na matriz de possibilidades, através do produto entre demanda e oferta, conforme Tabela 3.3, indicam a melhor alternativa do i -ésimo projeto no conjunto de ofertas e o melhor tipo de projeto para a k -ésima alternativa, respectivamente.

Tabela 3.3: produto $\tilde{A} \otimes \tilde{B}$

Requerimento de fatores $a_{ij} \otimes b_{jk}$	Disponibilidade de fatores		
	0	...	1
0	0^+		0^{++}
...		1	
1	0		1

Fonte: Adaptado de Toledo (2003).

Obs.: $0^+ = 1/n!$; $0^{++} = 1/n$; n = número de fatores considerados.

No intervalo $[0, 1]$ estão incluídos todos os valores de suporte de \tilde{A} e \tilde{B} , inicialmente identificados como variáveis linguísticas, como pode ser visto na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Variáveis linguísticas para \tilde{a}_{ij} e \tilde{b}_{jk}

FATORES	b_{jk}			a_{ij}
	Graus para as alternativas k_i			Importância para o projeto
	B_1	B_2	B_3	
f_1	Fraco	Fraco	Superior	Pouco Condicionante
f_2	Fraco	Superior	Bom	Condicionante
f_3	Bom	Superior	Regular	Crítico
...

Fonte: Adaptado de Martins (2010).

Obs.: \tilde{a}_{ij} é o coeficiente do grau de importância do fator j em relação ao projeto i e \tilde{b}_{jk} é o coeficiente resultante do nível dos fatores disponíveis na área k .

Existem vários operadores usados para definir a distância entre os elementos das duas matrizes que são criados e usados em função de uma determinada realidade.

Dentre as regras operacionais já existentes, tem-se as apresentadas nas Tabelas 3.5; 3.6 e 3.7.

i. Matriz Diagonal Inferior \tilde{c}_{ik}

Tabela 3.5: Matriz diagonal inferior

Demanda por fatores	Ofertas por fatores			
	A	B	C	D
$a_{ij} \otimes b_{jk}$				
A	1	0	0	0
B	$1 + \frac{1}{n}$	1	0	0
C	$1 + \frac{2}{n}$	$1 + \frac{1}{n}$	1	0
D	$1 + \frac{3}{n}$	$1 + \frac{2}{n}$	$1 + \frac{1}{n}$	1

Fonte: Adaptado de Martins (2010).

Obs.: n = número de fatores considerados.

ii. Matriz de Diferença de pertinências \tilde{c}_{ik}

Tabela 3.6: Matriz de diferença de pertinências

Demanda por fatores	Ofertas por fatores			
	0	$\mu B_k(x)$		1
$a_{ij} \otimes b_{jk}$				
0	0^+	.	.	0^{++}
...		1		$1 + [\mu B_k(x) - \mu A_i(x)]$
$\mu A_i(x)$			1	
...	$1 + [\mu B_k(x) - \mu A_i(x)]$			1
1	0	.	.	1

Fonte: Adaptado de Martins (2010).

Obs.: $\mu A_i(x)$ = grau de pertinência associado a cada classe para a demanda; $\mu B_k(x)$ = grau de pertinência associado a cada classe para a oferta.

iii. Matriz Relacionamento de Pertinências \tilde{c}_{ik}

Tabela 3.7: Matriz relacionamento de pertinências

Demanda por fatores	Ofertas por fatores				
	0	$\mu B_1(x)$	$\mu B_2(x)$	$\mu B_3(x)$	$\mu B_4(x)$
$a_{ij} \otimes b_{jk}$	0	1	1	1	1
0	$\frac{1}{n!}$	$\frac{1}{n-3}$	$\frac{1}{n-2}$	$\frac{1}{n-1}$	$\frac{1}{n}$
$\mu A_1(x)$	0	1	$1 + \frac{\mu B_1(x)}{n}$	$1 + \frac{\mu B_2(x)}{n}$	$1 + \frac{\mu B_3(x)}{n}$
$\mu A_2(x)$	0	$\frac{\mu B_1(x)}{\mu A_2(x)}$	1	$1 + \frac{\mu B_1(x)}{n}$	$1 + \frac{\mu B_2(x)}{n}$
$\mu A_3(x)$	0	$\frac{\mu B_1(x)}{\mu A_3(x)}$	$\frac{\mu B_2(x)}{\mu A_3(x)}$	1	$1 + \frac{\mu B_3(x)}{n}$
$\mu A_4(x)$	0	$\frac{\mu B_1(x)}{\mu A_4(x)}$	$\frac{\mu B_2(x)}{\mu A_4(x)}$	$\frac{\mu B_3(x)}{\mu A_4(x)}$	1

Fonte: Adaptado de Martins (2010).

Obs.: $\mu A_i(x)$ = grau de pertinência associado a cada classe para a demanda e $\mu B_k(x)$ = grau de pertinência associado a cada classe para a oferta.

Conforme descrito por Pereira (2014), nas situações em que o projeto exija características específicas, ou seja, todos os fatores são considerados críticos e essenciais para a vitalidade do projeto, deverão ser utilizadas as matrizes de demanda de fatores específicos, A^* , e de oferta de fatores específicos, B^* . Ambas compõe a matriz C^*_{hxm} de possibilidades segundo critérios específicos, representada pela Eq. (3.3).

$$C^* = (c^*_{ik})_{hxm} = A^*_{hxr} \otimes B^*_{rxm} \quad (3.3)$$

Considere $A^* = (a^*_{ij})_{hxr}$, a matriz de demanda de fatores específicos e $\tilde{A}^* = \{(f, \mu_{\tilde{A}^*}(f)) \mid f \in F\}$, a representação fuzzy da matriz A^* . Do mesmo modo, considere $B^* = (b^*_{jk})_{rxm}$, a matriz de oferta de fatores específicos e $\tilde{B}^* = \{(f, \mu_{\tilde{B}^*}(f)) \mid f \in F\}$, a representação fuzzy da matriz B^* . A operação entre a demanda e a oferta de fatores específicos segue o mesmo raciocínio da operação com fatores gerais.

Vale salientar que a provável não satisfação de algum critério específico impossibilita a

seleção da alternativa da categoria demandante.

Existe então, para estes projetos que lidam com fatores gerais e específicos, a matriz de agregação de possibilidades, Γ_{hxm} , que agrupa as duas matrizes de possibilidades, C e C^* , e apresenta as situações de abundância ou carência em relação a viabilidade das alternativas consideradas. A matriz de agregação, Γ_{hxm} , resulta na Eq. (3.4).

$$\Gamma_{hxm} = (\gamma_{ik})_{hxm} = C_{hxm} + C^*_{hxm} \quad (3.4)$$

onde cada γ_{ik} é obtido conforme a Tabela 3.8.

Tabela 3.8: Γ_{hxm} – Matriz de agregação de possibilidades

C_{ik}	>0	0
C^*_{ik}	0	0
0	0	0
>0	$C_{ik} + C^*_{ik}$	C^*_{ik}

Fonte: Adaptado de Rheingantz (2000).

A matriz Γ_{hxm} descreve informações a respeito da eficiência das alternativas segundo os valores acumulados por C e C^* :

γ_i : $Max \{\gamma_{ik}\}$: Indica a melhor alternativa k , para cada projeto i .

γ_k : $Max \{\gamma_{ik}\}$: Indica o melhor projeto i para cada alternativa k .

Logo, é possível indicar o projeto que melhor se enquadra em cada uma das alternativas pré-selecionadas e determinar a alternativa mais adequada para cada tipo de projeto.

3.2.2. Matriz de resultados

A matriz de resultado, matriz D , apresenta índices que indicam se todos os fatores requeridos por determinado projeto estão sendo atendidos pelas alternativas em estudo e apresenta todas as possibilidades do projeto em relação a cada alternativa.

Considera-se E como uma matriz diagonal de tamanho $h \times h$, sendo h o número de projetos, os elementos da diagonal assumem os valores $1/n$, onde n é o número de alternativas.

Para a obtenção da matriz de resultados, deve-se multiplicar a matriz E pela matriz de possibilidades, matriz C , no caso de apenas lidar com critérios gerais ou pela matriz Γ , no caso de lidar com critérios gerais e específicos. A matriz D de resultado fornece os índices d_{ik} que apontam três decorrências.

Se $d_{ik} < 1$: pelo menos um fator determinante não foi atingido no nível exigido pela demanda.

Se $d_{ik} = 1$: os fatores determinantes foram atingidos aos níveis exigidos.

Se $d_{ik} > 1$: os fatores determinantes foram atingidos aos níveis exigidos e ainda os majorou.

Com a matriz de resultados ainda é possível analisar como o conjunto de projetos (z_k) individualmente atende ao conjunto de fatores considerados. Para isso efetua-se o somatório das colunas da matriz D e divide-se pelo número (h) de fatores, conforme apresentado na Eq. (3.5).

$$z_k = \frac{1}{h} \sum_i d_{ik}; \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (3.5)$$

Da mesma forma, pode-se analisar o comportamento da demanda (T_i) dos fatores estudados. Para tanto, calcula-se o somatório das linhas da matriz D e divide-se pelo número (m) de projetos, de acordo com a Eq. (3.6).

$$T_i = \frac{1}{m} \sum_k d_{ik}; \quad i = 1, 2, \dots, h \quad (3.6)$$

O modelo Coppe-Cosenza de análise hierárquica é um modelo multicriterioso e tem como uma das principais vantagens a capacidade de avaliar situações complexas em que há necessidade de selecionar alternativas com um significativo número de critérios. Silva (2015) destaca que o modelo é facilmente adaptável a qualquer processo decisório de qualquer indústria e de qualquer porte. E ainda que, possibilita a variação em seu desenvolvimento, a partir de valores, até então, imprecisos e/ou incertos, como: satisfeito, bom ou ruim.

Assim, este trabalho utilizou-se das possibilidades do modelo em questão para analisar uma variável complexa em sua mensuração, a satisfação, que depende de diversos fatores variantes de acordo com percepções individuais.

3.3. Aplicações do Modelo Coppe-Cosenza encontradas na literatura

Durante a revisão de literatura foram encontradas diversas aplicações do modelo Coppe-Cosenza, tanto na área de zoneamento industrial, em maior número, quanto em estudos de empreendimentos e atividades que visam atender a ações sustentáveis e inovações tecnológicas.

A aplicação do modelo, apresentada em Pereira (2014), na busca de localizações viáveis para instalação de usinas de pirólise tem dentre os procedimentos adotados no modelo, a elaboração de uma lista de fatores gerais de influência no projeto, a partir da qual são estabelecidas as matrizes de

demanda e oferta. Para cada fator geral considerado no estudo, foi elaborada uma ficha contendo sua conceituação e os parâmetros pelos quais foram mensurados, tanto para oferta quanto para a demanda. Os suportes utilizados para demanda e oferta foram compostos pelas variáveis linguísticas: crítico, condicionante, pouco condicionante e irrelevante e superior, bom, regular e fraco, respectivamente. Os suportes foram definidos e os fatores classificados por meio de opiniões de especialistas.

Cosenza et al. (2006) apresentaram também o estudo de caso da Polibrasil S.A., que adaptou o modelo Coppe-Cosenza para um modelo multicriterioso de hierarquização de produtos e serviços. Esta aplicação teve como resultado as hierarquizações que apontam oportunidades de negócios para cada seguimento de mercado estudado, permitindo também uma escolha consistente sobre as melhores alternativas econômicas de transações comerciais. No que se refere à criação de matrizes de demanda e de oferta, a primeira etapa foi a determinação dos segmentos de interesse no mercado de polipropileno. Deste modo, fez-se a escolha de fatores condicionantes para a demanda aos níveis de exigência de desempenho cabíveis a cada seguimento de mercado.

O suporte para a demanda foi empregado em uma escala de quatro níveis (ou variáveis linguísticas), apresentadas a seguir: crucial, condicionante, pouco condicionante e irrelevante. Os níveis atribuídos a cada fator também foram atribuídos por um especialista da empresa, neste caso, através de uma entrevista. A matriz de oferta foi desenvolvida com base na disponibilidade dos fatores condicionantes nas empresas que competem no mercado nacional. O suporte para a matriz de oferta foi definido em uma escala de quatro níveis: excelente, adequada, reduzida e inexistente, e os valores foram obtidos a partir da opinião de uma equipe de especialistas da empresa.

Assim como em Pereira (2014) e Cosenza et al. (2006), percebeu-se, com o estudo de outras aplicações do modelo, que os suportes, classificações de fatores e também seus valores de pertinência foram baseados na opinião de especialistas ou *experts*, como podemos observar em Martins (2010), Cristellotti (2014) e Affonso (2012).

Outras aplicações do modelo foram encontradas em contextos semelhantes aos citados acima, seguindo a mesma lógica de confronto entre a demanda e a oferta de fatores necessários ao projeto, tendo suas valorações e graus de pertinências definidos por especialistas na área de cada aplicação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia descrita nesta pesquisa teve início com uma revisão de literatura que, a princípio, objetivou encontrar definições e teorias da lógica *fuzzy*. Neste primeiro momento foram estudados vários textos que envolvem de maneira geral esta lógica, o que proporcionou maior conhecimento sobre o assunto. Posteriormente, a busca foi realizada em função de localizar modelos e aplicações que tivessem seu embasamento na lógica *fuzzy*.

Dentre várias leituras foi encontrado o modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* de análise hierárquica. Em seguida, deu-se prosseguimento a análise de suas aplicações quando então, compreendendo a sua funcionalidade e capacidade de abrangência, foi definido como objeto principal desta pesquisa.

Com a finalidade de compreender cada etapa do modelo, deu-se início ao processo de leituras com análise crítica, processo que foi contínuo para aperfeiçoamento da pesquisa.

Depois de entender o processo operacional do modelo Coppe-Cosenza, iniciou-se a avaliação do modelo para mensuração da variável “satisfação”. Com adaptações operacionais e implementações julgadas necessárias, foram realizadas verificações através de estudo de caso por meio de uma escala de satisfação apresentada na Seção 4.2, decorrente de uma pesquisa válida e fidedigna, chamada aqui de método original, e ainda, de um estudo complementar através de um pequeno experimento. Após, foram realizadas análises estatísticas para comparação dos achados e interpretação dos resultados.

4.1. O modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* e sua adaptação

Em meio a leituras e observações, procurou-se identificar pontos no modelo que poderiam ser considerados “pontos fragilizados” para com a pesquisa em questão. O primeiro deles tem relação à definição de valores dos conjuntos *fuzzy* e do suporte, geralmente determinados por juízes em quatro níveis. Entendeu-se que estas definições realizadas pelos especialistas poderiam influenciar diretamente nos resultados das operações do modelo. Levando em consideração a variável “satisfação” e os atributos a ela associados, esta foi uma questão considerada e adaptada neste projeto, já que não existe um critério absoluto e geral para a vinculação entre os valores de pertinência e suas variáveis linguísticas. Conforme abordado em Krykhtine (2013), o modelo pode ser mais eficiente se os conjuntos *fuzzy* utilizados forem calibrados de maneira mais sensível, parametrizados conforme os atributos pertencentes ao projeto.

Outro ponto considerado foi em relação às matrizes de cotejo que fazem o cruzamento de informações entre as matrizes de demanda e de oferta. Segundo Cristellotti (2014), estes operadores são criados em função de cada realidade e à magnitude de sua complexidade, onde cada tabela de cálculo avalia e considera com lógicas diferenciadas o cruzamento das avaliações de *experts*, sendo

a sua escolha de influência direta no resultado final.

Affonso (2012), Martins (2010) e Cristellotti (2014) apresentam alguns operadores mais usados em projetos para o cruzamento das matrizes. Destes operadores, alguns foram descritos no Capítulo 3.

Com tal consideração, fizeram-se análises e ajustes em alguns dos operadores existentes, sendo então recriados dois deles por se adequarem de forma mais eficiente a este projeto. Além destes ajustes foram utilizados os controladores *fuzzy* com o intuito de calibrar da melhor forma possível os resultados encontrados após a aplicação dos métodos do modelo Coppe-Cosenza adaptado.

Logo, dos pontos observados na metodologia original do modelo Coppe-Cosenza *fuzzy*, as adaptações foram realizadas nas operações de cotejo que definem a distância entre os valores de demanda e de oferta, apresentadas nas Tabelas 3.5; 3.6 e 3.7, e também na definição do suporte e dos graus de pertinência associados a cada variável linguística. A ideia manteve-se em torno de obter um operador que fosse suficientemente capaz de entender a variável analisada, a satisfação.

Para as adaptações foram utilizadas como base os operadores apresentados nas Tabelas 3.6 e 3.7, não sendo utilizada a Tabela 3.5, visto que a mesma não trabalha com graus de pertinência, apenas com o número total de fatores da análise, o que foi considerado um processo não *fuzzy*.

Na adaptação foram realizadas as alterações listadas a seguir.

I. Considerou-se 10 níveis para o suporte, pois se entendeu que quanto menor for o intervalo de classes, mais abrangente seriam os resultados possíveis na relação demanda e oferta.

Estas classes foram divididas e associadas a um grau de pertinência da seguinte forma:

classe 1: 00 \vdash 10 com grau de pertinência 0,1 para demanda e para oferta;

classe 2: 10 \vdash 20 com grau de pertinência 0,2 para demanda e para oferta;

classe 3: 20 \vdash 30 com grau de pertinência 0,3 para demanda e para oferta;

classe 4: 30 \vdash 40 com grau de pertinência 0,4 para demanda e para oferta;

classe 5: 40 \vdash 50 com grau de pertinência 0,5 para demanda e para oferta;

classe 6: 50 \vdash 60 com grau de pertinência 0,6 para demanda e para oferta;

classe 7: 60 \vdash 70 com grau de pertinência 0,7 para demanda e para oferta;

classe 8: 70 \vdash 80 com grau de pertinência 0,8 para demanda e para oferta;

classe 9: 80 \vdash 90 com grau de pertinência 0,9 para demanda e para oferta;

classe 10: 90 \vdash 100 com grau de pertinência 1,0 para demanda e para oferta.

II. Sempre que um fator tem disponibilidade (oferta) maior ou igual à importância (demanda), a relação entre as duas posições deve resultar no valor 1 (um), ou seja, o indivíduo deve ser considerado muito satisfeito.

III. A única exceção para II ocorre no ponto em que a demanda é nula, ou seja, o indivíduo atribuiu zero para a importância do item. Neste caso, a oferta que for diferente de zero é sempre superior a demanda e o item deve ser desconsiderado do projeto. Entende-se que se o referido item não tem importância alguma no nível de satisfação de um indivíduo, este não poderá ser considerado na avaliação, pois não deve influenciar no resultado final para a satisfação do mesmo.

IV. Se um fator tem disponibilidade (oferta) menor que a importância (demanda), o resultado entre as duas posições decresce gradativamente, variando de 0 à 0,9, de acordo o nível de disponibilidade verificado.

4.1.1. Matriz demanda e matriz de oferta

A matriz demanda, descrita genericamente na Tabela 4.1 para o projeto em questão, visa avaliar a importância dos fatores analisados por cada indivíduo.

Tabela 4.1: Importância (ou demanda) dos fatores

	ÍTEM 1	ÍTEM 2	...	ÍTEM j	...	ITEM n
PESSOA 1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
PESSOA 2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}
...
PESSOA i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}
...
PESSOA m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}

Fonte: o autor.

Obs.: a_{ij} = coeficiente *fuzzy* (grau de importância) do item j para a pessoa i.

Os itens são características analisadas e avaliadas separadamente no constructo de pesquisa sobre a satisfação, ou seja, na Tabela 4.1 os itens apresentados foram julgados características necessárias para mensurar a satisfação. Por exemplo, para usuários de transporte público, os itens incluem, dentre outros, o tempo de viagem, o preço da passagem, o tempo de espera e a conservação do veículo. Logo, na Tabela 4.1, fica descrito o nível de importância destes itens para o alcance da satisfação no nível descrito por cada indivíduo.

A matriz oferta está descrita genericamente na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Percepção de oferta por item

	PESSOA 1	PESSOA 2	...	PESSOA k	...	PESSOA m
ÍTEM 1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1k}	...	b_{1m}
ÍTEM 2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2k}	...	b_{2m}
...
ÍTEM j	b_{j1}	b_{j2}	...	b_{jk}	...	b_{jm}
...
ÍTEM n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nk}	...	b_{nm}

Fonte: o autor.

Obs.: b_{jk} = coeficiente *fuzzy* da pessoa k em relação ao item j.

Os itens descritos na Tabela 4.2 são os mesmos contidos na Tabela 4.1. Isto ocorre, pois a intenção é comparar a importância de cada item para a satisfação e a qualidade do disponibilizado do mesmo item de acordo com a percepção de cada indivíduo para, posteriormente, medir a distância entre a importância e a oferta deste item através do cotejo entre as duas matrizes.

4.1.2. Operações de cotejo

Em relação às operações entre as matrizes de demanda e oferta, de acordo com o modelo exposto no Capítulo 3, existem vários operadores já propostos para o cotejo, sendo estes usados de acordo com o projeto a ser realizado. Nesta etapa do trabalho, foram analisados cada um destes operadores, bem como reconstruídos de maneira a se adaptarem ao projeto em questão.

Utilizando-se das considerações expostas na Seção 4.1 deste capítulo, a reconstrução dos operadores resultou nas matrizes apresentadas na Tabela 4.3 e a Tabela 4.4, as quais foram denominadas método diferença de pertinências e método relacionamento de pertinências, respectivamente.

Tabela 4.3: Matriz diferença de pertinências adaptada

Demanda Por Fatores	Oferta de fatores										
	$\mu B_1(x)$	$\mu B_2(x)$	$\mu B_3(x)$	$\mu B_4(x)$	$\mu B_5(x)$	$\mu B_6(x)$	$\mu B_7(x)$	$\mu B_8(x)$	$\mu B_9(x)$	$\mu B_{10}(x)$	
$\mu A_1(x)$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
$\mu A_2(x)$		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
$\mu A_3(x)$	...		1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu A_4(x)$				1	1	1	1	1	1	1	
$\mu A_5(x)$					1	1	1	1	1	1	
$\mu A_6(x)$						1	1	1	1	1	
$\mu A_7(x)$							1	1	1	1	
$\mu A_8(x)$		$1 + [\mu B_k(x) - \mu A_i(x)]$							1	1	1
$\mu A_9(x)$									1	1	
$\mu A_{10}(x)$	...						...			1

Fonte: o autor.

Obs.: $\mu A_i(x)$ = grau de pertinência associado a cada classe para a demanda e $\mu B_k(x)$ = grau de pertinência associado a cada classe para oferta.

Tabela 4.4: Matriz relacionamento de pertinências adaptada

Demanda por Fatores	Oferta de fatores									
	$\mu B_1(x)$	$\mu B_2(x)$	$\mu B_3(x)$	$\mu B_4(x)$	$\mu B_5(x)$	$\mu B_6(x)$	$\mu B_7(x)$	$\mu B_8(x)$	$\mu B_9(x)$	$\mu B_{10}(x)$
$\mu A_1(x)$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu A_2(x)$		1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu A_3(x)$	...		1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu A_4(x)$				1	1	1	1	1	1	1
$\mu A_5(x)$					1	1	1	1	1	1
$\mu A_6(x)$		$\mu B_k/\mu A_i$					1	1	1	1
$\mu A_7(x)$							1	1	1	1
$\mu A_8(x)$								1	1	1
$\mu A_9(x)$									1	1
$\mu A_{10}(x)$	...						...			1

Fonte: o autor.

Obs.: $\mu A_i(x)$ = grau de pertinência associado a cada classe para a demanda e $\mu B_k(x)$ = grau de pertinência associado a cada classe para oferta.

4.2. A escala da satisfação

A satisfação é uma variável que recebe influência de diversos fatores externos que são analisados e interpretados de forma distinta por cada indivíduo. Logo, a mensuração deste tipo de variável não é nada simples, sendo a utilização da lógica *fuzzy* a melhor alternativa para processos de mensuração, pois é uma lógica que trabalha com variáveis nebulosas e incertas.

A pesquisa elaborada por Mattos; Avila; Figueiredo (2017) foi fundamentada na lógica *fuzzy* e baseou-se em estudos anteriores sobre a avaliação de transporte público, em opiniões de especialistas e levantamentos de dados. Em seu desenvolvimento foram utilizadas técnicas qualitativas, que se concretizaram através entrevistas e questionários, e quantitativas, que utilizaram análise fatorial e de confiabilidade. Também foram utilizados controladores *fuzzy*.

O modelo definiu quatro dimensões para o construto analisado: atendimento, local de embarque/desembarque, veículo e segurança.

A amostra utilizada para a primeira etapa de validação contou com 65 indivíduos usuários do sistema de transporte público que responderam ao primeiro instrumento. Foram também considerados três especialistas que analisaram e definiram alguns ajustes no modelo. Na segunda etapa de validação, a amostra utilizada foi de 152 indivíduos, todos estudantes e também usuários do transporte público.

A determinação do nível de satisfação foi feita por meio de controladores *fuzzy*, em seus três estágios, ou seja, *fuzzificação*, inferência e *defuzzificação*. O universo de discurso foi considerado como um intervalo de [0; 100]. Os termos linguísticos determinados foram: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta para a mensuração da satisfação e muito pequena, pequena, média e grande para mensurar a importância do fator para a satisfação. A função de pertinência utilizada no processo de *fuzzificação* foi a função triangular. O método de inferência selecionado foi o de *Mamdani*. O método de *defuzzificação* foi o método da média dos máximos. Mais detalhes sobre a escolha da função de pertinência e do método de defuzzificação podem ser encontrados em Mattos; Coelho (2015).

Para fins de identificação, durante os estudos apresentados na presente pesquisa, denominou-se este instrumento elaborado por Mattos; Avila; Figueiredo (2017), método original.

Além do uso do banco de dados da pesquisa original, fez-se uso dos resultados finais da aplicação deste instrumento para comparar com os achados das demais metodologias realizadas no estudo aqui apresentado.

4.3. Controladores fuzzy: uma proposta de utilização.

Geralmente utilizados em problemas onde há imprecisão, os controladores *fuzzy* são constituídos de três etapas: a *fuzzificação*, a inferência e a *defuzzificação*, conforme apresentado no Capítulo 2.

A utilização dos controladores *fuzzy* deu-se por meio da calibragem dos resultados encontradas após a as operações do modelo Coppe-Cosenza, onde, através de uma base de regras, se conseguiu agrupar os vinte e um itens trabalhados em quatro fatores que, assim como no instrumento de pesquisa realizado por Mattos; Avila; Figueiredo (2017), definem as dimensões avaliadas no construto e contribuem para se chegar a um resultado mais preciso na última etapa da modelagem que busca representar numericamente a satisfação.

O programa utilizado para a determinação destes fatores por meio dos controladores *fuzzy* foi o *FuzzyTech*¹, que processou as três etapas. O universo de discurso foi considerado como um intervalo de [0; 1]. Os termos linguísticos determinados foram: muito insatisfeito, insatisfeito, indiferente, satisfeito e muito satisfeito. A função de pertinência utilizada no processo de *fuzzificação* foi a triangular. O método de inferência selecionado foi o de *Mamdani* e o método de *defuzzificação* foi o da média dos máximos.

No programa *FuzzyTech* foram determinadas as variáveis de entrada e saída, o bloco de regras, que neste caso foi gerado automaticamente pelo programa, ajustando-se apenas a influência das variáveis de entrada e saída em nível máximo. Foram selecionados os métodos de *fuzzificação* e *defuzzificação*, gerando o mapa cognitivo (Apêndice 1) das variáveis utilizadas de acordo com os cruzamentos necessários até a definição dos valores *defuzzificados* nos quatro fatores finais.

4.4. Coppe-Cosenza *fuzzy* adaptado e controladores *fuzzy*: um estudo de caso

Tendo como base um conjunto de dados obtido no estudo mencionado na Seção 4.2 deste capítulo, fez-se uso de apenas 117 indivíduos do total de 152 contidos na amostra. Esta restrição no uso de alguns dos dados ocorreu em função da falta de informações encontradas nos arquivos do acervo da pesquisa supracitada.

Em Mattos; Avila; Figueiredo (2017), os respondentes da pesquisa avaliaram vinte e um itens, através de um instrumento, apresentado no Anexo A, em função da observação das condições gerais sobre o transporte público ofertado na região determinada pela pesquisa. A avaliação teve a lógica de verificar a importância de cada item e a qualidade do que era ofertado.

¹Versão demo disponível em: <http://www.fuzzytech.com/>

No modelo Coppe-Cosenza adaptado, os dados foram inseridos em um algoritmo desenvolvido em C++ (Apêndice 3), que realiza as operações de cotejo entre as matrizes de demanda e de oferta, pelos métodos apresentados na Tabelas 4.3 e na Tabela 4.4. Os resultados encontrados nos dois métodos foram posteriormente inseridos no programa *FuzzyTech* que, por meio dos controladores *fuzzy*, deu origem aos quatro fatores representantes das dimensões da satisfação. Os resultados dos fatores encontrados através do uso dos controladores *fuzzy* por meio do *FuzzyTech* foram aplicados na Eq. (4.1), representativa da satisfação de usuários de transporte público, desenvolvida por Mattos; Avila; Figueiredo (2017), onde cada fator recebe um peso vinculado ao percentual explicado da variância, definido durante a aplicação da análise fatorial na validação de construto do instrumento.

$$\text{nível de satisfação} = 0,71f_1 + 0,12f_2 + 0,10f_3 + 0,07f_4 \quad (4.1)$$

onde f_1, f_2, f_3 e f_4 são os quatro fatores analisados no constructo.

Considerando, o exposto na regra três da Seção 4.3, que define que quando o valor da demanda (ou avaliação do fator) é considerado nulo pelo respondente o item deve ser desconsiderado, a Eq. (4.1) foi remodelada para os casos em que todos os itens de um mesmo fator foram desconsiderados, pois neste caso o fator tornar-se inválido e assim o peso atribuído a este fator é redimensionado para os demais fatores.

Depois da aplicação da Eq. (4.1) para cada caso da amostra, que é a última etapa das operações propostas, chegou-se a um valor representativo da satisfação para cada indivíduo.

Após, foram realizadas comparações entre os resultados originais da pesquisa de Mattos; Avila; Figueiredo (2017) obtidos por meio do uso de análise fatorial e controladores *fuzzy* (considerado como grupo controle) com os achados na aplicação do modelo *fuzzy* Coppe-Cosenza *fuzzy* adaptado e interpretados com o uso de controladores *fuzzy*.

Para estas comparações e análises foram utilizadas algumas técnicas estatísticas usualmente utilizadas em análise exploratória de dados para avaliar tendência central, dispersão, ocorrência de lacunas, ocorrência de *outliers*, assimetria e curtose, o que foi feito por meio de técnicas analíticas, como cálculo de medidas descritivas, e gráficas, como *boxplots*, histogramas e gráficos de probabilidade normal. Complementando estas análises foram também realizados testes de normalidade, como Anderson-Darling, Kolmogoriv-Smirnov, Shapiro-Wilk e Ryan- Joiner, para verificar se a distribuição dos dados poderia ser considerada normal.

As análises foram complementadas com a utilização de testes não-paramétricos, como o teste de Friedman, que é utilizado para comparar dados amostrais pareados, ou seja, quando o mesmo

indivíduo é avaliado mais de uma vez, verificando se existe diferença em termos de grandeza por meio dos postos ocupados pelos valores da amostra após a ordenação feita para cada grupo separadamente; o teste de Wilcoxon, que tem a mesma finalidade do teste de Friedman, porém possibilita a comparação dos dados somente em pares de grupos, enquanto Friedman consegue lidar com k amostras; o Coeficiente de Concordância W de Kendall, que considera uma medida de relação entre vários conjuntos de postos de n elementos, ou seja, consegue verificar se o critério usado para ordenar k amostras tem o mesmo padrão, e também o Coeficiente T de Correlação Posto-ordem de Kendall, que consegue fazer a mesma comparação que o W de Kendall, no entanto, apenas para dois grupos, identificando se há diferença entre esta relação, sendo aplicado se o resultado encontrado através do W de Kendall for baixo, podendo identificar se a diferença de critério existe em relação a um grupo com os demais ou se há diferença entre todos os grupos. Em todas as análises que envolveram técnicas de Estatística Inferencial foi adotado o nível de significância de 5%.

Para a execução de todas essas análises foram utilizados alguns softwares disponíveis na internet, tais como o Portal *Action* e o *FuzzyTech* em suas versões demo para 30 dias, e ainda o *Free Software PSPP* e o *Microsoft Office Excel 2007*.

4.5. Estudo complementar

Realizou-se um pequeno experimento, envolvendo uma amostra composta por 10 indivíduos que, além de responder a um instrumento, foram entrevistados por três juízes.

Este experimento foi realizado em duas etapas. A primeira por meio da aplicação do instrumento elaborado por Mattos; Avila; Figueiredo (2017), com o objetivo de mensurar em mesmo nível as respostas desta amostra com a amostra do banco de dados da pesquisa original. A segunda etapa deu-se mediante uma entrevista realizada por três juízes que, por meio dos mesmos critérios, pontuaram, em uma escala de zero a cem, a satisfação de cada respondente. Os critérios de avaliação adotados por estes juízes foram: conteúdo das respostas e agilidade, entusiasmo e confiança na resposta.

Estes critérios foram observados durante as respostas de quatro perguntas que foram elaboradas com enfoque nos quatro fatores analisados no instrumento anteriormente respondido. O roteiro da entrevista realizada pelos juízes encontra-se no Apêndice 2.

Vale ressaltar que, com o objetivo de não influenciar de modo algum a avaliação dos itens do instrumento e suas respostas, durante a entrevista de cada indivíduo, eles foram orientados a respondê-lo isoladamente, bem como também isoladamente foram entrevistados. Do mesmo modo, os juízes foram orientados a não fazer observações entre si com relação a qualquer informação

atribuída a cada entrevistado. Das avaliações dos juízes utilizou-se a mediana gerando apenas um valor dentre as três avaliações para cada indivíduo.

Dos dados obtidos por meio dos instrumentos, procedeu-se com exatamente os mesmos processos adotados para com a amostra da pesquisa original, através das operações dos dois métodos do modelo Coppe-Cosenza adaptado, Tabelas 4.3 e 4.4, do uso dos controladores *fuzzy* e finalmente da aplicação da Eq. (4.1).

Para esta amostra de dez indivíduos, além dos resultados encontrados mediante os métodos relacionamento de pertinências e diferença de pertinências, fez-se chegar a mais um resultado, por meio da metodologia adotada na pesquisa de Mattos; Avila; Figueiredo (2017).

Concluindo todos estes procedimentos metodológicos acima citados, obteve-se um total de quatro resultados de avaliação da satisfação de cada indivíduo investigado neste experimento.

Assim, a análise subsequente comparou os resultados destes quatro métodos através das mesmas técnicas e testes estatísticos citados na Sessão 4.4 deste capítulo, bem como utilizou os mesmos softwares nela mencionados.

Os resultados encontrados nos procedimentos adotados durante a pesquisa, incluindo a análise comparativa acima citada, são apresentados no próximo capítulo.

5. RESULTADOS

Foram analisadas informações obtidas em duas amostras. A amostra piloto da pesquisa que contou com um total de 117 indivíduos retirados do banco de dados do trabalho realizado por Mattos; Avila; Figueiredo (2017), identificada por amostra 1, e a amostra resultado de um experimento com um total de dez indivíduos que responderam ao mesmo instrumento utilizado no trabalho supracitado e ainda a entrevista de três juízes, identificada por amostra 2.

Inicialmente, para a amostra 1, foram obtidas as medidas resumo apresentadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Resumo descritivo dos resultados obtidos na amostra 1

Medidas	Método		
	Diferença de Pertinências	Relacionamento de Pertinências	Original
Mínimo	12,01	12,01	15,13
Máximo	95,00	95,00	95,00
Média	73,58	70,73	66,29
Mediana	77,39	74,37	69,17
Moda	95,00	95,00	74,25
1° quartil	61,56	58,94	57,39
3° quartil	92,00	88,81	78,38
Desvio Interquartílico	30,44	29,87	20,99
Desvio padrão	20,90	20,85	17,93
Variância	437,00	434,73	321,32
Assimetria	-0,97	-0,83	-0,71
Curtose	0,30	0,01	0,14
Amplitude	82,99	82,99	79,87

Fonte: o autor.

Analisando os coeficientes de assimetria e curtose, encontrados por meio dos coeficientes de Fisher, observa-se que para os três métodos os dados apresentam assimetria negativa moderada e coeficiente de curtose maior que zero, sendo a função de distribuição leptocúrtica, mas não muito acentuada. Esta se caracteriza por apresentar uma função de distribuição mais afunilada com um pico mais alto do que a distribuição normal, sugerindo que as distribuições analisadas se afastam de uma distribuição normal. Os resultados obtidos com o uso do método diferença de pertinências variaram entre 12,01 e 95,00, concentrando-se em torno da média 73,58, com desvio padrão de 20,90. A

mediana foi 77,39, superior à média em função da assimetria negativa, e desvio interquartílico 30,44. Para o método relacionamento de pertinências os resultados variaram também entre 12,01 e 95,00, concentrando-se em torno da média 70,73 e desvio padrão de 20,85. A mediana foi 74,37, também superior à média em função da assimetria negativa, e desvio interquartílico 29,87. Os resultados para o método original variaram entre 15,13 e 95,00, concentrando-se em torno da média 66,29, com desvio padrão de 17,93 e mediana em 69,17, superior à média em função da assimetria negativa. O desvio interquartílico ficou em 20,99.

Chama-se a atenção para o fato de que o valor máximo e a moda foram os mesmos para todos os métodos. Já em relação ao valor mínimo, houve concordância apenas entre os métodos diferença de pertinências e relacionamento de pertinências. Observe que a variabilidade medida pela amplitude, desvio interquartílico ou desvio padrão é sempre menor para os dados obtidos com a aplicação do método original. A Figura 5.1 apresenta os histogramas dos três conjuntos de dados analisados, enquanto a Figura 5.2 e a Figura 5.3 apresentam, respectivamente, os *boxplots* e os gráficos de probabilidade normal.

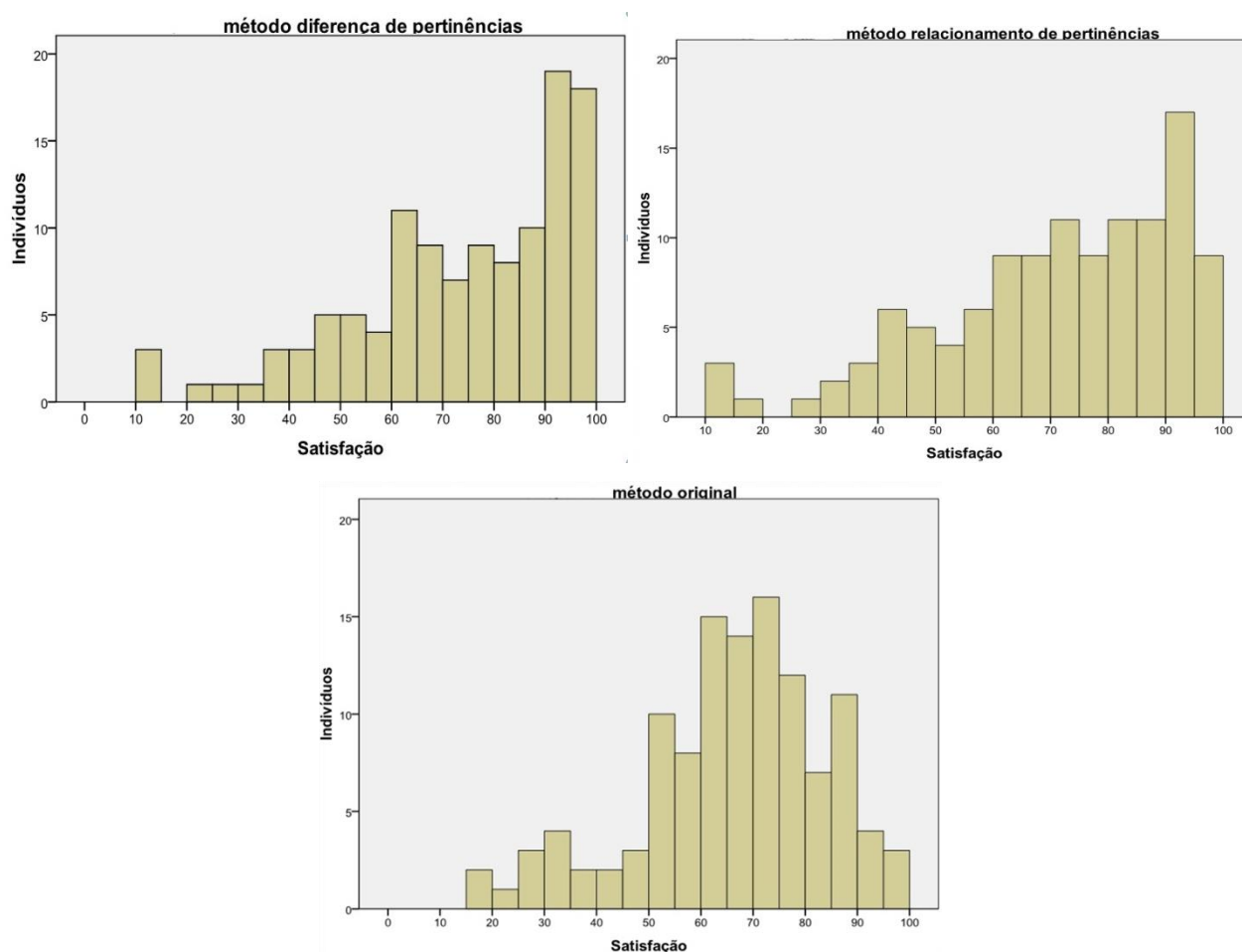


Figura 5.1: Histogramas dos resultados obtidos na amostra 1

Pode-se verificar nos histogramas, Figura 5.1, assimetria negativa nos três métodos, pois a

cauda do lado esquerdo da densidade de probabilidade é maior do que a do lado direito, concordando com a análise anteriormente realizada e, nota-se ainda, a presença de lacuna nos métodos diferença de pertinências e relacionamento de pertinências. Nestes gráficos fica bastante evidente maior dispersão dos dados para menores valores, aproximadamente entre 10 e 50 para todos os métodos e ainda um pico menos elevado, em torno de 95, para o método original.

Os *boxplots*, apresentados na Figura 5.2, elaborados em função da mediana, sugerem presença de assimetria, o que concorda com a análise descritiva e os histogramas apresentados na Figura 5.1, além de indicar a presença de possíveis *outliers* nos dados obtidos pelos três métodos. Evidencia-se tendência central mais baixa nos dados obtidos com o método original, assim como também menor variabilidade.

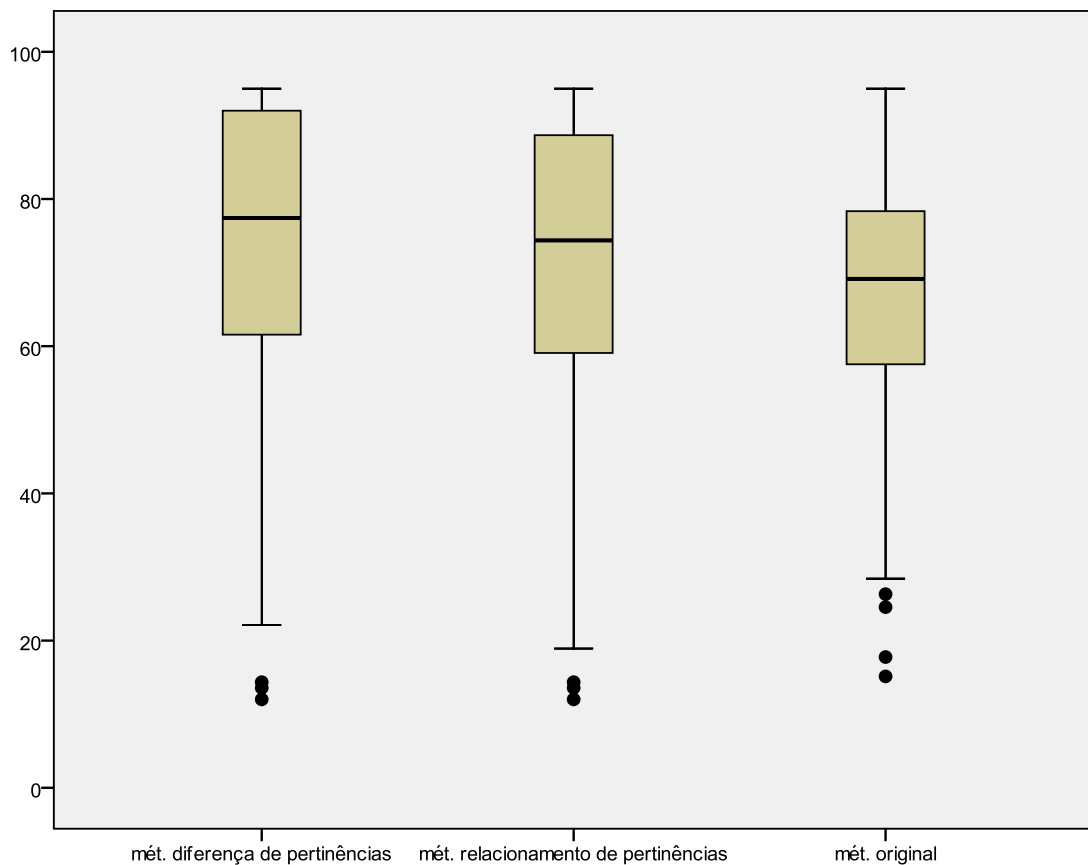


Figura 5.2: *Boxplots* dos resultados obtidos na amostra 1

A Figura 5.3 apresenta os gráficos de probabilidade normal para os dados obtidos por cada um dos três métodos analisados, que reforçam as conclusões obtidas sobre os dados.

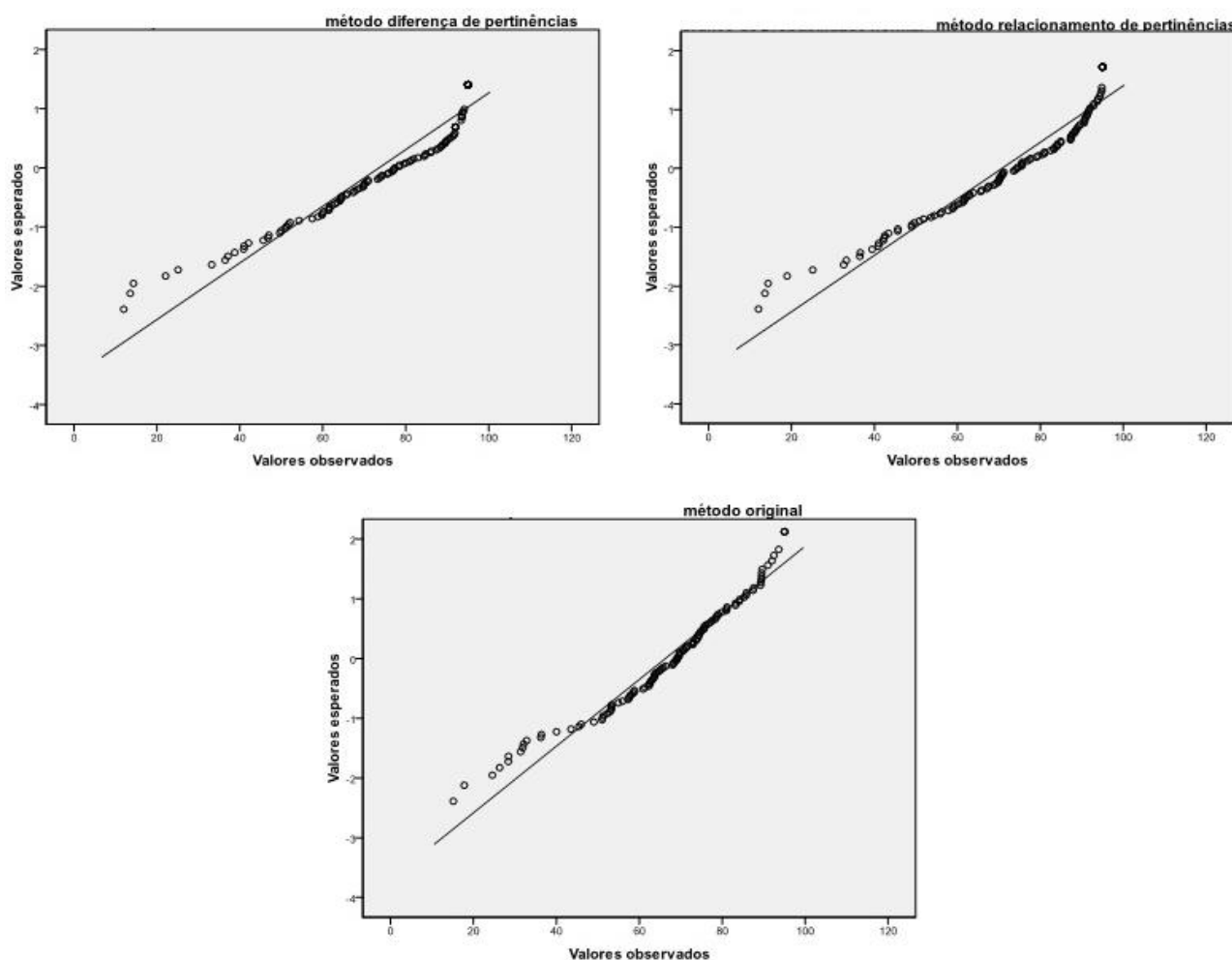


Figura 5.3: Gráficos de probabilidade normal dos resultados obtidos na amostra 1

Complementando esta análise foram realizados testes para verificar a hipótese nula de que os dados provêm de uma distribuição normal. Os resultados obtidos, apontados na Tabela 5.2, mostram que foram encontradas evidências de não normalidade para os dados de todos os métodos.

Tabela 5.2: Testes de normalidade dos resultados obtidos na amostra 1

Teste	Mét. diferença de pertinências		Mét. relacionamento de pertinências		Método original	
	<i>Estatística</i>	<i>p-valor</i>	<i>Estatística</i>	<i>p-valor</i>	<i>Estatística</i>	<i>p-valor</i>
Anderson-Darling	3,7832	<0,001	2,5065	<0,001	1,4057	0,0012
Kolmogoriv-Smirnov	0,1527	<0,001	0,1222	0,0002	0,0958	0,0103
Shapiro-Wilk	0,8847	<0,001	0,9164	<0,001	0,9534	0,0005
Ryan- Joiner	0,9427	<0,001	0,9596	<0,001	0,9779	0,0016

Fonte: o autor.

Destas análises para os resultados dos dois procedimentos com o modelo Coppe-Cosenza adaptado e ainda para os resultados originais, verifica-se bastante proximidade em relação às medidas de tendência central, sendo ainda mais semelhantes os resultados para os métodos com as operações do modelo Coppe-Cosenza adaptado (métodos diferença de pertinências e relacionamento de pertinências). O mesmo ocorre com relação à variabilidade, o valor que mais difere é o resultado da análise dos dados da pesquisa com o método original.

Nos gráficos e com os testes de normalidade, puderam-se encontrar evidências de dados não normais. Estes achados, combinados com o fato de estarem sendo usados dados obtidos com métrica *fuzzy*, levou à utilização de testes não-paramétricos para as análises subsequentes.

O teste de Friedman por postos verifica a hipótese nula de que os três conjuntos de dados foram extraídos de populações com a mesma mediana, sendo encontradas evidências de que há diferença significativa entre as medianas ($n = 117$; $\chi^2 = 30,56$; $gl = 2$, $valor-p < 0,001$), sugerindo que as observações foram extraídas de populações diferentes, ou seja, os métodos avaliam de maneira diferente.

A prova de Wilcoxon permite identificar algumas evidências que localizam a diferença encontrada anteriormente, o que é feito pela comparação dos conjuntos de dados analisados dois a dois. Os resultados são apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Resultados para prova de Wilcoxon aplicada aos dados obtidos na amostra 1

Métodos	Prova de Wilcoxon		
	<i>n</i>	<i>z</i>	<i>p-valor</i>
Dif. de pertinências x Relac. de pertinências	117	-7,424	< 0,001
Dif. de pertinências x Original	117	-2,110	0,035
Original x Relac. de pertinências	117	-1,065	0,287

Fonte: o autor.

Neste caso, encontram-se evidências de diferença entre os resultados dos métodos diferença de pertinências e relacionamento de pertinências, sendo a mediana dos dados obtidos pelo método diferença de pertinências superior à mediana dos obtidos pelo método relacionamento de pertinências. Na comparação entre dados obtidos pelo método original e diferença de pertinências, também encontram-se evidências de diferença: a mediana dos dados obtidos pelo método diferença de pertinências é superior à mediana dos dados obtidos pelo método original. Já entre os dados obtidos pelos métodos original e relacionamento de pertinências, não foi possível encontrar evidências de diferença entre suas medianas pelo teste bilateral.

Estes achados sugerem que os dados obtidos pelo método diferença de pertinências atribuam pontuações maiores para a satisfação que os demais.

O Coeficiente de Concordância W de Kendall consegue expressar o grau de associação entre k conjuntos de postos. Neste caso, expressa o grau de associação entre os três métodos na ordenação dos 117 indivíduos quanto ao nível de satisfação, mostrando se os três métodos possuem o mesmo padrão na ordenação dos indivíduos de acordo com sua satisfação. Permite assim, chegar à conclusão de que se deve aceitar ou não a hipótese nula, de que as ordenações são independentes.

Ao calcular o coeficiente de concordância W de Kendall entre os três conjuntos de dados analisados, verifica-se $W = 0,131$. Ainda, ao testar a hipótese nula de que $W = 0$, encontram-se evidências de que o coeficiente seja diferente de zero ($n = 117$; $\chi^2 = 30,565$, $g l = 2$ e $\text{valor-}p < 0,001$). Logo, esses resultados indicam que existe uma concordância fraca, embora significativa, entre os métodos considerados, sugerindo que possa existir divergência entre os critérios adotados pelos métodos estudados para ordenação dos indivíduos de acordo com sua satisfação.

Para verificar a associação entre os resultados obtidos pelos métodos dois a dois, com o propósito de identificar em qual relação se encontram as diferenças de critério, utilizou-se o Coeficiente de Correlação Posto-ordem T de Kendall, que fornece uma medida do grau de associação (ou correlação) entre dois conjuntos de postos.

Especialmente neste caso, foi utilizado o Coeficiente de Kendall Tau-b em que são considerados empates, pois sabe-se que existem dados repetidos para quaisquer dos três conjuntos. Os resultados são apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Resultados para o Coeficiente de Kendall nos dados obtidos na amostra 1

Métodos	Coeficiente de Kendall		
	T	n	p -valor
Dif. de pertinências x Relac. de pertinências	0,872	117	< 0,001
Dif. de pertinências x Original	0,242	117	< 0,001
Original x Relac. de pertinências	0,334	117	< 0,001

Fonte: o autor.

Entre os métodos relacionamento de pertinências e diferença de pertinências evidenciou-se uma maior concordância de critério em relação aos outros cruzamentos. Os demais coeficientes de correlação apresentaram significância, embora fracos, ficando, com referência ao nível de concordância, os métodos relacionamento de pertinências e original em segundo lugar e os métodos diferença de pertinências e original por último. Assim, concluiu-se que onde o coeficiente de

correlação posto-ordem de Kendall envolveu o método original, obteve-se um menor valor, o que ocorreu de forma mais acentuada no cruzamento dos métodos diferença de pertinências e original.

Nas análises não paramétricas, verificou-se que os métodos que utilizam as operações do modelo Coppe-Cosenza adaptado, apresentaram concordância forte e significativa, no entanto, considerando o método original como referência, existiu maior similaridade nos dados obtidos pelo método relacionamento de pertinências, tendo eles concordância mais intensa.

Assim, embora os métodos relacionamento de pertinências e diferença de pertinências tenham apresentado maior concordância na análise do critério, o método que concordou mais com o método original foi o relacionamento de pertinências, analisando o escore ou a pontuação atribuída à satisfação.

Para as análises dos dados obtidos por meio do experimento que contou com dez respondentes (amostra 2), foram observados, além dos métodos que utilizam as operações do modelo Coppe-Cosenza adaptado e o original, a avaliação de três juízes.

Inicialmente foi realizada a análise exploratória de dados para todos os métodos, encontrando-se as informações apresentadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Resumo descritivo dos resultados obtidos na amostra 2

Medidas	Método			
	Relacionamento de pertinências	Diferença de pertinências	Original	Avaliação dos juízes
Mínimo	48,15	32,41	51,36	55,00
Máximo	95,00	95,00	94,44	78,00
Média	79,09	74,98	71,91	67,60
Mediana	89,38	84,32	68,85	70,00
1º quartil	51,75	50,37	61,38	58,75
3º quartil	93,84	93,79	83,50	75,00
Desvio Interquartílico	42,09	43,42	22,12	16,25
Desvio padrão	20,13	22,74	14,52	8,43
Variância	405,04	517,36	210,79	71,16
Assimetria	-0,68	-0,74	0,28	-0,39
Curtose	-1,59	-1,25	-1,34	-1,57
Amplitude	46,85	62,59	43,09	23,00

Fonte: o autor.

A assimetria medida por meio do Coeficiente de Fisher permite verificar, para os métodos que

utilizam as operações do modelo Coppe-Cosenza adaptado, assimetria negativa moderada; para o método original, assimetria positiva muito baixa, podendo os dados serem considerados simétricos e, ainda, para a avaliação dos juízes, assimetria negativa moderada baixa, podendo também ter os dados considerados simétricos. A curtose, mensurada também pelo coeficiente de Fisher, para todos os métodos, foi observada com valor menor que zero, o que indica que a função de distribuição é mais achatada do que a distribuição normal, sendo a curva das funções de distribuição platicúrticas. Para o método relacionamento de pertinências os resultados variaram entre 48,15 e 95,00, concentrando-se em torno da média 79,09, com desvio padrão de 20,13. A mediana foi 89,38, superior à média em função da assimetria negativa, e desvio interquartílico 42,09. Os resultados obtidos no método diferença de pertinências variaram entre 32,41 e 95,00, concentrando-se em torno da média 74,98, com desvio padrão de 22,74. A mediana foi 84,32, superior à média em função da assimetria negativa, e desvio interquartílico 43,42. Os resultados para o método original variaram entre 51,36 e 94,44, concentrando-se em torno da média 71,91, com desvio padrão de 14,52. A mediana foi 68,85, inferior à média em função da assimetria positiva e desvio interquartílico 22,12 e finalmente para o método de avaliação dos juízes, os resultados das medianas variam entre 55,00 e 78,00, com média 67,60, desvio padrão de 8,43, mediana foi 70,00, superior à média em função da assimetria negativa, e desvio interquartílico de 16,25.

Observa-se que, para todos os métodos, as medidas de tendência central são similares. Nota-se também que o valor mínimo, opostamente às outras análises, diferem em todas as amostras, entretanto, o valor máximo de 95,00 concordou entre os métodos diferença e relacionamento de pertinências, tendo ainda o método original se aproximado muito deste valor, sendo 94,44. Apenas para o método de avaliação dos juízes o valor máximo foi de 78,00, menor que nos demais métodos. Outra observação que pode ser destacada faz menção às variâncias encontradas, destacando que a avaliação dos juízes teve uma variância muito menor que os outros métodos, sendo ainda bem maior a diferença em relação aos dois métodos que utilizam as operações do modelo Coppe-Cosenza adaptado. Os dados relativos à avaliação dos juízes também apresentaram menor desvio interquartílico e amplitude. Os *boxplots* apresentados na Figura 5.4, concordando com a análise descritiva, sugerem presença de assimetria para métodos diferença e relacionamento de pertinências, mostrando também uma assimetria muito leve para o método original e para o método avaliação dos juízes.

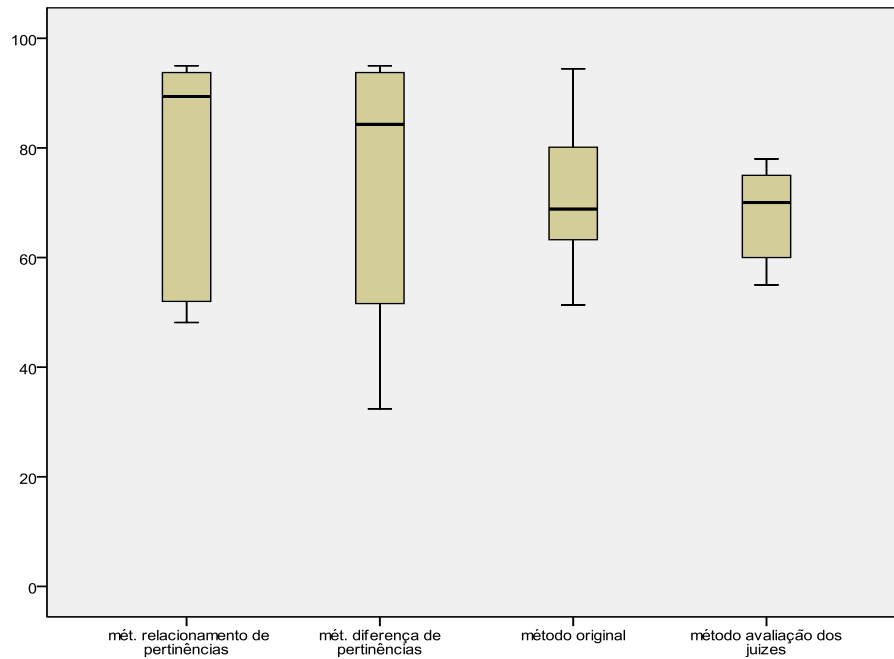


Figura 5.4: *Boxplots* dos resultados obtidos na amostra 2

Os *boxplots* apresentados na Figura 5.4 não indicam presença de possíveis *outliers* para nenhum dos métodos.

Os dados apresentados na Tabela 5.6, são resultados de testes de normalidade e mostram que foram encontradas evidências de não normalidade nos métodos que utilizam as operações do modelo Coppe-Cosenza. No entanto, não foram encontradas evidências de não normalidade no método original e no método avaliação dos juízes.

Tabela 5.6: Testes de normalidade para os resultados obtidos na amostra 2

Teste	Método diferença de pertinências		Método relacionamento de pertinências		Método original		Método avaliação dos juízes	
	<i>Estat.</i>	<i>p-valor</i>	<i>Estat.</i>	<i>p-valor</i>	<i>Estat.</i>	<i>p-valor</i>	<i>Estat.</i>	<i>p-valor</i>
	Anderson-Darling	0,8182	0,0220	1,2768	0,0013	0,2438	0,6861	0,4322	0,2412
Kolmogoriv-Smirnov	0,2688	0,0391	0,3084	0,0077	0,1390	0,8441	0,2120	0,2290
Shapiro-Wilk	0,8192	0,0248	0,7237	0,0017	0,9455	0,6156	0,8974	0,2050
Ryan- Joiner	0,9123	0,0398	0,8636	0,0046	0,9795	0,7321	0,9584	0,2965

Fonte: o autor.

Considerando como grupo controle o método por avaliação dos juízes, foram realizados testes de Wilcoxon. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7: Resultados para prova de Wilcoxon aplicada aos dados obtidos na amostra 2

Métodos	Prova de Wilcoxon		
	<i>n</i>	<i>z</i>	<i>p-valor</i>
Relac. de pertinências x Aval. dos juízes	10	-1,988	0,047
Original x Aval. dos juízes	10	-0,968	0,333
Dif. de pertinências x Aval. dos juízes	10	-1,274	0,203

Fonte: o autor.

Encontrou-se evidências de diferença entre os resultados dos métodos relacionamento de pertinências e avaliação dos juízes: os dados obtidos com a aplicação do método relacionamento de pertinências apresentam mediana superior aos obtidos pela avaliação dos juízes. Não foi possível encontrar evidências de diferença significativa entre os métodos original e avaliação dos juízes e também entre os métodos diferença de pertinências e avaliação dos juízes.

Para verificar a associação entre os resultados obtidos pelos métodos e verificar se existiu diferença de critério entre as avaliações, utilizou-se o Coeficiente de Correlação Posto-ordem *T* de Kendall, que fornece uma medida do grau de associação (ou correlação) entre dois conjuntos de postos.

Para estas análises também foi utilizado o coeficiente de Kendall Tau-b, em que são considerados empates. Os resultados são apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8: Resultados para o Coeficiente de Kendall nos dados obtidos na amostra 2

Métodos	Coeficiente de Kendall		
	<i>T</i>	<i>n</i>	<i>p-valor</i>
Relac. de pertinências x Aval. dos juízes	0,230	10	0,365
Original x Aval. dos juízes	0,322	10	0,205
Dif. de pertinências x Aval. dos juízes	0,322	10	0,205

Fonte: o autor.

Nas três comparações evidenciou-se concordância fraca de critério de avaliação. Na comparação entre os métodos relacionamento de pertinências e avaliação dos juízes foi encontrado o menor nível de concordância de critério, além de não significativo, indicando que não é possível concluir que existe concordância, mesmo que fraca, entre os critérios de interpretação das informações destes métodos.

Na comparação entre os métodos diferença de pertinências e avaliação dos juízes também foi encontrada uma associação fraca e não significativa, logo também não se pode concluir que existe concordância, mesmo que fraca, entre os critérios de interpretação das informações destes métodos.

Na comparação entre os métodos original e avaliação dos juízes o nível de concordância foi o mesmo da comparação anterior, mas o resultado foi significativo, encontrando-se evidências de concordância entre os métodos.

Considerando todas as análises desenvolvidas em ambas as amostras, percebe-se que os métodos diferença de pertinências e relacionamento de pertinências apresentam maior variabilidade do que o método original e, na segunda amostra, maior variabilidade do que a avaliação dos juízes.

De acordo com a Teoria da Qualidade, não existem dois itens exatamente iguais. Se duas mensurações de um mesmo item obtiveram o mesmo resultado, a ideia é que a escala utilizada não conseguiu captar a diferença. Logo, espera-se que uma alta variabilidade nos dados seja uma propriedade desejada em escalas de mensuração. Portanto, nesse aspecto, a subjetividade do constructo analisado parece ter sido melhor captada pelos três métodos do que pela avaliação dos juízes, pois a variabilidade maior foi encontrada pelos métodos, o que indica que estes conseguem e perceber melhor as diferenças entre os indivíduos. Pode-se ressaltar também que o método original em ambas as amostras apresentou menor variabilidade em relação aos que se utilizam das operações do modelo Coppe-Cosenza adaptado, sugerindo que estes últimos conseguiram diferenciar de maneira ainda mais precisa os indivíduos em relação ao nível de satisfação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variável satisfação envolve uma série de fatores importantes dentre os processos de controles industriais e de prestação de serviços em geral. A mensuração da satisfação de clientes por um determinado serviço pode beneficiar de maneira direta no controle de qualidade, o que por sua vez tem influência no bom desenvolvimento de uma indústria ou empresa. Um serviço ou um produto de qualidade leva ao aumento da demanda de clientes na procura do serviço, movimentando o mercado e trazendo maiores lucros para a empresa, para o empresário e conseqüentemente, para o local onde serviço é prestado.

Devido a sua importância, existem diversos modelos sendo desenvolvidos para a mensuração da satisfação. A proposta deste trabalho partiu da necessidade de propor um modelo suficientemente capaz de analisar a satisfação da forma mais apropriada possível, utilizando-se da lógica *fuzzy* e de um modelo hierárquico, que de maneira simples, é capaz de medir a distância entre dois elementos. No caso de decisão de localização industrial, mede a distância entre a demanda e a oferta dos fatores analisados, e para a análise da satisfação, mede a distância entre a expectativa do cliente, avaliada pela importância atribuída ao item, e a qualidade percebida na utilização do serviço.

Após a realização dos procedimentos necessários à execução dos métodos apresentados no decorrer deste estudo, foram realizadas comparações entre os resultados encontrados através de técnicas estatísticas.

Nestas análises, os métodos aplicados aos dados da amostra 1 indicam que os modelos que mais concordam em termos de análise de critério são os métodos que utilizam as operações do modelo Coppe-Cosenza adaptado. No entanto, nesta amostra o método que mais concordou com o método original foi o método relacionamento de pertinências, sendo estes os mais similares.

Já para a amostra do estudo complementar, que considerou também uma avaliação feita por juizes, encontrou-se concordância fraca de critério de avaliação entre as comparações dos métodos. Tomando o método avaliação dos juizes como referência, constatou-se que para os métodos relacionamento de pertinências e diferença de pertinências, não foi possível concluir pela existência de concordância, mesmo que fraca.

Destas análises foi possível concluir que, para o experimento, o resultado mais próximo foi entre método pela avaliação dos juizes e o método original. As análises, ainda nesta segunda amostra, sugeriram a inconclusividade para os métodos que se utilizam das operações do modelo Coppe-Cosenza adaptado, quando comparados aos resultados dos juizes. Este fato pode estar associado ao tamanho insuficiente da amostra em função da grande variabilidade nos resultados obtidos pelos métodos do modelo Coppe-Cosenza adaptado. Outra questão que pode ter influenciado é a pouca

experiência dos indivíduos que atuaram como juízes, pois a falta de concordância em suas avaliações sugere que o treinamento sobre a avaliação a ser realizada e sobre o conteúdo da pesquisa não foi suficiente.

Salienta-se que o desvio padrão para o método original foi menor do que para os outros métodos na amostra 1. Na amostra 2 o desvio padrão para a avaliação dos juízes foi ainda mais baixo do que para o método original, o que já era esperado pois os dados eram medianas. Os métodos relacionamento de pertinências e diferença de pertinências apresentaram os maiores valores de desvio padrão, sendo ainda maior este último na amostra 2.

Estas constatações mostram que os métodos do modelo Coppe-Cosenza adaptado obtiveram maior variabilidade e conseguiram captar maiores diferenças entre os níveis de satisfação dos indivíduos, mostrando-se mais sensíveis.

Com base nas observações realizadas neste trabalho e nos resultados obtidos, dentro das possibilidades do estudo de caso analisado, pode-se afirmar que é possível fazer a mensuração da satisfação de clientes através das adaptações feitas no modelo Coppe-Cosenza *fuzzy* de análise hierárquica e ainda afirmar que a utilização dos controladores *fuzzy* pareceu propiciar um refinamento significativo nos resultados finais, pois conseguiu, com sua utilização na amostra 1, chegar a uma similaridade com os resultados do método original, considerado válido em seus estudos.

Conclui-se também que os métodos do modelo Coppe-Cosenza adaptado podem ser tão ou ainda mais competentes que o método original estudado, pois o mesmo mostrou conseguir de maneira mais eficiente diferenciar a avaliação de cada indivíduo. Este métodos ainda calculam a distância entre os elementos representativos da expectativa e da qualidade percebida do serviço utilizado, o que pode ser o mais coerente como procedimento na avaliação da satisfação.

Em relação à comparação entre os dois métodos, diferença de pertinências e relacionamento de pertinências, conclui-se que há mais eficiência neste último, pois foi o método que melhor concordou com relação à comparação entre o método original para a amostra 1.

Conclui-se também que nas comparações entre os métodos do experimento (amostra 2), encontrou-se grande variabilidade relacionada aos resultados encontrados nas análises da amostra 1, sugerindo a realização de um novo experimento confirmatório, com um maior número de amostra e treinamento mais intenso os juízes..

Destaca-se como limitação deste trabalho, a necessidade da manutenção dos operadores para cada tipo de variável analisada. Sugere-se também considerar a possibilidade de bônus na avaliação da satisfação quando a avaliação da qualidade percebida for maior que a importância do respectivo item, pois o critério adotado, de não considerar valores maiores que um, pode ter influenciado na ocorrência de assimetria negativa.

Além das sugestões, recomenda-se avaliar o desempenho dos métodos aqui estudados para medir a satisfação em outros contextos, bem como medir outros tipos de variáveis que se encaixem dentro das possibilidades da lógica *fuzzy*.

Este trabalho envolveu conceitos de matemática, estatística, psicologia, engenharia e ainda conhecimentos na área de computação, sendo, portanto um trabalho de caráter multidisciplinar.

REFERÊNCIAS

- AFFONSO, C. R. **Aplicação de Lógica Fuzzy à Localização de Instalações**. Trabalho de Conclusão de curso de graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. 63p.
- BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. **Estatística para cursos de Engenharia e Informática**. 3 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- BARROS L. C.; BASSANEZI R. C. **Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática**. 2th. ed. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp): IMECC, 2010.
- BRIÃO S. L. **Modelagem em Programação Linear para Resolução de Jogos Fuzzy Intervalares**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, 2013.
- BUSSAB, W.; MORETTIN, P. **Estatística Básica**. 6ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.
- CHAMOVITZ I.; COSENZA C. A. N., **Lógica Fuzzy: alternativa viável para projetos complexos no Rio de Janeiro**. In: XIV Profundão, 2010. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro:UFRJ, 2010. Pp.1-11. Disponível em: http://api.adm.br/artigos/wp-content/uploads/2010/10/artigo_2010_profundao_final.pdf. Acesso em: jan de 2016.
- CHAMOVITZ I. **Aplicação do Modelo de Hierarquia Fuzzy COPPE-Cosenza para a Avaliação de Grupos Operativos em Fóruns Educacionais na Internet**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- CLEMENTE A. **Projetos Empresariais e Públicos**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 344p.
- COSENZA, C. A. N.; DORIA, F. A.; LEONARDO L. A. M.. Hierarchy Models for the Organization of Economic Spaces. **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 82-91, 2015.
- COSENZA, H. J. S. R. *et al.* **Aplicação de um modelo de hierarquização como construção para a tomada de decisão – caso de uma multinacional**. XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ENEGEP, Fortaleza, CE, 2006.
- CRISTELLOTTI M., **Localização de curtumes no Brasil através do modelo Coppe-Cosenza de localização industrial**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências**. 4ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

FIUZA, S. N. *et al.* Localização industrial na Região Norte Fluminense: uma análise em termos de oferta e demanda por fatores locacionais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 3, 2012.

FUJIMOTO, R. Y., **Diagnóstico automático de defeitos em rolamentos baseado em Lógica Fuzzy**. Dissertação de M. Sc., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2005.

KRYKHTINE, F. L. P., **Aplicando a lógica fuzzy em um modelo de seleção multicritério para multiclientes**. X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, RJ, 2013.

LIMA, F. R., **Modelos de Localização em Engenharia Urbana**. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, PR, 2009.

MARTINS, G. W., **Uma Contribuição aos estudos de localização industrial: Determinando o potencial de transporte aéreo de uma região com base no modelo de análise hierárquica COPPE-Cosenza**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2010.

MATTOS, V.L.D.; KONRATH, A. C.; AZAMBUJA, A, M, V. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2017.

MATTOS, V. L. D.; COELHO, L. C. Propriedades dos controladores fuzzy: um estudo de caso. **Scientia Plena**, v.11, n.8, pp.1-7, 2015.

MATTOS, V. L. D.; AVILA, S. H.; FIGUEIREDO, V. L. M. Um instrumento para medir a satisfação dos passageiros de um sistema de transporte público. **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas (Online), v.12, n.1, pp.63-81, 2017.

MONTGOMERY, D; RUNGER, C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

PEREIRA, R. C. A., **Modelo de localização hierárquica para usinas de pirólise: solução para Resíduos Urbanos**. XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ENEGEP, Curitiba, PR, 2014.

RHEINGANTZ, P. A. *et al.* Modelo de Análise Hierárquica Aplicado na Avaliação do Desempenho dos Edifícios de Escritórios. **NUTAU 2000 Tecnologia & Desenvolvimento e As Energias Renováveis no Novo Milênio**, p. 1-10, 2000.

RIGNEL, D.G.S.; CHENCI; G. P.;LUCAS, C. A. Uma Introdução à Lógica Fuzzy. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e de Gestão Tecnológica**, v,1, n.1, pp.17-28, 2011.

SILVA, M. R. A., **A criação do Rosa Index (Retorno f Social Actions Index ou índices de retorno das ações sociais) a partir da lógica fuzzy do balanced scorecard social**. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

TANSCHKEIT, R., **Sistemas fuzzy**. Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

TOLEDO, O. M., COSENZA, C. A. N., **Metodologia de avaliação de desempenho baseada em lógica fuzzy**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA COBENGE. 2004.

TOLEDO, O. M., **Um caso de aplicação da Lógica Fuzzy – O Modelo Coppe-Cosenza de Hierarquia Fuzzy** . XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-Anais, v. 1, 2003.

ZADEH, L. A. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to approximate Reasoning-I. **Information Science**.v.8, pp. 199-249, 1975.

_____. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to approximate Reasoning-II. **Information Science**.v.8, pp. 301-357, 1975.

_____. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to approximate Reasoning-III. **Information Science**.v.9, pp. 43-80, 1975.

_____. Fuzzy sets. **Information and Control**, v.8, pp. 338-353, 1965.

_____. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. **IEEE Trans. Syst. Man Cybern**.v.3, pp. 28-44, 1973.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4ed., New Jersey: Prentice Hall, 1999.

Anexo A – INSTRUMENTO PARA AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO DE USUÁRIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Parte I - Dados de Identificação

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade:

- () Menos de 25 anos () Entre 26 e 40 anos () Entre 41 e 60 anos
() Acima de 60 anos () Não gostaria de responder

Renda familiar:

- () Menos de R\$ 2000,00 () Entre R\$ 2000,00 e R\$ 7500,00
() Acima de R\$ 7500,00 () Não gostaria de responder

Papel na instituição:

- () Estudante () Docente () Estagiário
() Técnico-Administrativo () Funcionário terceirizado

Se for estudante ou estagiário, qual seu curso: _____

Se for servidor/funcionário, qual a sua unidade de lotação: _____

Há quanto tempo pertence a esta comunidade acadêmica? _____ semestres

Empresa de transporte mais utilizada: _____

Distância entre sua residência e a parada de ônibus que leva à Universidade (1 quadra ~ 100m):

- () Até 200 metros () Entre 201 e 400 metros () Entre 401 e 600 metros
() Entre 601 e 800 metros () Mais de 800 metros () Não sei

Tempo de viagem (desconsiderar tempo de espera do veículo):

- () Menos de 15 min () Entre 16 e 30 min () Entre 31 e 60 min
() Acima de 60 min () Não sei

Parte II – Avaliação da Importância dos Fatores de Avaliação

Para cada questão deverá ser atribuído um valor inteiro entre 0 (zero) e 100 (cem), em que maiores valores representarão maior **importância**. Os itens estão agrupados em três blocos de itens

relacionados a três classes de avaliação.

Classes de Avaliação	Fatores de Avaliação	Valor Atribuído
Veículos	Conforto	
	Estado de Conservação	
Serviços	Atendimento ao Passageiro	
	Segurança	
	Horários	
	Limpeza	
Pontos de Parada	Local de embarque/desembarque	

Parte III – Avaliação dos Elementos de Avaliação

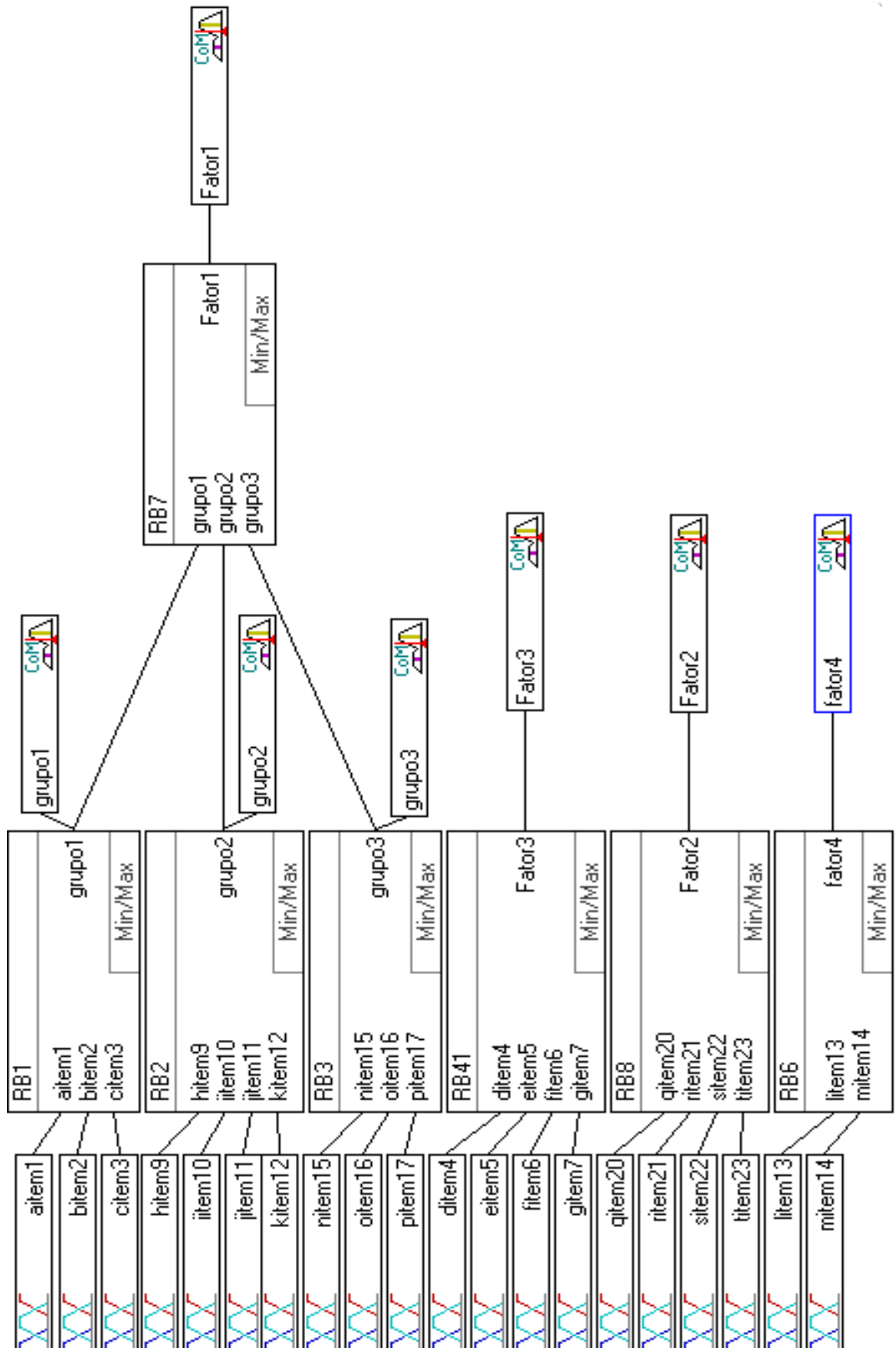
As questões são agrupadas em blocos de itens relacionados a fatores de avaliação. Para cada questão deverá ser atribuído um valor inteiro entre 0(zero) e 100 (cem), em que 0 representa nenhuma satisfação e 100, satisfação total.

Fatores de Avaliação	Elementos de Avaliação	Nota
Conforto	Comodidade das poltronas do ônibus	
	Espaço Circulação no ônibus	
	Ventilação no ônibus	
Estado de Conservação	Mecânica dos veículos	
	Suspensão do ônibus	
	Pneus	
	Pinturas dos veículos	
Atendimento ao Passageiro	Educação dos funcionários	
	Facilidades na compra/troca de passagens	
	Rapidez na solução de problemas	
	Divulgação de informações	
Segurança	Habilidade do motorista na condução do veículo	
	Forma de dirigir do motorista (direção defensiva)	
Horários	Frequência de horários disponíveis	
	Adequação dos horários disponíveis	
	Respeito aos horários de saída e chegada	

Local de embarque/desembarque	Conforto da infraestrutura	
	Estado de Conservação da infraestrutura	
	Segurança	
	Limpeza	

Observações: _____

APÊNDICE 1 - MAPA COGNITIVO GERADO PELO PROGRAMA FUZZYTECH



APÊNDICE 2 - INSTRUMENTO DOS JUÍZES PARA AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO DE USUÁRIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

JUIZ _____

ENTREVISTADO _____

Entrevista

1. O que achas sobre o conforto durante a viagem?
2. O que achas sobre o atendimento durante a viagem?
3. O que achas sobre a disponibilidade de horários?
4. Como percebe o estado de conservação dos ônibus para seu itinerário?
5. O que achas sobre os locais de embarque e desembarque da sua linha de ônibus?
6. O que achas sobre a segurança em relação à forma de dirigir e a habilidade do motorista?

Aspectos a observar nos respondentes

- Conteúdo da resposta
- Agilidade na resposta
- Entusiasmo na resposta
- Confiança na resposta

CONCLUSÃO DO JUIZ

Em uma escala de 0 a 100 dê uma pontuação para a satisfação do respondente.

APÊNDICE 3—CÓDIGO DE EXECUÇÃO DOS OPERADORES NO MODELO COPPE-COSENZA ADAPTADO EM C++.

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main()
{
float cod, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d9, d10, d11, d12, d13, d14, d15, d16, d17, d20, d21, d22, d23;
float o1, o2, o3, o4, o5, o6, o7, o9, o10, o11, o12, o13, o14, o15, o16, o17, o20, o21, o22, o23;
float r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7, r9, r10, r11, r12, r13, r14, r15, r16, r17, r20, r21, r22, r23;
float rr1, rr2, rr3, rr4, rr5, rr6, rr7, rr9, rr10, rr11, rr12, rr13, rr14, rr15, rr16, rr17, rr20, rr21, rr22, rr23;

printf("pessoa codigo:");
scanf("%f", &cod);
printf("DEMANDA (Importancia) \n");
printf("item1:");
scanf("%f", &d1);
printf("item2:");
scanf("%f", &d2);
printf("item3:");
scanf("%f", &d3);
printf("item4:");
scanf("%f", &d4);
printf("item5:");
scanf("%f", &d5);
printf("item6:");
scanf("%f", &d6);
printf("item7:");
scanf("%f", &d7);
printf("item9:");
scanf("%f", &d9);
printf("item10:");
scanf("%f", &d10);
printf("item11:");
scanf("%f", &d11);
printf("item12:");
scanf("%f", &d12);
printf("item13:");
scanf("%f", &d13);
printf("item14:");
scanf("%f", &d14);
printf("item15:");
scanf("%f", &d15);
printf("item16:");
scanf("%f", &d16);
printf("item17:");
scanf("%f", &d17);
printf("item20:");
scanf("%f", &d20);
printf("item21:");
scanf("%f", &d21);
printf("item22:");
scanf("%f", &d22);
printf("item23:");

```

```
scanf("%f", &d23);

printf("OFERTA (Avaliacao) \n");
printf("item1:");
scanf("%f", &o1);
printf("item2:");
scanf("%f", &o2);
printf("item3:");
scanf("%f", &o3);
printf("item4:");
scanf("%f", &o4);
printf("item5:");
scanf("%f", &o5);
printf("item6:");
scanf("%f", &o6);
printf("item7:");
scanf("%f", &o7);
printf("item9:");
scanf("%f", &o9);
printf("item10:");
scanf("%f", &o10);
printf("item11:");
scanf("%f", &o11);
printf("item12:");
scanf("%f", &o12);
printf("item13:");
scanf("%f", &o13);
printf("item14:");
scanf("%f", &o14);
printf("item15:");
scanf("%f", &o15);
printf("item16:");
scanf("%f", &o16);
printf("item17:");
scanf("%f", &o17);
printf("item20:");
scanf("%f", &o20);
printf("item21:");
scanf("%f", &o21);
printf("item22:");
scanf("%f", &o22);
printf("item23:");
scanf("%f", &o23);

if ((d1>0)&&(d1<10)){
    d1=0.1;
}
else if ((d1>=10)&&(d1<20)){
    d1=0.2;
}
else if ((d1>=20)&&(d1<30)){
    d1=0.3;
}
else if ((d1>=30)&&(d1<40)){
    d1=0.4;
```

```

}
else if ((d1>=40)&&(d1<50)){
    d1=0.5;
}
else if ((d1>=50)&&(d1<60)){
    d1=0.6;
}
else if ((d1>=60)&&(d1<70)){
    d1=0.7;
}
else if ((d1>=70)&&(d1<80)){
    d1=0.8;
}
else if ((d1>=80)&&(d1<90)){
    d1=0.9;
}
else if ((d1>=90)&&(d1<=100)){
    d1=1.0;
}
}

```

```

if ((d2>0)&&(d2<10)){
    d2=0.1;
}
else if ((d2>=10)&&(d2<20)){
    d2=0.2;
}
else if ((d2>=20)&&(d2<30)){
    d2=0.3;
}
else if ((d2>=30)&&(d2<40)){
    d2=0.4;
}
else if ((d2>=40)&&(d2<50)){
    d2=0.5;
}
else if ((d2>=50)&&(d2<60)){
    d2=0.6;
}
else if ((d2>=60)&&(d2<70)){
    d2=0.7;
}
else if ((d2>=70)&&(d2<80)){
    d2=0.8;
}
else if ((d2>=80)&&(d2<90)){
    d2=0.9;
}
else if ((d2>=90)&&(d2<=100)){
    d2=1.0;
}
}

```

```

if ((d3>0)&&(d3<10)){
    d3=0.1;
}
else if ((d3>=10)&&(d3<20)){
    d3=0.2;
}

```

```

}
else if ((d3>=20)&&(d3<30)){
    d3=0.3;
}
else if ((d3>=30)&&(d3<40)){
    d3=0.4;
}
else if ((d3>=40)&&(d3<50)){
    d3=0.5;
}
else if ((d3>=50)&&(d3<60)){
    d3=0.6;
}
else if ((d3>=60)&&(d3<70)){
    d3=0.7;
}
else if ((d3>=70)&&(d3<80)){
    d3=0.8;
}
else if ((d3>=80)&&(d3<90)){
    d3=0.9;
}
else if ((d3>=90)&&(d3<=100)){
    d3=1.0;
}

if ((d4>0)&&(d4<10)){
    d4=0.1;
}
else if ((d4>=10)&&(d4<20)){
    d4=0.2;
}
else if ((d4>=20)&&(d4<30)){
    d4=0.3;
}
else if ((d4>=30)&&(d4<40)){
    d4=0.4;
}
else if ((d4>=40)&&(d4<50)){
    d4=0.5;
}
else if ((d4>=50)&&(d4<60)){
    d4=0.6;
}
else if ((d4>=60)&&(d4<70)){
    d4=0.7;
}
else if ((d4>=70)&&(d4<80)){
    d4=0.8;
}
else if ((d4>=80)&&(d4<90)){
    d4=0.9;
}
else if ((d4>=90)&&(d4<=100)){
    d4=1.0;
}

```

```

if ((d5>0)&&(d5<10)){
  d5=0.1;
}
else if ((d5>=10)&&(d5<20)){
  d5=0.2;
}
  else if ((d5>=20)&&(d5<30)){
    d5=0.3;
  }
  else if ((d5>=30)&&(d5<40)){
    d5=0.4;
  }
    else if ((d5>=40)&&(d5<50)){
      d5=0.5;
    }
      else if ((d5>=50)&&(d5<60)){
        d5=0.6;
      }
        else if ((d5>=60)&&(d5<70)){
          d5=0.7;
        }
          else if ((d5>=70)&&(d5<80)){
            d5=0.8;
          }
            else if ((d5>=80)&&(d5<90)){
              d5=0.9;
            }
              else if ((d5>=90)&&(d5<=100)){
                d5=1.0;
              }
}

if ((d6>0)&&(d6<10)){
  d6=0.1;
}
else if ((d6>=10)&&(d6<20)){
  d6=0.2;
}
}
  else if ((d6>=20)&&(d6<30)){
    d6=0.3;
  }
  else if ((d6>=30)&&(d6<40)){
    d6=0.4;
  }
    else if ((d6>=40)&&(d6<50)){
      d6=0.5;
    }
      else if ((d6>=50)&&(d6<60)){
        d6=0.6;
      }
        else if ((d6>=60)&&(d6<70)){
          d6=0.7;
        }
          else if ((d6>=70)&&(d6<80)){
            d6=0.8;
          }
}

```

```

else if ((d6>=80)&&(d6<90)){
    d6=0.9;
}
else if ((d6>=90)&&(d6<=100)){
    d6=1.0;
}

if ((d7>0)&&(d7<10)){
    d7=0.1;
}
else if ((d7>=10)&&(d7<20)){
    d7=0.2;
}
else if ((d7>=20)&&(d7<30)){
    d7=0.3;
}
else if ((d7>=30)&&(d7<40)){
    d7=0.4;
}
else if ((d7>=40)&&(d7<50)){
    d7=0.5;
}
else if ((d7>=50)&&(d7<60)){
    d7=0.6;
}
else if ((d7>=60)&&(d7<70)){
    d7=0.7;
}
else if ((d7>=70)&&(d7<80)){
    d7=0.8;
}
else if ((d7>=80)&&(d7<90)){
    d7=0.9;
}
else if ((d7>=90)&&(d7<=100)){
    d7=1.0;
}

if ((d9>0)&&(d9<10)){
    d9=0.1;
}
else if ((d9>=10)&&(d9<20)){
    d9=0.2;
}
else if ((d9>=20)&&(d9<30)){
    d9=0.3;
}
else if ((d9>=30)&&(d9<40)){
    d9=0.4;
}
else if ((d9>=40)&&(d9<50)){
    d9=0.5;
}
else if ((d9>=50)&&(d9<60)){
    d9=0.6;
}
else if ((d9>=60)&&(d9<70)){

```

```

        d9=0.7;
    }
    else if ((d9>=70)&&(d9<80)){
        d9=0.8;
    }
    else if ((d9>=80)&&(d9<90)){
        d9=0.9;
    }
    else if ((d9>=90)&&(d9<=100)){
        d9=1.0;
    }
}

if ((d10>0)&&(d10<10)){
    d10=0.1;
}
else if ((d10>=10)&&(d10<20)){
    d10=0.2;
}
else if ((d10>=20)&&(d10<30)){
    d10=0.3;
}
else if ((d10>=30)&&(d10<40)){
    d10=0.4;
}
else if ((d10>=40)&&(d10<50)){
    d10=0.5;
}
else if ((d10>=50)&&(d10<60)){
    d10=0.6;
}
else if ((d10>=60)&&(d10<70)){
    d10=0.7;
}
else if ((d10>=70)&&(d10<80)){
    d10=0.8;
}
else if ((d10>=80)&&(d10<90)){
    d10=0.9;
}
else if ((d10>=90)&&(d10<=100)){
    d10=1.0;
}
}

if ((d11>0)&&(d11<10)){
    d11=0.1;
}
else if ((d11>=10)&&(d11<20)){
    d11=0.2;
}
else if ((d11>=20)&&(d11<30)){
    d11=0.3;
}
else if ((d11>=30)&&(d11<40)){
    d11=0.4;
}
else if ((d11>=40)&&(d11<50)){
    d11=0.5;
}

```

```

    }
    else if ((d11>=50)&&(d11<60)){
        d11=0.6;
    }
    else if ((d11>=60)&&(d11<70)){
        d11=0.7;
    }
    else if ((d11>=70)&&(d11<80)){
        d11=0.8;
    }
    else if ((d11>=80)&&(d11<90)){
        d11=0.9;
    }
    else if ((d11>=90)&&(d11<=100)){
        d11=1.0;
    }
}

if ((d12>0)&&(d12<10)){
    d12=0.1;
}
else if ((d12>=10)&&(d12<20)){
    d12=0.2;
}
else if ((d12>=20)&&(d12<30)){
    d12=0.3;
}
else if ((d12>=30)&&(d12<40)){
    d12=0.4;
}
else if ((d12>=40)&&(d12<50)){
    d12=0.5;
}
else if ((d12>=50)&&(d12<60)){
    d12=0.6;
}
else if ((d12>=60)&&(d12<70)){
    d12=0.7;
}
else if ((d12>=70)&&(d12<80)){
    d12=0.8;
}
else if ((d12>=80)&&(d12<90)){
    d12=0.9;
}
else if ((d12>=90)&&(d12<=100)){
    d12=1.0;
}
}

if ((d13>0)&&(d13<10)){
    d13=0.1;
}
else if ((d13>=10)&&(d13<20)){
    d13=0.2;
}
else if ((d13>=20)&&(d13<30)){
    d13=0.3;
}
}

```



```

else if ((d13>=30)&&(d13<40)){
    d13=0.4;
}
else if ((d13>=40)&&(d13<50)){
    d13=0.5;
}
else if ((d13>=50)&&(d13<60)){
    d13=0.6;
}
else if ((d13>=60)&&(d13<70)){
    d13=0.7;
}
else if ((d13>=70)&&(d13<80)){
    d13=0.8;
}
else if ((d13>=80)&&(d13<90)){
    d13=0.9;
}
else if ((d13>=90)&&(d13<=100)){
    d13=1.0;
}

if ((d14>0)&&(d14<10)){
    d14=0.1;
}
else if ((d14>=10)&&(d14<20)){
    d14=0.2;
}
else if ((d14>=20)&&(d14<30)){
    d14=0.3;
}
else if ((d14>=30)&&(d14<40)){
    d14=0.4;
}
else if ((d14>=40)&&(d14<50)){
    d14=0.5;
}
else if ((d14>=50)&&(d14<60)){
    d14=0.6;
}
else if ((d14>=60)&&(d14<70)){
    d14=0.7;
}
else if ((d14>=70)&&(d14<80)){
    d14=0.8;
}
else if ((d14>=80)&&(d14<90)){
    d14=0.9;
}
else if ((d14>=90)&&(d14<=100)){
    d14=1.0;
}

if ((d15>0)&&(d15<10)){
    d15=0.1;
}
else if ((d15>=10)&&(d15<20)){

```

```

    d15=0.2;
}
else if ((d15>=20)&&(d15<30)){
    d15=0.3;
}
else if ((d15>=30)&&(d15<40)){
    d15=0.4;
}
else if ((d15>=40)&&(d15<50)){
    d15=0.5;
}
else if ((d15>=50)&&(d15<60)){
    d15=0.6;
}
else if ((d15>=60)&&(d15<70)){
    d15=0.7;
}
else if ((d15>=70)&&(d15<80)){
    d15=0.8;
}
else if ((d15>=80)&&(d15<90)){
    d15=0.9;
}
else if ((d15>=90)&&(d15<=100)){
    d15=1.0;
}
}

if ((d16>0)&&(d16<10)){
    d16=0.1;
}
else if ((d16>=10)&&(d16<20)){
    d16=0.2;
}
else if ((d16>=20)&&(d16<30)){
    d16=0.3;
}
else if ((d16>=30)&&(d16<40)){
    d16=0.4;
}
else if ((d16>=40)&&(d16<50)){
    d16=0.5;
}
else if ((d16>=50)&&(d16<60)){
    d16=0.6;
}
else if ((d16>=60)&&(d16<70)){
    d16=0.7;
}
else if ((d16>=70)&&(d16<80)){
    d16=0.8;
}
else if ((d16>=80)&&(d16<90)){
    d16=0.9;
}
else if ((d16>=90)&&(d16<=100)){
    d16=1.0;
}
}

```

```

}
if ((d17>0)&&(d17<10)){
  d17=0.1;
}
else if ((d17>=10)&&(d17<20)){
  d17=0.2;
}
  else if ((d17>=20)&&(d17<30)){
    d17=0.3;
  }
  else if ((d17>=30)&&(d17<40)){
    d17=0.4;
  }
  else if ((d17>=40)&&(d17<50)){
    d17=0.5;
  }
  else if ((d17>=50)&&(d17<60)){
    d17=0.6;
  }
  else if ((d17>=60)&&(d17<70)){
    d17=0.7;
  }
  else if ((d17>=70)&&(d17<80)){
    d17=0.8;
  }
  else if ((d17>=80)&&(d17<90)){
    d17=0.9;
  }
  else if ((d17>=90)&&(d17<=100)){
    d17=1.0;
  }
}

if ((d20>0)&&(d20<10)){
  d20=0.1;
}
else if ((d20>=10)&&(d20<20)){
  d20=0.2;
}
}
  else if ((d20>=20)&&(d20<30)){
    d20=0.3;
  }
  else if ((d20>=30)&&(d20<40)){
    d20=0.4;
  }
  else if ((d20>=40)&&(d20<50)){
    d20=0.5;
  }
  else if ((d20>=50)&&(d20<60)){
    d20=0.6;
  }
  else if ((d20>=60)&&(d20<70)){
    d20=0.7;
  }
  else if ((d20>=70)&&(d20<80)){
    d20=0.8;
  }
}

```

```

else if ((d20>=80)&&(d20<90)){
    d20=0.9;
}
else if ((d20>=90)&&(d20<=100)){
    d20=1.0;
}

if ((d21>0)&&(d21<10)){
    d21=0.1;
}
else if ((d21>=10)&&(d21<20)){
    d21=0.2;
}
else if ((d21>=20)&&(d21<30)){
    d21=0.3;
}
else if ((d21>=30)&&(d21<40)){
    d21=0.4;
}
else if ((d21>=40)&&(d21<50)){
    d21=0.5;
}
else if ((d21>=50)&&(d21<60)){
    d21=0.6;
}
else if ((d21>=60)&&(d21<70)){
    d21=0.7;
}
else if ((d21>=70)&&(d21<80)){
    d21=0.8;
}
else if ((d21>=80)&&(d21<90)){
    d21=0.9;
}
else if ((d21>=90)&&(d21<=100)){
    d21=1.0;
}

if ((d22>0)&&(d22<10)){
    d22=0.1;
}
else if ((d22>=10)&&(d22<20)){
    d22=0.2;
}
else if ((d22>=20)&&(d22<30)){
    d22=0.3;
}
else if ((d22>=30)&&(d22<40)){
    d22=0.4;
}
else if ((d22>=40)&&(d22<50)){
    d22=0.5;
}
else if ((d22>=50)&&(d22<60)){
    d22=0.6;
}
else if ((d22>=60)&&(d22<70)){

```

```

        d22=0.7;
    }
    else if ((d22>=70)&&(d22<80)){
        d22=0.8;
    }
    else if ((d22>=80)&&(d22<90)){
        d22=0.9;
    }
    else if ((d22>=90)&&(d22<=100)){
        d22=1.0;
    }
}
if ((d23>0)&&(d23<10)){
    d23=0.1;
}
else if ((d23>=10)&&(d23<20)){
    d23=0.2;
}
else if ((d23>=20)&&(d23<30)){
    d23=0.3;
}
else if ((d23>=30)&&(d23<40)){
    d23=0.4;
}
else if ((d23>=40)&&(d23<50)){
    d23=0.5;
}
else if ((d23>=50)&&(d23<60)){
    d23=0.6;
}
else if ((d23>=60)&&(d23<70)){
    d23=0.7;
}
else if ((d23>=70)&&(d23<80)){
    d23=0.8;
}
else if ((d23>=80)&&(d23<90)){
    d23=0.9;
}
else if ((d23>=90)&&(d23<=100)){
    d23=1.0;
}
}
if ((o1>=0)&&(o1<10)){
    o1=0.1;
}
elseif ((o1>=10)&&(o1<20)){
    o1=0.2;
}
elseif ((o1>=20)&&(o1<30)){
    o1=0.3;
}
else if ((o1>=30)&&(o1<40)){
    o1=0.4;
}
else if ((d1>=40)&&(d1<50)){
    o1=0.5;
}

```

```

    }
    elseif ((o1>=50)&&(o1<60)){
        o1=0.6;
    }
    elseif ((o1>=60)&&(o1<70)){
        o1=0.7;
    }
    elseif ((o1>=70)&&(o1<80)){
        o1=0.8;
    }
    elseif ((o1>=80)&&(o1<90)){
        o1=0.9;
    }
    elseif ((o1>=90)&&(o1<=100)){
        o1=1.0;
    }
}

if ((o2>=0)&&(o2<10)){
    o2=0.1;
}
elseif ((o2>=10)&&(o2<20)){
    o2=0.2;
}
}
elseif ((o2>=20)&&(o2<30)){
    o2=0.3;
}
}
elseif ((o2>=30)&&(o2<40)){
    o2=0.4;
}
}
elseif ((o2>=40)&&(o2<50)){
    o2=0.5;
}
}
elseif ((o2>=50)&&(o2<60)){
    o2=0.6;
}
}
elseif ((o2>=60)&&(o2<70)){
    o2=0.7;
}
}
elseif ((o2>=70)&&(o2<80)){
    o2=0.8;
}
}
elseif ((o2>=80)&&(o2<90)){
    o2=0.9;
}
}
elseif ((o2>=90)&&(o2<=100)){
    o2=1.0;
}
}

if ((o3>=0)&&(o3<10)){
    o3=0.1;
}
}
elseif ((o3>=10)&&(o3<20)){
    o3=0.2;
}
}
}
elseif ((o3>=20)&&(o3<30)){
    o3=0.3;
}
}

```

```

}
elseif ((o3>=30)&&(o3<40)){
    o3=0.4;
}
elseif ((o3>=40)&&(o3<50)){
    o3=0.5;
}
elseif ((o3>=50)&&(o3<60)){
    o3=0.6;
}
elseif ((o3>=60)&&(o3<70)){
    o3=0.7;
}
elseif ((o3>=70)&&(o3<80)){
    o3=0.8;
}
elseif ((o3>=80)&&(o3<90)){
    o3=0.9;
}
elseif ((o3>=90)&&(o3<=100)){
    o3=1.0;
}

if ((o4>=0)&&(o4<10)){
    o4=0.1;
}
elseif ((o4>=10)&&(o4<20)){
    o4=0.2;
}
elseif ((o4>=20)&&(o4<30)){
    o4=0.3;
}
elseif ((o4>=30)&&(o4<40)){
    o4=0.4;
}
elseif ((o4>=40)&&(o4<50)){
    o4=0.5;
}
elseif ((o4>=50)&&(o4<60)){
    o4=0.6;
}
elseif ((o4>=60)&&(o4<70)){
    o4=0.7;
}
elseif ((o4>=70)&&(o4<80)){
    o4=0.8;
}
elseif ((o4>=80)&&(o4<90)){
    o4=0.9;
}
elseif ((o4>=90)&&(o4<=100)){
    o4=1.0;
}

if ((o5>=0)&&(o5<10)){
    o5=0.1;
}

```

```

elseif ((o5>=10)&&(o5<20)){
    o5=0.2;
}
elseif ((o5>=20)&&(o5<30)){
    o5=0.3;
}
elseif ((o5>=30)&&(o5<40)){
    o5=0.4;
}
elseif ((o5>=40)&&(o5<50)){
    o5=0.5;
}
elseif ((o5>=50)&&(o5<60)){
    o5=0.6;
}
elseif ((o5>=60)&&(o5<70)){
    o5=0.7;
}
elseif ((o5>=70)&&(o5<80)){
    o5=0.8;
}
elseif ((o5>=80)&&(o5<90)){
    o5=0.9;
}
elseif ((o5>=90)&&(o5<=100)){
    o5=1.0;
}

if ((o6>=0)&&(o6<10)){
    o6=0.1;
}
elseif ((o6>=10)&&(o6<20)){
    o6=0.2;
}
elseif ((o6>=20)&&(o6<30)){
    o6=0.3;
}
elseif ((o6>=30)&&(o6<40)){
    o6=0.4;
}
elseif ((o6>=40)&&(o6<50)){
    o6=0.5;
}
elseif ((o6>=50)&&(o6<60)){
    o6=0.6;
}
elseif ((o6>=60)&&(o6<70)){
    o6=0.7;
}
elseif ((o6>=70)&&(o6<80)){
    o6=0.8;
}
elseif ((o6>=80)&&(o6<90)){
    o6=0.9;
}
elseif ((o6>=90)&&(o6<=100)){

```



```

    }
    elseif ((o9>=80)&&(o9<90)){
        o9=0.9;
    }
    elseif ((o9>=90)&&(o9<=100)){
        o9=1.0;
    }
}

if ((o10>=0)&&(o10<10)){
    o10=0.1;
}
elseif ((o10>=10)&&(o10<20)){
    o10=0.2;
}
elseif ((o10>=20)&&(o10<30)){
    o10=0.3;
}
elseif ((o10>=30)&&(o10<40)){
    o10=0.4;
}
elseif ((o10>=40)&&(o10<50)){
    o10=0.5;
}
elseif ((o10>=50)&&(o10<60)){
    o10=0.6;
}
elseif ((o10>=60)&&(o10<70)){
    o10=0.7;
}
elseif ((o10>=70)&&(o10<80)){
    o10=0.8;
}
elseif ((o10>=80)&&(o10<90)){
    o10=0.9;
}
elseif ((o10>=90)&&(o10<=100)){
    o10=1.0;
}
}

if ((o11>=0)&&(o11<10)){
    o11=0.1;
}
elseif ((o11>=10)&&(o11<20)){
    o11=0.2;
}
elseif ((o11>=20)&&(o11<30)){
    o11=0.3;
}
elseif ((o11>=30)&&(o11<40)){
    o11=0.4;
}
elseif ((o11>=40)&&(o11<50)){
    o11=0.5;
}
elseif ((o11>=50)&&(o11<60)){
    o11=0.6;
}
}

```

```

        elseif ((o11>=60)&&(o11<70)){
            o11=0.7;
        }
        elseif ((o11>=70)&&(o11<80)){
            o11=0.8;
        }
        elseif ((o11>=80)&&(o11<90)){
            o11=0.9;
        }
        elseif ((o11>=90)&&(o11<=100)){
            o11=1.0;
        }
    }
    if ((o12>=0)&&(o12<10)){
        o12=0.1;
    }
    elseif ((o12>=10)&&(o12<20)){
        o12=0.2;
    }
    }
    elseif ((o12>=20)&&(o12<30)){
        o12=0.3;
    }
    }
    elseif ((o12>=30)&&(o12<40)){
        o12=0.4;
    }
    }
    elseif ((o12>=40)&&(o12<50)){
        o12=0.5;
    }
    }
    elseif ((o12>=50)&&(o12<60)){
        o12=0.6;
    }
    }
    elseif ((o12>=60)&&(o12<70)){
        o12=0.7;
    }
    }
    elseif ((o12>=70)&&(o12<80)){
        o12=0.8;
    }
    }
    elseif ((o12>=80)&&(o12<90)){
        o12=0.9;
    }
    }
    elseif ((o12>=90)&&(o12<=100)){
        o12=1.0;
    }
}

if ((o13>=0)&&(o13<10)){
    o13=0.1;
}
elseif ((o13>=10)&&(o13<20)){
    o13=0.2;
}
}
elseif ((o13>=20)&&(o13<30)){
    o13=0.3;
}
}
elseif ((o13>=30)&&(o13<40)){
    o13=0.4;
}
}
elseif ((o13>=40)&&(o13<50)){

```

```

        o13=0.5;
    }
    elseif ((o13>=50)&&(o13<60)){
        o13=0.6;
    }
    elseif ((o13>=60)&&(o13<70)){
        o13=0.7;
    }
    elseif ((o13>=70)&&(o13<80)){
        o13=0.8;
    }
    elseif ((o13>=80)&&(o13<90)){
        o13=0.9;
    }
    elseif ((o13>=90)&&(o13<=100)){
        o13=1.0;
    }
}

if ((o14>=0)&&(o14<10)){
    o14=0.1;
}
elseif ((o14>=10)&&(o14<20)){
    o14=0.2;
}
}
elseif ((o14>=20)&&(o14<30)){
    o14=0.3;
}
elseif ((o14>=30)&&(o14<40)){
    o14=0.4;
}
elseif ((o14>=40)&&(o14<50)){
    o14=0.5;
}
elseif ((o14>=50)&&(o14<60)){
    o14=0.6;
}
elseif ((o14>=60)&&(o14<70)){
    o14=0.7;
}
elseif ((o14>=70)&&(o14<80)){
    o14=0.8;
}
elseif ((o14>=80)&&(o14<90)){
    o14=0.9;
}
elseif ((o14>=90)&&(o14<=100)){
    o14=1.0;
}
}

if ((o15>=0)&&(o15<10)){
    o15=0.1;
}
elseif ((o15>=10)&&(o15<20)){
    o15=0.2;
}
}
elseif ((o15>=20)&&(o15<30)){
    o15=0.3;
}

```

```

}
elseif ((o15>=30)&&(o15<40)){
    o15=0.4;
}
elseif ((o15>=40)&&(o15<50)){
    o15=0.5;
}
elseif ((o15>=50)&&(o15<60)){
    o15=0.6;
}
elseif ((o15>=60)&&(o15<70)){
    o15=0.7;
}
elseif ((o15>=70)&&(o15<80)){
    o15=0.8;
}
elseif ((o15>=80)&&(o15<90)){
    o15=0.9;
}
elseif ((o15>=90)&&(o15<=100)){
    o15=1.0;
}

if ((o16>=0)&&(o16<10)){
    o16=0.1;
}
elseif ((o16>=10)&&(o16<20)){
    o16=0.2;
}
elseif ((o16>=20)&&(o16<30)){
    o16=0.3;
}
elseif ((o16>=30)&&(o16<40)){
    o16=0.4;
}
elseif ((o16>=40)&&(o16<50)){
    o16=0.5;
}
elseif ((o16>=50)&&(o16<60)){
    o16=0.6;
}
elseif ((o16>=60)&&(o16<70)){
    o16=0.7;
}
elseif ((o16>=70)&&(o16<80)){
    o16=0.8;
}
elseif ((o16>=80)&&(o16<90)){
    o16=0.9;
}
elseif ((o16>=90)&&(o16<=100)){
    o16=1.0;
}

if ((o17>=0)&&(o17<10)){
    o17=0.1;
}

```

```

elseif ((o17>=10)&&(o17<20)){
    o17=0.2;
}
elseif ((o17>=20)&&(o17<30)){
    o17=0.3;
}
elseif ((o17>=30)&&(o17<40)){
    o17=0.4;
}
elseif ((o17>=40)&&(o17<50)){
    o17=0.5;
}
elseif ((o17>=50)&&(o17<60)){
    o17=0.6;
}
elseif ((o17>=60)&&(o17<70)){
    o17=0.7;
}
elseif ((o17>=70)&&(o17<80)){
    o17=0.8;
}
elseif ((o17>=80)&&(o17<90)){
    o17=0.9;
}
elseif ((o17>=90)&&(o17<=100)){
    o17=1.0;
}

if ((o20>=0)&&(o20<10)){
    o20=0.1;
}
elseif ((o20>=10)&&(o20<20)){
    o20=0.2;
}
elseif ((o20>=20)&&(o20<30)){
    o20=0.3;
}
elseif ((o20>=30)&&(o20<40)){
    o20=0.4;
}
elseif ((o20>=40)&&(o20<50)){
    o20=0.5;
}
elseif ((o20>=50)&&(o20<60)){
    o20=0.6;
}
elseif ((o20>=60)&&(o20<70)){
    o20=0.7;
}
elseif ((o20>=70)&&(o20<80)){
    o20=0.8;
}
elseif ((o20>=80)&&(o20<90)){
    o20=0.9;
}
elseif ((o20>=90)&&(o20<=100)){

```

```

                                o20=1.0;
                                }
if ((o21>=0)&&(o21<10)){
  o21=0.1;
}
elseif ((o21>=10)&&(o21<20)){
  o21=0.2;
}
  elseif ((o21>=20)&&(o21<30)){
    o21=0.3;
  }
  elseif ((o21>=30)&&(o21<40)){
    o21=0.4;
  }
  elseif ((o21>=40)&&(o21<50)){
    o21=0.5;
  }
  elseif ((o21>=50)&&(o21<60)){
    o21=0.6;
  }
  elseif ((o21>=60)&&(o21<70)){
    o21=0.7;
  }
  else if ((o21>=70)&&(o21<80)){
    d21=0.8;
  }
  else if ((o21>=80)&&(o21<90)){
    o21=0.9;
  }
  elseif ((o21>=90)&&(o21<=100)){
    o21=1.0;
  }

if ((o22>=0)&&(o22<10)){
  o22=0.1;
}
elseif ((o22>=10)&&(o22<20)){
  o22=0.2;
}
}
  elseif ((o22>=20)&&(o22<30)){
    o22=0.3;
  }
  elseif ((o22>=30)&&(o22<40)){
    o22=0.4;
  }
  elseif ((o22>=40)&&(o22<50)){
    o22=0.5;
  }
  elseif ((o22>=50)&&(o22<60)){
    o22=0.6;
  }
  elseif ((o22>=60)&&(o22<70)){
    o22=0.7;
  }
  elseif ((o22>=70)&&(o22<80)){
    o22=0.8;
  }

```

```

    }
    elseif ((o22>=80)&&(o22<90)){
        o22=0.9;
    }
    elseif ((o22>=90)&&(o22<=100)){
        o22=1.0;
    }
}
if ((o23>=0)&&(o23<10)){
    o23=0.1;
}
elseif ((o23>=10)&&(o23<20)){
    o23=0.2;
}
elseif ((o23>=20)&&(o23<30)){
    o23=0.3;
}
elseif ((o23>=30)&&(o23<40)){
    o23=0.4;
}
elseif ((o23>=40)&&(o23<50)){
    o23=0.5;
}
elseif ((o23>=50)&&(o23<60)){
    o23=0.6;
}
elseif ((o23>=60)&&(o23<70)){
    o23=0.7;
}
elseif ((o23>=70)&&(o23<80)){
    o23=0.8;
}
elseif ((o23>=80)&&(o23<90)){
    o23=0.9;
}
elseif ((o23>=90)&&(o23<=100)){
    o23=1.0;
}
}

printf ("MATRIZ DIFERENCA DE PERTINENCIAS \n");
if((o1>=d1)&&(d1 != 0)){
    r1=1;
}
else if((o1<d1)&&(d1 != 0))
{
    r1=1+(o1-d1);
}
else {
    r1=8888;
}
if((o2>=d2)&&(d2 != 0)){
    r2=1;
}
else if((o2<d2)&&(d2 != 0))
{
    r2=1+(o2-d2);
}
}

```



```

        else {
            r2=8888;
        }
        if((o3>=d3)&&(d3 != 0)){
            r3=1;
        }
    else if((o3<d3)&&(d3 != 0))
        {
            r3=1+(o3-d3);
        }
        else {
            r3=8888;
        }
        if((o4>=d4)&&(d4 != 0)){
            r4=1;
        }
    else if((o4<d4)&&(d4 != 0))
        {
            r4=1+(o4-d4);
        }
        else {
            r4=8888;
        }
        if((o5>=d5)&&(d5 != 0)){
            r5=1;
        }
    else if((o5<d5)&&(d5 != 0))
        {
            r5=1+(o5-d5);
        }
        else {
            r5=8888;
        }
        if((o6>=d6)&&(d6 != 0)){
            r6=1;
        }
    else if((o6<d6)&&(d6 != 0))
        {
            r6=1+(o6-d6);
        }
        else {
            r6=8888;
        }
        if((o7>=d7)&&(d7 != 0)){
            r7=1;
        }
    else if((o7<d7)&&(d7 != 0))
        {
            r7=1+(o7-d7);
        }
        else {
            r7=8888;
        }
        if((o9>=d9)&&(d9 != 0)){
            r9=1;
        }

```

```

    }
else if((o9<d9)&&(d9 != 0))
    {
    r9=1+(o9-d9);
    }
    else {
        r9=8888;
    }
if((o10>=d10)&&(d10 != 0)){
    r10=1;
}
else if((o10<d10)&&(d10 != 0))
    {
    r10=1+(o10-d10);
    }
    else {
        r10=8888;
    }
if((o11>=d11)&&(d11 != 0)){
    r11=1;
}
else if((o11<d11)&&(d11 != 0))
    {
    r11=1+(o11-d11);
    }
    else {
        r11=8888;
    }
if((o12>=d12)&&(d12 != 0)){
    r12=1;
}
else if((o12<d12)&&(d12 != 0))
    {
    r12=1+(o12-d12);
    }
    else {
        r12=8888;
    }
}
    if((o13>=d13)&&(d13 != 0)){
    r13=1;
}
else if((o13<d13)&&(d13 != 0))
    {
    r13=1+(o13-d13);
    }
    else {
        r13=8888;
    }
}
    if((o14>=d14)&&(d14 != 0)){
    r14=1;
}
else if((o14<d14)&&(d14 != 0))
    {
    r14=1+(o14-d14);
    }
}

```

```

        else {
            r14=8888;
        }
        if((o15>=d15)&&(d15 != 0)){
            r15=1;
        }
    else if((o15<d15)&&(d15 != 0))
        {
            r15=1+(o15-d15);
        }
        else {
            r15=8888;
        }
        if((o16>=d16)&&(d16 != 0)){
            r16=1;
        }
    else if((o16<d16)&&(d16 != 0))
        {
            r16=1+(o16-d16);
        }
        else {
            r16=8888;
        }
        if((o17>=d17)&&(d17 != 0)){
            r17=1;
        }
    else if((o17<d17)&&(d17 != 0))
        {
            r17=1+(o17-d17);
        }
        else {
            r17=8888;
        }
        if((o20>=d20)&&(d20 != 0)){
            r20=1;
        }
    else if((o20<d20)&&(d20 != 0))
        {
            r20=1+(o20-d20);
        }
        else {
            r20=8888;
        }
        if((o21>=d21)&&(d21 != 0)){
            r21=1;
        }
    else if((o21<d21)&&(d21 != 0))
        {
            r21=1+(o21-d21);
        }
        else {
            r21=8888;
        }
        if((o22>=d22)&&(d22 != 0)){
            r22=1;
        }

```

```

    }
else if((o22<d22)&&(d22 != 0))
    {
    r22=1+(o22-d22);
    }
    else {
        r22=8888;
    }
    if((o23>=d23)&&(d23 != 0)){
    r23=1;
    }
else if((o23<d23)&&(d23 != 0))
    {
    r23=1+(o23-d23);
    }
    else {
        r23=8888;
    }
printf ("INDICE FUZZY PARA OS 20 ITENS: \n 1-%.2f\n 2-%.2f\n 2-%.2f\n 4-%.2f\n 5-%.2f\n 6-%.2f\n 7-%.2f\n 9-%.2f\n 10-%.2f\n 11-%.2f\n 12-%.2f\n 13-%.2f\n 14-%.2f\n 15-%.2f\n 16-%.2f\n 17-%.2f\n 20-%.2f\n 21-%.2f\n 22-%.2f\n 23-%.2f\n\n", r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7, r9, r10, r11, r12, r13, r14, r15, r16, r17, r20, r21, r22, r23);

printf ("MATRIZ RELACIONAMENTO DE PERTINENCIAS \n");
if((o1>=d1)&&(d1 != 0)){
    rr1=1;
    }
else if((o1<d1)&&(d1 != 0))
    {
    rr1=(o1/d1);
    }
    else {
        rr1=8888;
    }
    if((o2>=d2)&&(d2 != 0)){
    rr2=1;
    }
else if((o2<d2)&&(d2 != 0))
    {
    rr2=(o2/d2);
    }
    else {
        rr2=8888;
    }
    if((o3>=d3)&&(d3 != 0)){
    rr3=1;
    }
else if((o3<d3)&&(d3 != 0))
    {
    rr3=(o3/d3);
    }
    else {
        rr3=8888;
    }
    if((o4>=d4)&&(d4 != 0)){

```

```

        rr4=1;
    }
else if((o4<d4)&&(d4 != 0))
    {
        rr4=(o4/d4);
    }
    else {
        rr4=8888;
    }
if((o5>=d5)&&(d5 != 0)){
    rr5=1;
}
else if((o5<d5)&&(d5 != 0))
    {
        rr5=(o5/d5);
    }
    else {
        rr5=8888;
    }
if((o6>=d6)&&(d6 != 0)){
    rr6=1;
}
else if((o6<d6)&&(d6 != 0))
    {
        rr6=(o6/d6);
    }
    else {
        rr6=8888;
    }
if((o7>=d7)&&(d7 != 0)){
    rr7=1;
}
else if((o7<d7)&&(d7 != 0))
    {
        rr7=(o7/d7);
    }
    else {
        rr7=8888;
    }
}
if((o9>=d9)&&(d9 != 0)){
    rr9=1;
}
else if((o9<d9)&&(d9 != 0))
    {
        rr9=(o9/d9);
    }
    else {
        rr9=8888;
    }
}
if((o10>=d10)&&(d10 != 0)){
    rr10=1;
}
else if((o10<d10)&&(d10 != 0))
    {
        rr10=(o10/d10);
    }

```

```

    }
    else {
        rr10=8888;
    }
    if((o11>=d11)&&(d11 != 0)){
        rr11=1;
    }
    else if((o11<d11)&&(d11 != 0))
    {
        rr11=(o11/d11);
    }
    else {
        rr11=8888;
    }
    if((o12>=d12)&&(d12 != 0)){
        rr12=1;
    }
    else if((o12<d12)&&(d12 != 0))
    {
        rr12=(o12/d12);
    }
    else {
        rr12=8888;
    }
    if((o13>=d13)&&(d13 != 0)){
        rr13=1;
    }
    else if((o13<d13)&&(d13 != 0))
    {
        rr13=(o13/d13);
    }
    else {
        rr13=8888;
    }
    if((o14>=d14)&&(d14 != 0)){
        rr14=1;
    }
    else if((o14<d14)&&(d14 != 0))
    {
        rr14=(o14/d14);
    }
    else {
        rr14=8888;
    }
    if((o15>=d15)&&(d15 != 0)){
        rr15=1;
    }
    else if((o15<d15)&&(d15 != 0))
    {
        rr15=(o15/d15);
    }
    else {
        rr15=8888;
    }
    if((o16>=d16)&&(d16 != 0)){

```

```

        rr16=1;
    }
else if((o16<d16)&&(d16 != 0))
    {
        rr16=(o16/d16);
    }
    else {
        rr16=8888;
    }
if((o17>=d17)&&(d17 != 0)){
    rr17=1;
}
else if((o17<d17)&&(d17 != 0))
    {
        rr17=(o17/d17);
    }
    else {
        rr17=8888;
    }
if((o20>=d20)&&(d20 != 0)){
    rr20=1;
}
else if((o20<d20)&&(d20 != 0))
    {
        rr20=(o20/d20);
    }
    else {
        rr20=8888;
    }
}
    if((o21>=d21)&&(d21 != 0)){
        rr21=1;
    }
else if((o21<d21)&&(d21 != 0))
    {
        rr21=(o21/d21);
    }
    else {
        rr21=8888;
    }
}
    if((o22>=d22)&&(d22 != 0)){
        rr22=1;
    }
else if((o22<d22)&&(d22 != 0))
    {
        rr22=(o22/d22);
    }
    else {
        rr22=8888;
    }
}
if((o23>=d23)&&(d23 != 0)){
    rr23=1;
}
else if((o23<d23)&&(d23 != 0))
    {
        rr23=(o23/d23);
    }

```

```
    }
    else {
        rr23=8888;
    }
    printf ("INDICE FUZZY PARA OS 20 ITENS: \n 1-%.2f\n 2-%.2f\n 2-%.2f\n 4-%.2f\n 5-%.2f\n 6-%.2f\n 7-%.2f\n 9-%.2f\n 10-%.2f\n 11-%.2f\n 12-%.2f\n 13-%.2f\n 14-%.2f\n 15-%.2f\n 16-%.2f\n 17-%.2f\n 20-%.2f\n 21-%.2f\n 22-%.2f\n 23-%.2f\n\n", rr1, rr2, rr3, rr4, rr5, rr6, rr7, rr9, rr10, rr11, rr12,rr13, rr14, rr15, rr16, rr17, rr20, rr21, rr22, rr23);

    system("PAUSE");
    return 0;
}
```