

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

UM MODELO PARA AVALIAR A SATISFAÇÃO DOS DISCENTES EM RELAÇÃO AO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA

por

Vanussa Braga Rezende Dutra.

Dissertação para obtenção do Título de
Mestre em Modelagem Computacional.

Rio Grande, março, 2017.

Ficha catalográfica

D978m Dutra, Vanussa Braga Rezende.
Um modelo para avaliar a satisfação dos discentes em relação ao curso de graduação em Matemática / Vanussa Braga Rezende Dutra. – 2017.
88 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 Dias de Mattos.

1. Satisfação 2. Matemática 3. Análise fatorial 4. Controladores Fuzzy I. Mattos, Viviane Leite Dias de II. Título.

CDU 004:51

Vanussa Braga Rezende Dutra

“ Um Modelo para Avaliar a Satisfação dos Discentes em Relação a Cursos de Graduação em Matemática”

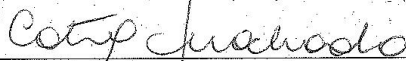
Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área concentração: Modelagem Computacional.

Aprovada em

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Viviane Leite Dias de Mattos
Orientadora – FURG



Prof^a. Dr^a. Catia Maria dos Santos Machado
FURG

FURG



Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia Marques de Figueiredo
UCPEL

Dedico esse trabalho à memória de minha avó (mãe), falecida em outubro de 2015, que sempre considerou o estudo fundamental para o desenvolvimento de uma pessoa.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ter me dado forças para nunca desistir dessa trajetória.

À minha família, pelo apoio oferecido, em especial a minha filha, a pequena Sophia, que trouxe tanta luz para a minha vida, um amor especial. Peço desculpas, minha filha, pelos momentos de ausência, mas sempre estiveste presente em meu pensamento e no meu coração.

Ao meu pai, principalmente nesta etapa final por ser meu companheiro.

À minha companheira maior, Prof.^a. Dr.^a. Viviane Leite Dias de Mattos, por seu apoio e amizade, além de sua dedicação, competência e compreensão durante os momentos mais difíceis.

Agradeço aos demais professores do Programa de Mestrado em Modelagem Computacional, pelos ensinamentos e aos colegas pelos momentos de estudo coletivo que foram de extrema importância para o meu aprendizado.

Agradeço a todos os envolvidos na pesquisa, professores e estudantes, que se disponibilizaram a participar.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

RESUMO

A pesquisa consistiu em desenvolver um modelo que tem a finalidade de mensurar o nível de satisfação dos discentes de cursos de graduação em Matemática. Inicialmente foi realizada uma extensa revisão de literatura e, com base principalmente em três trabalhos, foi elaborado um instrumento preliminar, composto por 35 declarações. Este instrumento passou por um processo de validação de conteúdo, envolvendo discentes e docentes, que possibilitou a elaboração de sua primeira versão, composta por 27 itens. Posteriormente, o instrumento foi aplicado em 142 estudantes de duas IES, com a finalidade de realizar a validação de construto. Neste processo foi aplicada a técnica estatística Análise Fatorial, que utilizou os métodos dos Componentes Principais e dos Eixos Principais, este último com a rotação Varimax, para a identificação e extração dos fatores. Foi possível identificar quatro fatores que conseguem explicar 68,98% da variância, o que foi considerado bom. No final desse processo o instrumento ficou composto por 19 itens. Este procedimento foi acompanhado de uma análise de confiabilidade, por meio do coeficiente alfa de Cronbach, que apresentou também resultados satisfatórios. O escore da satisfação, calculado pela diferença do valor atribuído pelos respondentes para a qualidade do serviço oferecido e a importância do mesmo, foi determinado por meio dos controladores fuzzy. Esse modelo passou por uma primeira análise de qualidade, onde foi utilizada a Análise de Regressão Múltipla, sendo a qualidade do ajuste investigada pelo coeficiente de determinação, teste F e análise dos resíduos. Finalizando, foi realizada uma análise gráfica dos resíduos. A partir das análises realizadas, o modelo encontrado pode ser considerado de boa qualidade.

Palavras-chave: Satisfação. Matemática. Análise Fatorial. Controladores Fuzzy.

ABSTRACT

The research consisted of developing a model that has the purpose of measuring the level of satisfaction of undergraduate students in Mathematics. Initially an extensive literature review was carried out and, based mainly on three papers, a preliminary instrument was elaborated, consisting of 35 declarations. This instrument underwent a content validation process involving students and teachers that enabled the elaboration of the first version of the instrument (composed of 27 items). Subsequently, the instrument was applied to 142 students from two HEIs, with the purpose of performing the construct validation. In this process was applied the statistical technique Factor Analysis, which used the methods of the Principal Components and the Principal Axes, with the Varimax rotation, for the identification and extraction of the factors. It was possible to identify four factors that can explain 68.98% of the variance, which was considered good. At the end of this process the instrument was composed of 19 items. This procedure was accompanied by a reliability analysis using the Cronbach alpha coefficient, which also presented satisfactory results. The satisfaction score, calculated by the difference of the value attributed by the respondents to the service quality offered and the importance of the service was determined through the fuzzy controllers. This model underwent a first quality analysis, where the Multiple Regression Analysis was used, the adjustment being investigated by the coefficient of determination, correlation and test F. A graphic analysis of the residues was finalized. Considering the analyzes performed, the model presented a good index of quality

Keywords: Satisfaction. Mathematics. Factor analysis. Fuzzy Controllers.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Apresentação do tema.....	15
1.2. Caracterização do problema e justificativa.....	17
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo Geral.....	17
1.3.2. Objetivos Específicos.....	18
1.4. Estrutura do texto.....	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 Estudos Similares.....	19
2.2. Controladores Fuzzy.....	20
2.2.1. Fuzzificação.....	20
2.2.2. Inferência.....	22
2.2.3. Defuzzificação.....	23
2.3. Análise Fatorial.....	23
2.3.1. Decomposição da variância.....	31
2.3.2. Teste de Esfericidade de Bartlett (AIC)	33
2.3.3. Coeficiente de Adequação da Amostra Kaiser- Meyer-Okim (KMO)	34
2.3.4. SreeePlot.....	34
2.3.5. Método dos Componentes Principais (PC)	34
2.3.5.1. Cálculo dos autovalores.....	35
2.3.5.2. Cálculo dos autovetores.....	37
2.3.6. Método dos Eixos Principais (PAF)	38
2.4. Regressão Linear Múltipla.....	38
2.4.1. Avaliação da qualidade do Modelo.....	45
3. METODOLOGIA.....	46
3.1. Instrumento Preliminar.....	46
3.2. Validação de Conteúdo.....	46
3.3. Validação de Construto.....	47
3.4. Análise de confiabilidade.....	48
3.5. Escore da satisfação.....	48
4. RESULTADOS.....	52
4.1. Instrumento Preliminar.....	52

4.2. Primeira Versão do Instrumento.....	54
4.3. Versão Final do Instrumento.....	54
4.3.1. Caracterização da Amostra.....	54
4.3.2. Análise Exploratória de Dados.....	56
4.3.3. Análise Fatorial.....	59
4.3.3.1. Análise dos Componentes Principais.....	59
4.3.3.2. Análise dos Eixos Principais.....	62
4.4. O Modelo.....	65
4.4.1. Avaliação da Qualidade do Modelo.....	66
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE 1 - Instrumento Preliminar.....	76
APÊNDICE 2 - Termo de consentimento Livre e Esclarecido.....	80
APÊNDICE 3 - Primeira versão do Instrumento.....	82
APÊNDICE 4 - Versão final do Instrumento.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Modelo de um Controlador Fuzzy	20
Figura 2.2 Representação gráfica de funções de pertinência	21
Figura 2.3 Representação do modelo fatorial	24
Figura 4.1 Boxplots para as pontuações obtidas a variável importância por item	58
Figura 4.2 ScreePlot obtido no desenvolvimento do PC	61
Figura 4.3 Mapa cognitivo da satisfação	66
Figura 4.4 Histograma dos resíduos	68
Figura 4.5 Gráfico de probabilidade normal dos resíduos	68
Figura 4.6 Boxplot dos resíduos	69
Figura 4.7 Gráfico de dispersão entre os resíduos e valores observados	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Cálculo da estatística F para a avaliação da qualidade de um modelo de regressão	42
Tabela 4.1 Declarações utilizadas no instrumento preliminar e os instrumentos que as utilizaram	53
Tabela 4.2 Características sócio-bio-econômicas dos respondentes	55
Tabela 4.3 Características acadêmicas dos respondentes	56
Tabela 4.4 Características dos respondentes em relação ao Ensino Médio	56
Tabela 4.5 Resultado dos testes de normalidade	57
Tabela 4.6 Medidas resumo dos itens do instrumento	58
Tabela 4.7 Itens eliminados pela análise fatorial com o Método de Componentes Principais (PC)	60
Tabela 4.8 Coeficiente KMO e teste Esfericidade de Bartlett dos Componentes Principais	60
Tabela 4.9 Percentagem da Variância Explicada (PC)	61
Tabela 4.10 Itens eliminados pela análise fatorial pelo método dos Eixos Principais (PAF)	62
Tabela 4.11 Percentagem da Variância Explicada (PAF)	62
Tabela 4.12 Matriz Fatorial do Fator 1: recursos	63
Tabela 4.13 Matriz Fatorial do Fator 2: professor	63
Tabela 4.14 Matriz Fatorial do Fator 3: metodologia	64
Tabela 4.15 Matriz Fatorial do Fator 4: disciplinas	64
Tabela 4.16 Resultados da Análise da Variância	67
Tabela 4.17 Testes de normalidade dos resíduos	67

LISTA DE SÍMBOLOS

F'	Conjunto fuzzy
$\mu F'(X)$	Função de pertinência do conjunto fuzzy
$T(X)$	Termos linguísticos relacionados as funções de pertinência
$F'(a, u, b)$	Conjunto fuzzy triangular
U'	Universo de discurso
y	Saída discreta, obtida pela defuzzificação
CG_i	Centro de gravidade do i – ésimo conjunto fuzzy
A_i	Área do i – ésimo conjunto fuzzy
$X_1, X_2, \dots, X_i$	Variáveis observáveis até o seu i - ésimo item
$Y_1, Y_2, \dots, Y_i$	Variáveis observáveis até o seu i - ésimo item
A, B, A'	Conjuntos de observações
F	Fator comum
$a_1, a_2, \dots, a_n$	Cargas fatoriais relacionadas aos fatores comuns até sua n – ésima- carga
$U_1, U_2, \dots, U_n$	Fatores específicos
$d_1, d_2, \dots, d_n$	Cargas fatoriais relacionadas aos fatores específicos até sua n – ésima- carga
μ	Média aritmética
$E(X)$	Valor esperado da variável observável X
$E(Y)$	Valor esperado da variável observável Y
h^2	Comunalidades
N	Número de observações
$Var(X)$	Variância da variável observável X
$Cov(X, Y)$	Covariância entre as variáveis observadas X e Y
ZX_i	Padronização de X até sua i –ésima observação
σ_X	Desvio - padrão das observações da variável X
R_{XY}	Coeficiente de correlação Produto - Momento de Person
$R(Z_X)$	Coeficiente de correlação Produto - Momento de Person em sua forma padronizada
σ^2_1	Variância comum relacionada a variável 1
s^2_1	Variância específica relacionada a variável 1
e^2_1	Variância associada ao erro relacionada a variável 1
d^2_i	Soma da variância específica com a variância associada ao erro até seu i ésimo elemento

u_i^2	Unicidade até a i -ésima observação
P_i	Precisão até a i -ésima observação
c	Constante qualquer
H_0	Hipótese nula
H_1	Hipótese alternativa
R	Matriz de correlações
$ R $	Determinante da matriz de correlações
r^{2ij}	Quadrado dos elementos da matriz de correlação original
q^{2ij}	Quadrado dos elementos fora da diagonal da matriz anti – imagem da correlação
λ	Escalar, autovalor
V	Matriz vetor associada aos autovalores
I	Matriz identidade
L	Matriz resultante do produto da matriz I pelo escalar autovalor λ
R^2_e	Quadrado das correlações múltiplas
X	Variável independente ou explicativa
Y	Variável dependente ou resposta
Y_i	i -ésimo valor da variável dependente Y
g	Função matemática
e_i	i –ésimo valor associado ao erro ou resíduo
X_i	i -ésimo valor da variável independente X
$E(Y/X_i)$	Valor esperado para a variável Y , dado X_i
β_j	j -ésimo parâmetro da função de regressão
X_{ij}	i -ésimo valor da j -ésima variável independente X
σ^2	Variância
S	Função matemática
N	Quantidade de observações
∂	Derivada parcial
$\hat{\beta}_j$	Estimativa do j -ésimo parâmetro da função de regressão
$\hat{\sigma}^2$	Estimativa da variância
$\bar{Y}$	Média das observações da variável dependente Y
$\hat{Y}_i$	Valor predito para a i -ésima observação
d_i	Desvio do valor observado em relação a sua média aritmética

r_i	Desvio do valor predito pelo modelo e média aritmética das observações de Y
R^2	Coeficiente de determinação
$R^2_{\text{corrigido}}$	Coeficiente de determinação corrigido
X_0	vetor $N \times 1$ de valores iguais a um
X_1	vetor $N \times 1$ com os valores da variável X
X	Matriz com os valores das variáveis X
β	vetor com os parâmetros desconhecidos do modelo
Y	vetor com os valores da variável Y
Y'	Transposta do vetor Y
X'	Transposta da matriz X
$(X'X)^{-1}$	Inverso da matriz $(X'X)$
SQ	Soma de quadrados
df	Graus de liberdade
MQ	Quadrado médio
F	Estatística da distribuição de Snedecor – Fisher
x_i	Contribuição do i -ésimo item à mensuração da satisfação
p_i	Peso atribuído ao i -ésimo fator
m	Quantidade de fatores, sendo $i = 1, 2, \dots, m$;
v_i	Porcentagem explicada da variância do i -ésimo fator de acordo com a AF
f_i	i – ésimio fator
p	P – valor
r_{it}	Correlação item – total
f_1	Fator 1: Recursos Humanos e Materiais
f_2	Fator 2: Professor
f_3	Fator 3: Metodologia
f_4	Fator 4: Disciplinas
$dif_1, dif_2, \dots, dif_{26}$	Diferença entre os itens que compõe o instrumento após a AF
$E(y)$	Valor esperado para a satisfação

LISTA DE ABREVIATURAS

TCLE	Termo de consentimento Livre e Esclarecido
OCD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
IES	Instituições de Ensino Superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
AIC	Teste de Esfericidade de Bartlett
KMO	Coeficiente de Adequação a Amostra Kaiser – Meyer - Okim
AF	Análise Fatorial
PC	Método dos Componentes Principais
PAF	Método dos Eixos Principais
MMQ	Método dos Mínimos Quadrados
VD	Variável Dependente
VI	Variável Independente
N	Distribuição de Probabilidade Normal
iid	Independentes e identicamente distribuídos

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Vários estudos, alguns dos quais citados ao longo deste texto, apontam para o fato de que a educação tem sido um problema em nosso país, apresentando baixos índices de rendimento escolar. Segundo Munhoz (2015), o Brasil ocupa a 60ª posição entre os 76 países listados no ranking mundial de educação, elaborado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), ficando atrás de países como: Tailândia, Irã e Malásia, o que evidencia a má qualidade do ensino.

No Ensino Superior este contexto não é diferente, principalmente nos cursos relacionados à área de Ciências Exatas, como Engenharias, Física e Matemática, onde são obtidos altos índices de reprovação e evasão já no primeiro semestre. Rodriguez, Meneguethi e Poffal (2015) realizaram um estudo do perfil dos acadêmicos de um curso de Matemática Aplicada visando compreender o baixo rendimento dos acadêmicos. Identificaram que os estudantes desse curso são predominantemente do gênero feminino e com idade inferior a 20 anos, concluíram o ensino médio regular e em escola pública e acreditam que as dificuldades durante a graduação ocorreram devido a falhas na educação do ensino médio. Para contornar o problema, os autores elaboraram uma proposta de criação de ênfases na formação, agregando maneiras alternativas de complementar a formação básica dos discentes, além de propiciar a inserção em atividades relacionadas a desenvolvimento de projetos de iniciação científica, ensino e extensão. Essas iniciativas possuem o intuito de incentivar os estudantes a permanecerem no curso para serem encaminhados ao mercado de trabalho. Em continuidade, os autores pretendem investigar se os conteúdos citados pelos alunos como difíceis realmente são os mais complexos.

Um ensino de qualidade é fundamental não somente nas etapas inicial (Ensino Fundamental) e intermediária (Ensino Médio), mas também durante a graduação. As Instituições de Ensino Superior (IES) têm formado profissionais que não se adaptam ao mercado de trabalho, existindo falhas em sua formação teórica e nas atividades práticas oferecidas. Nesse contexto, Frutuoso (2013) afirmou que 70% dos jovens garantem não estar preparados para enfrentar o mundo corporativo. Eles acreditam não estar preparados, sob o ponto de vista técnico por responsabilidade da IES que não oferece disciplinas com conhecimentos práticos e próximos ao cotidiano de uma empresa.

Além disso, existe a preocupação governamental em incluir um maior número de estudantes na rede de ensino superior, visando um alcance maior da população. Pode-se observar através da divulgação da sinopse e dos microdados do Censo da Educação Superior, que houve um aumento de 6,8% no número de matrículas em cursos superiores no país, crescendo de 7,3 milhões, em 2013, para

7,8 milhões, em 2014 (INEP,2014). Entretanto, parece não existir a mesma preocupação com a qualidade de ensino oferecida pelas IES, nem pela satisfação dos estudantes em relação aos cursos que a mesma contempla. De acordo com Schleich, Polydoro e Santos (2006), em alguns países e no Brasil especialmente, existe um empenho por parte do governo em abrir mais vagas. Entretanto, de acordo com o autor, ainda falta este mesmo empenho para a adequação das instalações, das políticas educacionais e dos processos educativos à diversidade de características e de expectativas desta população. Assim, verifica-se que as IES, de modo geral, continuam oferecendo cursos padronizados, com currículos fechados, métodos de ensino ineficazes e instalações mínimas de apenas salas de aula, sem considerar a diversidade de características dos estudantes. Um outro estudo, na universidade do Minho em Portugal, realizado por Soares, Vasconcelos e Almeida (2002), também verificou a existência da facilidade de acesso ao ensino superior em Portugal, além da falta de preocupação com o êxito dos estudantes neste nível de ensino, o que caracteriza um cenário similar.

No processo educacional, também é de suma importância que a IES não se preocupe apenas com a formação específica do profissional, valorizando somente o desenvolvimento dos conteúdos do currículo escolar, mas com seu desenvolvimento pessoal, contribuindo também para o aprimoramento de valores morais e éticos. As atividades extracurriculares são especialmente indicadas para isto. Nesse sentido, Fior e Mercuri (2003) demonstraram a relevância das atividades não obrigatórias na formação de universitários, percebida por eles próprios como um diferencial para a sua vida pessoal e profissional.

A satisfação dos estudantes se relaciona diretamente com a qualidade dos serviços oferecidos pelas IES, ou seja, o acadêmico necessita usufruir de um ensino de qualidade, com professores qualificados profissionalmente, além de infraestruturas internas e externas e equipamentos adequados às suas necessidades. Pode-se entender que as IES oferecem um serviço (ensino) e os acadêmicos, como consumidores do serviço oferecido, avaliam a sua qualidade. Se a qualidade percebida supera a expectativa, eles se sentem satisfeitos e, por consequência, se tornam mais motivados para obter um melhor desempenho acadêmico.

Neste contexto, Sultan e Wong (2013) afirmam que as IES estão cada vez mais preocupadas em avançar no propósito de se tornarem competitivas na percepção de seus clientes, por meio da valorização de seus atributos inerentes ao serviço, principalmente no que diz respeito a qualidade de seus cursos e de sua infraestrutura. Portanto, para que as IES sejam competitivas e bem-sucedidas, elas devem realizar um trabalho de excelência na definição de estratégias para suas práticas.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Os estudos sobre a satisfação acadêmica têm despertado o interesse de muitos pesquisadores, que já desenvolveram vários estudos sobre o tema.

Porém, ainda se percebe a necessidade de pesquisas específicas sobre as peculiaridades do universo acadêmico, que possibilitem uma compreensão mais aprofundada do perfil do aluno, identificando suas características, vivências, desejos, necessidades e expectativas. Dentre os estudos realizados no Brasil, pode-se destacar o de Schleich, Polyloro e Santos (2006), que desenvolveram um instrumento para mensurar a satisfação dos discentes de uma universidade privada do interior de São Paulo, abrangendo uma variedade de aspectos relacionados ao curso, à instituição e às oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional, bem como os aspectos relacionais envolvidos no contexto acadêmico, pois ele tem que ser adequado ao contexto.

Entretanto, de acordo com Kotler (2006), a satisfação consiste em sensações de prazer ou desapontamento resultantes da comparação de desempenho percebido de um produto ou serviço em relação às expectativas dos consumidores. Essa definição permite constatar a subjetividade presente nesta variável e, com isso, sua dificuldade em mensurá-la, sugerindo a possibilidade de utilização da lógica fuzzy.

Em um levantamento de dados relativos a variáveis imprecisas (subjetivas), com a finalidade de diminuir o erro de mensuração, é especialmente indicada a utilização da lógica fuzzy, proposta por Zadeh em 1965, pois essa lógica é mais flexível, podendo ser utilizada quando a variável em estudo é subjetiva ou vaga.

Dessa forma, considerando que a satisfação discente pode ser encarada como um *feedback* da qualidade do processo de ensino aprendizagem, obter uma escala para mensurá-la pode ser de grande valia para um gestor que almeje a qualidade deste processo. Parte-se da premissa de que o conhecimento da satisfação discente permite a implementação de ações que podem contribuir para melhorar os índices de rendimento e evasão escolar. Ainda, pela subjetividade de seu conceito, a lógica fuzzy pode ser especialmente indicada para sua mensuração.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é o de desenvolver um instrumento para mensurar a satisfação dos estudantes de cursos de graduação em Matemática, encontrando um modelo que descreva como os alunos desse curso interpretam o ambiente acadêmico em que estão inseridos

1.3.2.Objetivos Específicos

Para atingir esse objetivo principal, os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- aprimorar os conhecimentos sobre a construção de escalas, satisfação, lógica fuzzy e técnicas estatísticas;
- validar um instrumento para medir satisfação;
- aprofundar os conhecimentos quanto aos *softwares* SPSS e *Fuzzy Tech*;
- avaliar a qualidade do modelo proposto;
- refletir sobre os achados, identificando suas contribuições para a melhoria da qualidade do ensino.

1.4 ESTRUTURA DO TEXTO

O presente texto está estruturado em cinco capítulos, caracterizados a seguir:

Capítulo 1 - apresenta o trabalho desenvolvido, justificando o tema escolhido, além de mostrar sua importância, a definição do problema, os objetivos e sua estruturação;

Capítulo 2 - trata da revisão de literatura. São apresentados os conteúdos relacionados a Lógica fuzzy, Análise Fatorial e Análise de Regressão;

Capítulo 3 - descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento do estudo, fazendo um relato da maneira como as diversas etapas do trabalho foram executadas;

Capítulo 4 - apresenta e discute os resultados encontrados;

Capítulo 5 - conclui o trabalho, manifestando as considerações finais com algumas recomendações para trabalhos futuros relacionados ao tema.

Além disso, são utilizados apêndices para apresentar algumas informações complementares.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUDOS SIMILARES

Após a revisão de literatura sobre a construção de escalas que possuem a finalidade de mensurar a satisfação, foram selecionados os trabalhos de cinco autores, descritos abaixo.

Soares, Vasconcelos e Almeida (2002), desenvolveram, em Portugal, um instrumento que tem a finalidade de mensurar a satisfação acadêmica. Esse instrumento, chamado de Questionário de Satisfação Acadêmica (QSA), é um questionário de auto-relato composto por 13 itens, que devem ser avaliados em uma escala que varia entre 1 (muito insatisfeito) e 5 (muito satisfeito). A escala utilizada foi do tipo Likert e as três dimensões consideradas na avaliação foram identificadas como social, institucional e curricular.

Schleich, Polydoro e Santos (2006) desenvolveram um outro instrumento para mensurar a satisfação discente, porém no Brasil. A pesquisa contou com uma amostra de 351 estudantes dos cursos de Administração, Ciência da Computação e Comunicação de uma universidade privada do interior de São Paulo. O instrumento foi composto por 35 itens, distribuídos em três dimensões a saber: satisfação com o curso, oportunidade de desenvolvimento e satisfação com a instituição.

Souza e Reinert (2010) realizaram uma pesquisa investigativa de caráter exploratório e descritivo sobre a satisfação e a insatisfação discente, abrangendo 356 discentes do curso de graduação em Administração, nas modalidades presencial e a distância, de uma universidade federal do Mato Grosso do Sul. Os itens considerados estavam relacionados a estrutura curricular, corpo docente, ambiente social, infraestrutura, características do curso e aspectos pessoais.

Bonici e Junior (2011) realizaram uma pesquisa para mensurar o nível de satisfação dos discentes em relação à disciplina *online* de Probabilidade e Estatística, da Universidade Cruzeiro do Sul. A amostra investigada foi composta por 450 discentes dos cursos de graduação nas áreas de Administração e Negócios e de Ciências Exatas e Tecnologias. O instrumento foi constituído de 57 itens, avaliados por escala do tipo Likert, onde 1 representava discordo totalmente e 5, concordo totalmente. Neste estudo, as dimensões identificadas foram: características do tutor, dos estudantes e da tecnologia, suporte e características da disciplina.

Cunha, Gomes e Beck (2016) desenvolveram estudo com o objetivo de verificar o impacto dos fatores propostos em um outro estudo (PASWAN e YOUNG, 2002), na satisfação geral dos discentes de curso de Ciências Contábeis em três universidades públicas de Santa Catarina. A amostra foi composta por 257 discentes e o instrumento por 40 itens, divididos em 6 fatores: envolvimento dos

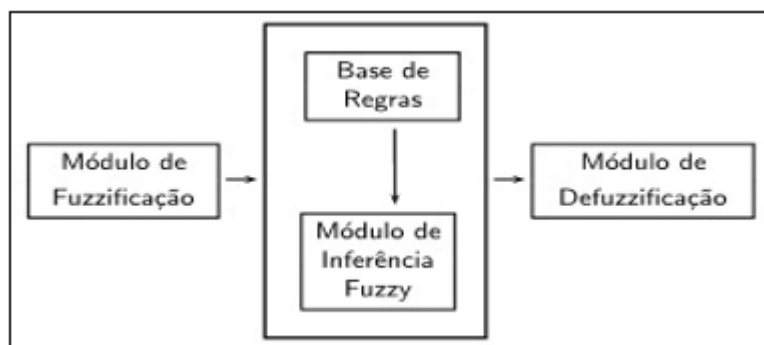
professores, interesse do estudante, interação estudante–professor, demandas do curso, organização do curso e satisfação geral.

Os cinco estudos selecionados foram desenvolvidos em diferentes contextos, com variadas especificidades, e identificaram diferentes itens e dimensões, evidenciando a necessidade de adaptação do instrumento que mensura a satisfação à população investigada. Ainda, a subjetividade do construto investigado sugere a utilização da métrica fuzzy em sua mensuração.

2.2 CONTROLADORES FUZZY

A lógica nebulosa pode ser utilizada para a implementação de controladores fuzzy, aplicados nos mais variados tipos de processos. A adoção de regras fuzzy e variáveis linguísticas oferece ao sistema de controle inúmeras vantagens, tais como: simplificação do modelo do processo; melhor tratamento das imprecisões inerentes aos sensores utilizados; facilidade na especificação das regras de controle em linguagem próxima à natural e facilidade de incorporação do conhecimento de especialistas humanos.

A operacionalização dos controladores fuzzy se divide em três etapas: fuzzificação, inferência e a defuzzificação. A estrutura geral de um sistema de inferência fuzzy, descrito a seguir, é mostrada na Figura 2.1.



Fonte: Barros e Bassanezi (2006).

Figura 2.1: Modelo de um Controlador Fuzzy

2.2.1 Fuzzificação

Essa etapa inicial consiste em realizar um mapeamento entre os valores numéricos das variáveis de entrada do controlador para graus de compatibilidade com conceitos linguísticos. A fuzzificação funciona como um pré-processamento de categorias ou classes de entrada com redução de valores a serem processados (BARROS, BASSANEZI, 2006).

Pode-se resumir os procedimentos que precisam ser realizados durante essa etapa em definir o universo de discurso, os termos linguísticos e suas respectivas funções de pertinência, o que normalmente é feito por especialistas.

Definição 2.1. Um conjunto fuzzy F' , definido no universo de discurso U' é representado conforme Eq. 2.1.

$$F' = \{(X, \mu_{F'}(X)) / X \in U'\} \quad (2.1)$$

Os elementos do conjunto são definidos por pares ordenados formados por $X \in U'$ e seus respectivos valores da função de pertinência.

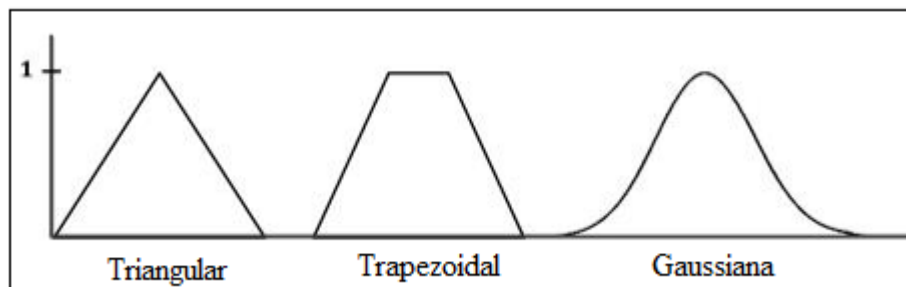
Definição 2.2. Variáveis linguísticas são palavras ou sentenças de uma linguagem representadas por conjuntos fuzzy. Por exemplo, considere a variável Satisfação (X). Suponha que essa variável pode assumir os valores linguísticos: Muito Baixa, Baixa, Alta e Muito Alta. Logo considerando essa variável, tem-se:

Variável linguística: Satisfação (X).

Termos linguísticos: $T(X) = \{\text{Muito Baixa, Baixa, Alta e Muito Alta}\}$.

O conjunto de valores assumidos pela variável linguística é denominado conjunto de termos linguísticos e representado por $T(X)$, sendo representados por conjuntos fuzzy definidos por suas respectivas funções de pertinência.

As funções de pertinência podem ter diferentes formas, dependendo do contexto em que serão utilizadas e do que se deseja representar. As mais utilizadas são: triangular, trapezoidal e gaussiana, apresentadas na Figura 2.2.



Fonte: Kohagura (2007).

Figura 2.2: Representação gráfica de funções de pertinência

No presente estudo optou-se por utilizar a função triangular na etapa de fuzzificação, por ser um modelo computacional mais simples e muito citado na literatura. Além disso, em um estudo sobre

a avaliação da satisfação de usuários de transporte público coletivo, Mattos e Coelho (2015) não encontraram evidências de diferença entre o desempenho da função triangular e o da função gaussiana no uso de controladores fuzzy.

Uma função de pertinência triangular pode ser definida da seguinte maneira: seja o conjunto fuzzy F' , representado por $F' = (a, u, b)$. Define-se a função de pertinência triangular conforme a Eq. 2.2.

$$\mu_{F'_X} = \begin{cases} 0, & \text{se } X \leq a \\ \frac{X-a}{u-a}, & \text{se } a < X \leq u \\ \frac{b-X}{b-u}, & \text{se } u \leq X < b \\ 0, & \text{se } X \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Concluída a etapa de fuzzificação, as variáveis e suas classificações linguísticas são catalogadas e modeladas por conjuntos fuzzy, o que foi feito por meio de funções de pertinência. Passa-se então para a etapa seguinte: a inferência.

2.2.2 Inferência

Nesta etapa cada proposição fuzzy está traduzida matematicamente por meio de técnicas da lógica fuzzy. São definidas as t-normas (mínimo), t-conormas (máximo) e regras de inferência, que são utilizadas para obter a relação fuzzy que modela a base de regras. Pode-se dizer que a inferência determina o grau de validade dos consequentes das regras e combina os resultados no conjunto fuzzy de saída (FALCÃO, 2002).

Essa etapa é fundamental para o sucesso do controlador fuzzy, já que ela fornece a saída (controle) fuzzy a ser adotada pelo controlador a partir de cada entrada fuzzy (BARROS, BASSANEZI, 2006).

A base de regras é uma coleção de regras do tipo “Se...então ...”, as quais podem ser expressas como Eq. 2.3:

$$\begin{array}{ccc} \text{Se } X_1 \text{ é } A_1 \text{ e } X_2 \text{ é } A_2 \text{ e } \dots \text{ e } X_n \text{ é } A_n, & \text{então } U_1 \text{ é } B_1 \text{ e } U_2 \text{ é } B_2 \text{ e } \dots \text{ e } U_m \text{ é } B_m & (2.3) \\ \xrightarrow{\hspace{1.5cm}} & & \xrightarrow{\hspace{1.5cm}} \\ \text{Antecedente} & & \text{Consequente} \end{array}$$

No presente estudo a base de regras é definida por especialistas, conforme a usual. O método de inferência utilizado neste estudo é o Método de Inferência de Mandani, o mais citado na literatura

consultada, que tem como base a regra de composição *Max-Min*, onde se adota o valor mínimo para a intersecção (*e*) e o valor máximo para a união (*ou*).

A última etapa dos controladores fuzzy é a defuzzificação.

2.2.3 Defuzzificação

De acordo com Rosa (2012), o processo de defuzzificação converte os conceitos linguísticos, resultantes do processo de inferência, em um valor numérico utilizado como saída do controlador fuzzy. O processo de defuzzificação é importante para permitir entender o significado de uma ação vaga e solucionar problemas entre regras que possam apresentar aspecto contraditório.

Para que esse processo ocorra, é preciso utilizar algum método de defuzzificação. Os métodos mais utilizados são:

- Método dos Máximos;
- Método Média dos Máximos;
- Método do Centroide.

Neste estudo, para a defuzzificação é utilizado o método do centroide, que também é conhecido por Centro de Gravidade ou Centro de Área. Ele transforma a saída fuzzy em saída discreta encontrando a média aritmética entre os centros de gravidade dos conjuntos fuzzy aos quais o elemento pertence, ponderados por uma área determinada a partir do grau de pertinência. A saída discreta obtida pela defuzzificação com este método é dada pela Eq. 2.4.

$$y = \frac{\sum_{i=1}^k CG_i A_i}{\sum_{i=1}^k A_i} \quad (2.4)$$

onde:

y : saída discreta;

k : quantidade de conjuntos fuzzy a que o elemento pertence;

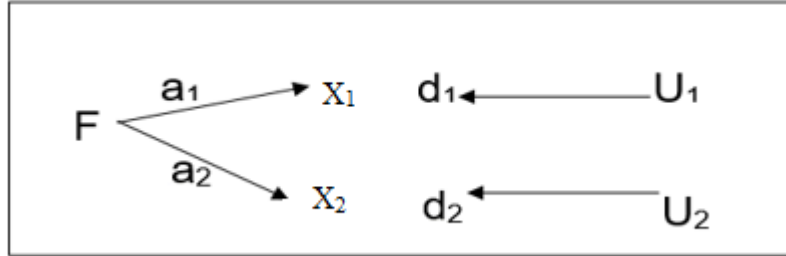
CG_i : centro de gravidade do i -ésimo conjunto fuzzy;

A_i : área do i -ésimo conjunto fuzzy.

2.3 ANÁLISE FATORIAL

A análise fatorial (AF) é definida como um conjunto de técnicas estatísticas que, em certas situações, permite “explicar” o comportamento de um número relativamente grande de variáveis observáveis em termos de um número pequeno de fatores (PASQUALI, 2005). Segundo o mesmo autor, se observarmos, duas variáveis, X_1 e X_2 , concatenadas, sendo essa relação expressa através da

correlação ou covariância, elas podem ser substituídas por um fator comum, F , em lugar de serem mencionadas individualmente. A Figura 2.3 ilustra essa situação.



Fonte: Pasquali (2005).

Figura 2.3: Representação do modelo fatorial

Considerando a Figura 2.3, as variáveis observáveis (X_1 e X_2) são aquelas explicadas por um número menor de variáveis hipotéticas e não-observáveis, que recebem o nome de fatores comuns (F). Existem também os fatores específicos, ou seja, não são comuns a nenhuma variável observável (U_1 e U_2). Os pesos são as cargas das variáveis observáveis em seus respectivos fatores. (a_1 , a_2 , d_1 e d_2). Esse modelo nos permite afirmar que as variáveis observáveis são combinações lineares entre fatores comum e fatores específicos, ou seja, resultam da soma de seus fatores, ponderados por seus respectivos pesos. A Eq. 2.5 e a Eq. 2.6 representam o modelo fatorial para as variáveis observáveis citadas.

$$X_1 = a_1F + d_1U_1 \quad (2.5)$$

$$X_2 = a_2F + d_2U_2 \quad (2.6)$$

Dessa forma, podemos dizer que os fatores comuns são combinações lineares das variáveis originais. Além disso, eles representam as dimensões latentes que resumem ou explicam o conjunto original de variáveis observáveis, conforme Eq. 2.7.

$$F = a_1X_1 + a_2X_2 \quad (2.7)$$

Na AF a covariância (Cov) entre o fator comum e os fatores exclusivos deve ser nula. Isso é uma consequência do próprio modelo que faz a distinção entre os fatores comuns, que podem ou não estar relacionados entre si, e os exclusivos, que por definição, não podem estar relacionados aos fatores

comuns e nem entre si. Com base no modelo fatorial apresentado na Fig. 2.3, tem-se a Eq. 2.8, a Eq. 2.9 e a Eq. 2.10.

$$Cov(F, U_1) = 0 \quad (2.8)$$

$$Cov(F, U_2) = 0 \quad (2.9)$$

$$Cov(U_1, U_2) = 0 \quad (2.10)$$

Consideremos uma variável observável X_i . Sua média aritmética, que representa a tendência central do conjunto de observações, é dada pelo quociente do somatório dos valores dessa variável pelo número de observações, representado na Eq. 2.11. A variância, uma medida de dispersão, é obtida pela soma dos quadrados dos desvios das observações da variável, relativamente à sua média, dividido pelo número de observações, conforme Eq. 2.12.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = E(X) \quad (2.11)$$

$$\text{Var}(X) = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad (2.12)$$

onde

μ : média aritmética;

X_i : i-ésima variável observável;

N : número de observações;

$E(X)$: valor esperado da variável X .

A covariância entre duas variáveis (X, Y) mede a associação entre elas, avaliando o comportamento dos afastamentos das observações em relação as suas respectivas médias, conforme Eq. 2.13.

$$Cov(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y)}{N} \quad (2.13)$$

onde $\mu_X = E(X)$ e $\mu_Y = E(Y)$.

Os valores obtidos nas observações (X , Y) podem ser transformados na variável padronizada Z , que representa o afastamento das observações em relação a sua média, expresso em unidades de desvio padrão.

Essa transformação para uma variável X ocorre conforme Eq. 2.14.

$$Z_{X_i} = \frac{X_i - \mu}{\sigma_X} \quad (2.14)$$

onde

X_i : i – ésima observação;

μ_X : média das observações da variável X ;

σ_X : desvio - padrão das observações da variável X , onde $\sigma(X) = \sqrt{Var(X)}$.

De acordo com Bello (2005), uma das propriedades da média diz que ao somar ou subtrair uma constante de um conjunto de observações, a sua média fica adicionada ou subtraída desta mesma constante. Logo, pode-se considerar que a média aritmética da variável Z fica subtraída de μ , sendo igual a zero.

Demonstração:

- i. Seja A um conjunto de observações definido como: $A = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$.
- ii. Subtraindo do conjunto A uma constante “ μ ”, obtemos um novo conjunto, denominado por B , representado na Eq. 2.15.

$$B = \{X_1 - \mu, X_2 - \mu, \dots, X_N - \mu\} \quad (2.15)$$

- iii. Sabe-se que a média do conjunto A é dada por Eq. 2.16.

$$\mu_A = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.16)$$

- iv. De maneira análoga à anterior, tem-se a média do conjunto B representada por Eq. 2.17.

$$\mu_B = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)}{N} \quad (2.17)$$

- v. Reescrevendo o somatório da Eq. 2.17, tem-se a Eq. 2.18.

$$\mu_B = \frac{\sum_{i=1}^N X_i - N\mu}{N} \quad (2.18)$$

vi. Reescrevendo a Eq. 2.18, obtém-se a Eq. 2.19.

$$\mu_B = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} - \frac{N\mu}{N} \quad (2.19)$$

vii. Realizando as devidas simplificações, obtém-se a Eq. 2.20.

$$\mu_B = \mu_A - \mu = \mu - \mu = 0 \quad (2.20)$$

Portanto, quando subtraímos a média de um conjunto de observações, sua média fica subtraída deste mesmo valor, tornando-se igual a zero.

Conforme Bello (2005), uma das propriedades da variância diz que ao somar ou subtrair uma constante de um conjunto de observações, a sua variância não se altera. Ainda segundo o mesmo autor, outra propriedade da variância diz que ao multiplicar ou dividir um conjunto de observações por uma constante, a sua variância fica multiplicada ou dividida pelo quadrado desta constante. Logo, pode-se considerar que a variância da variável Z como sendo igual a um.

De maneira análoga a média, pode-se provar que a variância de uma distribuição de probabilidade normal é igual a 1.

Demonstração da 1ª propriedade:

- i. Seja o conjunto de observações definido por A e representado por $A = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$.
- ii. Adicionando uma constante, “c”, obtemos um novo conjunto A' , representado pela Eq. 2.21.

$$A' = \{X_1 + c, X_2 + c, \dots, X_N + c\} \quad (2.21)$$

- iii. Sabemos que a média e a variância de A são representadas respectivamente por Eq. 2.22 e Eq. 2.23.

$$\mu_A = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.22)$$

$$Var(A) = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_A)^2}{N} \quad (2.23)$$

iv. Substituindo a Eq. 2.22 na Eq. 2.23, obtemos a Eq. 2.24.

$$Var(A) = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N})^2}{N} \quad (2.24)$$

v. De maneira análoga ao passo iii, representamos a média e a variância do conjunto A' por Eq. 2.25 e Eq. 2.26, respectivamente.

$$\mu_{A'} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i + c)}{N} \quad (2.25)$$

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i + c - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i + c)}{N})^2}{N} \quad (2.26)$$

vi. Reescrevendo a Eq. 2.26, obtemos a Eq. 2.27.

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i + c - \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} - \frac{Nc}{N})^2}{N} \quad (2.27)$$

vii. Realizando as simplificações necessários, obtemos a Eq. 2.28.

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i + c - \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} - c)^2}{N} \quad (2.28)$$

viii. Ainda, simplificando a Eq. 2.28, obtemos 2.29.

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N})^2}{N} \quad (2.29)$$

ix. Substituindo na Eq. 2.29 a média por μ , obtemos a Eq. 2.30.

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad (2.30)$$

Logo, percebemos que a variância do conjunto A' é a mesma do conjunto A , ou seja, sua variância não se altera adicionando uma constante.

Demonstração: 2º propriedade

- i. Consideremos um conjunto de observações e uma constante análogas à demonstração 1.
- ii. Temos o conjunto A , representado por $A = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$. Quando multiplicado por uma constante “ c ”, obtemos um novo conjunto representado por $A' = \{X_1c, X_2c, \dots, X_Nc\}$.
- iii. A variância de A' é dada por Eq.2.31.

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i c - \frac{\sum_{i=1}^N X_i c}{N})^2}{N} \quad (2.31)$$

- iv. Reescrevendo a Eq. 2.31, obtemos a Eq. 2.32.

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i c - c \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N})^2}{N} \quad (2.32)$$

- v. Colocando a constante em evidência, obtemos a Eq. 2.33.

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N [c(X_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N})]^2}{N} \quad (2.33)$$

- vi. A Equação 2.34 é obtida reescrevendo a Eq. 2.33.

$$Var(A') = \frac{\sum_{i=1}^N [c^2 (X_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N})^2]}{N} \quad (2.34)$$

- vii. Reescrevendo a Eq. 2.34, obtemos a Eq. 2.35.

$$Var(A') = \frac{c^2 \sum_{i=1}^N (X_i - \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N})^2}{N} = c^2 \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad (2.35)$$

- viii. Sabendo que a variância do conjunto A é representado pela Eq. 2.24 e realizando a substituição dessa equação na Eq. 2.35, obtemos a Eq. 2.36.

$$Var(A') = c^2 Var(A) \quad (2.36)$$

Portanto, demonstrou-se que se multiplicarmos por uma constante os elementos de um conjunto de observações, sua variância fica multiplicada pelo quadrado dessa constante.

Finalizando, para demonstrar que a variável padronizada Z possui desvio padrão igual a 1, considere uma variável X de média e desvio-padrão representados, respectivamente, por μ e σ , assume sua forma padronizada de acordo com a Eq. 2.37.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (2.37)$$

A média dessa variável padronizada será igual a zero, conforme Eq. 2.38.

$$\mu_Z = \mu \left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right) = \frac{\mu(X) - \mu(\mu)}{\sigma} = \mu - \mu = 0 \quad (2.38)$$

A variância de Z é representada pela Eq. 2.39.

$$Var(Z) = Var \left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right) = \frac{Var(X) - Var(\mu)}{\sigma} \quad (2.39)$$

Expandindo a Eq. 3.39, chegamos a 2.40.

$$Var(Z) = \frac{Var(X) - Var(\mu)}{\sigma^2} = \frac{Var(X) - 0}{\sigma^2} \quad (2.40)$$

Simplificando a Eq. 2.40, chegamos a Eq.2.41.

$$Var(Z) = \frac{\sigma^2}{\sigma^2} = 1 \quad (2.41)$$

Logo, a variável padronizada Z apresenta uma distribuição de probabilidade normal com média igual a zero e variância igual a 1, ou seja, $Z \sim N(0; 1)$.

Por outro lado, sabe-se que a média de uma variável aleatória é igual ao seu valor esperado, então em sua forma padronizada, temos a Eq. 2.42 e Eq. 243.

$$E(Z_X) = 0 \quad (2.42)$$

$$E(Z_Y) = 0 \quad (2.43)$$

Considerando os valores padronizados, a covariância apresentada na Eq. 2.13, assume a forma apresentada na Eq. 2.44.

$$Cov(XY) = \frac{\sum_{i=1}^N (ZX_i - E(Z_X))(ZY_i - E(Z_Y))}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N ZX_i \cdot ZY_i}{N} \quad (2.44)$$

No desenvolvimento de uma AF, constrói-se uma matriz de correlações que se caracteriza por ser uma matriz quadrada cujos elementos são as correlações entre as variáveis analisadas. Na diagonal principal todos os elementos são iguais a 1 (um), visto que cada variável é totalmente correlacionada com ela mesma.

A desvantagem de utilização da covariância como medida de associação entre variáveis é que seu resultado é afetado pela unidade de mensuração das variáveis envolvidas. Para contornar este problema, pode ser utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, representado pela Eq. 2.45.

$$R_{XY} = \frac{Cov(X,Y)}{Var(X)Var(Y)} \quad (2.45)$$

onde:

R_{XY} : coeficiente de Person;

$Cov(X,Y)$: covariância entre as variáveis observáveis X e Y;

$Var(X), Var(Y)$: variância das variáveis observáveis X e Y.

Os resultados desse coeficiente de correlação variam no intervalo [-1; +1] e podem facilmente ser interpretados. Quando o resultado encontrado for igual a ± 1 , diz-se que existe uma correlação perfeita. Entretanto, a adoção deste coeficiente está vinculada ao cumprimento de alguns pressupostos, como por exemplo, a normalidade dos dados. Quando são encontradas evidências de que os dados não apresentam distribuição normal, é aconselhada a utilização do coeficiente de correlação de Spearman. O coeficiente de Spearman é calculado de modo semelhante, mas a partir da posição ou posto dos elementos dentro do grupo pesquisado.

2.3.1 Decomposição da variância

Considerando a Eq. 2.46, a variância da variável X_I pode ser decomposta em três componentes: variância comum, variância específica e variância associada ao erro.

$$Var(X_1) = a_1^2 + s_1^2 + e_1^2 \quad (2.46)$$

onde:

$Var(X_1)$: variância da variável 1;

a_1^2 : variância comum da variável 1;

s_1^2 : variância específica da variável 1;

e_1^2 : variância associada ao erro da variável 1.

Generalizando, pode-se dizer que a i-ésima variável possui sua variância representada pela Eq. 2.47.

$$Var(X_i) = \sum_{j=1}^k (a_{ij})^2 + s_i^2 + d_i^2 \quad (2.47)$$

onde:

a_{ij} : representa a i-ésima variável do j-ésimo fator.

De acordo com Pasquali (2005), a variância total é igual a um. Podemos dizer também que ela se dá pela soma da comunalidade com a variância específica, ilustrada na Eq. 2.48.

$$Var(X_i) = h_i^2 + d_i^2 = 1 \quad (2.48)$$

onde:

h_i^2 : comunalidade;

d_i^2 : soma da variância específica e da variância erro.

Segundo Hair et al. (2005), a comunalidade é a quantia total de variância que uma variável original compartilhada com as demais variáveis que compõe a análise. Através da decomposição da variância podemos realizar uma série de equivalências entre comunalidade, variância específica, variância associada ao erro e precisão, entre outras.

A comunalidade é obtida pela diferença entre a variância total, que é igual a 1, e a soma da variância específica com seu erro aleatório, representada pela Eq. 2.49.

$$h_i^2 = 1 - (s_i^2 + e_i^2) \quad (2.49)$$

A precisão é dada pela variância total subtraída do erro aleatório, conforme Eq. 2.50.

$$P_i = 1 - e_i^2 \quad (2.50)$$

A variância específica é obtida através da diferença entre a precisão e a comunalidade, representada por Eq. 2.51.

$$s_i^2 = P_i - h_i^2 \quad (2.51)$$

A equação Eq. 2.52 representa a unicidade que pode ser a soma da variância específica com o erro aleatório ou a diferença entre a variância total e a comunalidade.

$$U_i^2 = s_i^2 + e_i^2 \quad (2.52)$$

Por último, tem-se o erro aleatório que é representado pela diferença entre a variância total e a precisão, representado pela Eq. 2.53.

$$e_i^2 = 1 - P_i \quad (2.53)$$

2.3.2 Teste de esfericidade de Bartlett (AIC)

Indica a adequação dos dados para a realização da AF, testando se a matriz de correlação é uma matriz identidade, o que indica que não existe correlação entre as diferentes variáveis. Procura-se para um nível de significância assumido, normalmente em 5%, rejeitar a hipótese nula (H_0) relativa à não existência de correlação entre as variáveis.

A estatística utilizada nesta testagem é calculada conforme a Eq. 2.54. Esta estatística tem que tem uma distribuição Qui-quadrado com graus de liberdade dado por $v = \frac{p(p-1)}{2}$.

$$X^2 = - \left[(N - 1) - \frac{2N+5}{6} \right] \ln|R| \quad (2.54)$$

onde:

N : tamanho da amostra;

p : número de variáveis;

$|R|$: determinante da matriz de correlações.

2.3.3 Coeficiente Kaiser – Meyer – Okim (KMO)

Esse coeficiente é um índice que tem a finalidade de avaliar a adequação da análise fatorial, sendo calculado através da Eq. 2.55.

$$KMO = \frac{\sum \sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum \sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum \sum_{i \neq j} q_{ij}^2} \quad (2.55)$$

onde:

r^2_{ij} :quadrado dos elementos da matriz de correlação original;

q^2_{ij} :quadrado dos elementos fora da diagonal da matriz anti-imagem da correlação.

A matriz anti-imagem da correlação fornece valores sobre a porção da variável que não apresenta comunalidade com as demais. Os valores do índice KMO que indicam se a AF é apropriada variam de autor para autor. Segundo Hair et al. (2005), são valores aceitáveis para este índice resultados entre 0,5 e 1,0. Resultados abaixo 0,5 indicam que a AF é inaceitável. Já os autores Kaiser e Rice (1974) afirmam que, para a adequação de ajuste de um modelo de AF, o valor de KMO deve ser superior a 0,8.

2.3.4 SreePlot

Outra técnica importante a ser aplicada no desenvolvimento de uma AF, é o *SreePlot*, que consiste na observação visual do gráfico dos autovalores (*eigenvalues*), no qual é apresentado o número de dimensões (eixo das abscissas) e seus autovalores correspondentes (eixo das ordenadas). De acordo com Pasquali (2005), esta análise consiste em descobrir onde os pontos que representam os componentes passam de uma inclinação acentuada para uma inclinação quase horizontal, restando aqueles componentes que se encontram à esquerda desse ponto. Por meio da análise do gráfico é possível observar a quantidade de fatores que apresentam maiores autovalores, sendo, portanto, responsáveis por uma maior variância explicada. É importante ressaltar que, na maioria das vezes, a identificação desse ponto é bastante subjetiva e ambígua.

2.3.5 Método dos componentes principais (PC)

Os componentes principais vêm do método matemático análise dos componentes, o qual constitui um método para transformar um conjunto de variáveis em outro conjunto, no qual as variáveis são independentes (ortogonais). Esta análise realizada pelo método dos componentes principais

acrescenta também a intenção de reduzir o número de variáveis e, mesmo assim, poder explicar a maior parte da variância das variáveis originais, retendo apenas os componentes principais (PASQUALI,2005).

Matematicamente, o instrumento que o PC utiliza para efetuar a decomposição ou transformação hierárquica das variáveis é conhecido por equação característica ou equação de *eigen value*, representada pela Eq. 2.56.

$$RV = \lambda V \quad (2.56)$$

onde:

R : matriz de correlações;

λ : escalar autovalor;

V : matriz vetor associada aos autovalores.

Igualando a Eq. 2.56 a zero e evidenciando V , obtemos a equação 2.57.

$$(R - \lambda)V = 0 \quad (2.57)$$

Entretanto, para que possamos realizar a operação de subtração entre duas matrizes (Eq. 2.57), essas matrizes devem possuir a mesma ordem. Para que a matriz escalar se transforme em uma matriz de mesma ordem da matriz R , multiplicamos o escalar λ pela matriz identidade I , ou seja, a matriz que tem sua diagonal principal igual a 1. Obtemos a Eq. 2.58.

$$(R - \lambda I)V = 0 \quad (2.58)$$

2.3.5.1 Cálculo dos autovalores

A resolução do determinante, representado pela Eq. 2.59, resolve o sistema linear homogêneo, que irá originar um polinômio característico, onde encontramos o valor dos autovalores.

$$\det(R - \lambda I) = 0 \quad (2.59)$$

A Eq. 2.59 trabalha com duas matrizes. A primeira se refere a matriz ajustada das correlações entre as variáveis (R), ou seja, uma matriz em que todas as caselas estão preenchidas. Neste método a

diagonal principal da matriz é completa com a variância de cada variável, ou seja, por 1. A outra matriz é a matriz identidade (I) que por sua vez, é multiplicada pelo escalar λ , que vai originar a matriz L . Essas duas matrizes, no caso da análise de componentes principais, apresentam-se conforme Eq. 2.60 e Eq. 2.61.

$$R: \begin{bmatrix} 1 & r_{12} \\ r_{21} & 1 \end{bmatrix} \quad (2.60)$$

$$I: \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.61)$$

Quando multiplicamos a matriz I pelo escalar λ , uma nova matriz L é construída, sendo representada por Eq. 2.62.

$$L: \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix}. \quad (2.62)$$

Substituindo a Eq. 2.60 e a Eq. 2.62 na Eq. 2.59, obtemos a Eq. 2.63.

$$\det \left(\begin{bmatrix} 1 & r_{12} \\ r_{21} & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \right) = 0 \quad (2.63)$$

Efetuando a operação de subtração entre as matrizes do determinante, resultamos na Eq. 2.64.

$$\det \begin{bmatrix} 1 - \lambda & r_{12} \\ r_{21} & 1 - \lambda \end{bmatrix} = 0 \quad (2.64)$$

Conforme o cálculo de determinantes para matrizes de ordem 2, é realizado pela diferença do produto da diagonal principal com o produto da diagonal secundária, representado pela Eq. 2.65.

$$[(1 - \lambda)(1 - \lambda)] - (r_{12} \cdot r_{21}) \quad (2.65)$$

Expandindo e agrupando a Eq. 2.65, temos a Eq. 2.66.

$$\lambda^2 - 2\lambda + (1 - r_{12}^2) = 0 \quad (2.66)$$

A Eq. 2.66 é uma equação do segundo grau, ou seja, vamos encontrar dois valores para o escalar λ . O maior autovalor representa o montante de variância explicada pelo primeiro componente ou eixo principal, o segundo maior autovalor representando a variância pelo segundo componente, e assim por diante. Para sabermos quanto cada componente explica da variância total das variáveis, temos que dividir o seu correspondente autovalor pelo número de variáveis, ou seja, λ / n .

2.3.5.2 Cálculo dos autovetores

O cálculo dos autovetores consiste em encontrar a solução do sistema linear homogêneo, representado pela Eq.2.67.

$$(R - \lambda I)V = 0, \quad (2.67)$$

onde:

R : matriz de correlações;

λ : autovalores;

V :matriz dos autovetores;

I : matriz identidade.

Na resolução da Eq. 2.66 encontramos dois valores para o escalar λ . Teremos também dois autovetores associados aos escalares, representados por V_1 e V_2 . Para encontrar os autovetores, definimos a matriz quadrada de ordem 2x2, representada por R , e a matriz quadrada de mesma ordem de R , denominada de L . Ambas representadas respectivamente por Eq. 2.68 e Eq. 2,69.

$$R = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad (2.68)$$

$$L = \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \quad (2.69)$$

Substituindo a Eq. 2.68 e a Eq. 2,69 na Eq. 2.67, obtemos a Eq. 2.70.

$$\left(\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = 0 \quad (2.70)$$

Realizando a subtração de matrizes, obtemos Eq. 2.71.

$$\begin{bmatrix} a - \lambda & b \\ c & d - \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = 0 \quad (2.71)$$

Como na etapa anterior, encontramos dois valores para os autovalores, bastando substituir o valor dos λ , para chegarmos aos autovetores (V_1 e V_2).

2.3.6 Método dos eixos principais (PAF)

O método dos eixos principais é o que mais se assemelha aos componentes principais, pois seus procedimentos são quase os mesmos. Apenas na diagonal principal da matriz R , o PAF substitui o valor um, encontrado no PC, por uma estimativa das comunalidades.

A estimativa mais utilizada para a comunalidade é o quadrado das correlações múltiplas, isto é, Re^2 , ou a correlação mais elevada da linha da matriz R . Feito isso, os procedimentos são os mesmos do PC e consistem em resolver a Eq.2.59.

Apesar desse método ser ainda muito utilizado, ele vem sendo substituído pelos quadrados mínimos, o qual consiste em minimizar as correlações residuais que subsistem após a extração de um certo número de fatores da matriz R .

Para verificar a fatorização, utilizamos o método que consiste na inspeção da matriz que resulta da diferença entre a matriz R das correlações iniciais e a matriz R_r (matriz de correlações entre as variáveis produzidas a partir da matriz fatorial *pattern*). O ideal é que essa matriz obtida pelas diferenças fosse igual a zero, ou seja, $R - R_r = 0$.

Os procedimentos para a extração de fatores pelo método dos mínimos quadrados, no caso do PAF, são resumidos em quatro etapas descritas abaixo:

1. obtenha as estimativas iniciais para as comunalidades através do quadrado das correlações múltiplas, isto é, Re^2 , ou a correlação mais elevada da linha da matriz R ;
2. hipotetize um número X de fatores e utilize o número dos componentes principais do PC. Em caso de dúvidas, iniciar com um fator ir aumentando até que a solução seja adequada, utilizando o critério $R - R_r = 0$ a cada passo;
3. utilizando a Eq.2.51, extraia os r fatores;
4. reestime as comunalidades a cada novo fator extraído, até que a diferença $R - R_r$ seja menor possível ou até que nenhum processo possa ser obtido.

2.4 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

De acordo com Corrar, Paulo e Dias Filho (2009), a análise de regressão consiste em determinar uma função matemática que busca descrever o comportamento de determinada variável, denominada

dependente, com base nos valores de uma ou mais variáveis, denominadas independentes. Este termo surgiu no século XIX, a partir dos trabalhos de Galton, que tentavam explicar certas características dos indivíduos a partir de algumas características de seus pais. O modelo matemático definido neste estudo foi aperfeiçoado e hoje ainda é usado em diversas áreas da ciência. Neste modelo, a relação entre duas variáveis identificadas por X , uma variável independente ou explicativa, e Y , uma variável dependente ou resposta, é descrita por um modelo linear conforme Eq. 2.72.

$$Y_i = g(X_i) + e_i \quad (2.72)$$

Isto significa que o comportamento de Y_i é explicado em parte por meio da função $g(X_i)$, existindo uma parte não captada por esta função, que é representada por e_i , relacionada ao chamado efeito aleatório não observável.

O modelo de regressão linear mais simples descreve o relacionamento entre as variáveis envolvidas por meio de uma reta, conforme Eq. 2.73.

$$E(Y/X_i) = g(X_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i \quad (2.73)$$

Para encontrar o valor predito associado a X_i , tem-se a Eq. 2.74.

$$Y_i = g(X_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i \quad (2.74)$$

onde e_i é iid, ou seja, os efeitos aleatórios são independentes e identicamente distribuídos, além de normalmente distribuídos ($e \sim N(0; \sigma^2)$). Além disto, estes erros não devem estar correlacionados.

Uma das maneiras de encontrar os parâmetros do modelo é através do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ). De acordo com este método, a melhor função que descreve o relacionamento entre variáveis é aquela que apresenta a menor soma dos quadrados dos desvios, entendendo-se por desvio o afastamento de um valor observado em relação ao valor esperado, conforme Eq. 2.75.

$$e_i = Y_i - E(Y/X_i) \quad (2.75)$$

Então, de acordo com o MMQ, define-se a Eq. 2.76.

$$S = \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (2.76)$$

onde n representa a quantidade de pares de valores $(X_i; Y_i)$ envolvidas no cálculo.

Substituindo a Eq. 2.75 e a Eq. 2.73 na Eq. 2.76, tem-se a Eq. 2.77.

$$S = \sum_{i=1}^N [Y_i - (\beta_0 - \beta_1 \cdot X_i)]^2 \quad (2.77)$$

Para encontrar ponto de máximo ou de mínimo de uma função, deve-se derivar a função e igualá-la a zero. Logo, a Eq. 2.77 deve ser derivada parcialmente, inicialmente em relação a β_0 , e posteriormente em relação a β_1 , conforme Eq. 2.78 e Eq. 2.79.

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_0} = 0 \quad (2.78)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = 0 \quad (2.79)$$

Considerando a Eq. 2.78, tem-se:

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_0} = 2 \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i - (\beta_0 + \beta_1 \cdot X_i))(-1) = 0 \quad (2.80)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_0} = -2 \sum_{i=1}^N Y_i + 2N\beta_0 + 2\beta_1 \sum_{i=1}^N X_i = 0 \quad (2.81)$$

$$-\sum_{i=1}^N Y_i + N\beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^N X_i = 0 \quad (2.82)$$

$$N\beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^N X_i = \sum_{i=1}^N Y_i \quad (2.83)$$

Considerando a Eq. 2.79, tem-se:

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = 2 \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i - (\beta_0 + \beta_1 \cdot X_i))(-X_i) = 0 \quad (2.84)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = -2 \sum_{i=1}^N Y_i \cdot X_i + 2\beta_0 \sum_{i=1}^N X_i + 2\beta_1 \sum_{i=1}^N X_i^2 = 0 \quad (2.85)$$

$$-\sum_{i=1}^N Y_i \cdot X_i + \beta_0 \sum_{i=1}^N X_i + \beta_1 \sum_{i=1}^N X_i^2 = 0 \quad (2.86)$$

$$\beta_0 \sum_{i=1}^N X_i + \beta_1 \sum_{i=1}^N X_i^2 = \sum_{i=1}^N Y_i \cdot X_i \quad (2.87)$$

A Eq. 2.86 e a Eq. 2.87 são usadas para construir um sistema de duas equações e duas incógnitas, β_0 e β_1 . Sua resolução permite encontrar os parâmetros da reta, definindo a Eq. 2.88.

$$E(Y/X_i) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i \quad (2.88)$$

Todo modelo de regressão possui uma variabilidade inerente que pode ser quantificado pela variância. Um modelo com grande variância indica que os valores observados ficam muito dispersos em relação à função encontrada. Uma estimativa desta variância pode ser encontrada pela Eq. 2.89.

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum \left(Y_i - E(Y/X_i) \right)^2}{N - 2} = \frac{\sum \left[Y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i) \right]^2}{N - 2} \quad (2.89)$$

Os estimadores dos parâmetros pelo método dos mínimos quadrados apresentam as seguintes propriedades, sob a hipótese da normalidade:

- $\hat{\beta}_0$ se distribui normalmente, ou seja, $\hat{\beta}_0 \sim N(\beta_0; \sigma_{\beta_0}^2)$, sendo $\sigma_{\beta_0}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \cdot \sigma^2$;
- $\hat{\beta}_1$ se distribui normalmente, ou seja, $\hat{\beta}_1 \sim N(\beta_1; \sigma_{\beta_1}^2)$, sendo $\sigma_{\beta_1}^2 = \frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$;
- $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ são não tendenciosos, consistentes e possuem variância mínima;
- $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$ se distribuem independentemente de $\hat{\sigma}^2$;
- $(N - 1) \cdot \hat{\sigma}^2 / \sigma^2$ possui distribuição qui-quadrado com $(N - 2)$ graus de liberdade.

Além disso, se $e_i \sim N(0; \hat{\sigma}^2)$, então se pode afirmar que $Y_i \sim N(\beta_0 + \beta_1 X_i; \sigma^2)$. Ainda, de acordo com Narula e Stangenhuis (1988), se as suposições sobre os erros se verificam, ou seja, eles

são independentes e possuem distribuição normal, o MMQ fornece estimadores de máxima verossimilhança para os parâmetros do modelo. Huber (1973), entretanto, evidencia a fragilidade das estimativas por MMQ diante de *outliers*.

Depois de estimar os parâmetros do modelo, deve-se avaliar a sua qualidade, o que pode ser feito de diferentes maneiras, embora todas partam dos valores dos desvios, que representam:

- $d_i = Y_i - \bar{Y}$, desvio do valor observado em relação à média aritmética, variação total;
- $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$, desvio do valor observado em relação ao modelo, variação não explicada;
- $r_i = \hat{Y}_i - \bar{Y}$, desvio do modelo em relação à média aritmética, variação explicada pelo modelo.

A análise da variância mede a adequação do modelo pela estatística F que testa a hipótese nula de todos os coeficientes do modelo serem nulos. Seu cálculo, descrito na Tabela 2.1, permite encontrar o *valor-p*. Se o resultado for pequeno, menor que o nível de significância adotado, normalmente de 0,05, considera-se ser o modelo significativo: pelo menos uma das variáveis independentes incluídas no modelo altera o valor esperado da resposta.

Tabela 2.1 – Cálculo da estatística F para avaliação da qualidade de um modelo de regressão

Fontes de variação	Soma de quadrados SQ	Graus de liberdade Df	Quadrado médio MQ	F
Total	$\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2$	$N - 1$		
Regressão	$\sum_{i=1}^N (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$	1	$\frac{SQ_{regressão}}{gl_{regressão}}$	$\frac{MQ_{regressão}}{MQ_{erro}}$
Erro	$\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2$	$N - 2$	$\frac{SQ_{erro}}{gl_{erro}}$	

Fonte: adaptada de Zar (1999).

Obs: Nas expressões utilizadas, N é a quantidade de condições observações Y_i é a i -ésima observação; $\bar{Y}$ é a média das observações; $\hat{Y}_i$ é o valor predito para a i -ésima observação.

A partir desses resultados, é possível encontrar o coeficiente de determinação (R^2), que estabelece, percentualmente, o quanto da variação da resposta média de Y é explicado pelo modelo, o que pode ser feito pela Eq. 2.90.

$$R^2 = \frac{SQ_{regressão}}{SQ_{total}} = 1 - \frac{SQ_{erro}}{SQ_{total}}. \quad (2.90)$$

onde $SQ_{regressão}$, SQ_{total} e SQ_{erro} estão definidos na Tabela 2.1.

O resultado pode ser corrigido em função da perda dos graus de liberdade com cada termo do modelo ($R^2_{corrigido}$), assumindo a forma da Eq. 2.91.

$$R^2_{corrigido} = 1 - \frac{MQ_{erro}}{MQ_{Total}} \quad (2.91)$$

onde MQ_{total} e MQ_{erro} estão definidos na Tabela 2.1.

Esta análise pode ser complementada por uma análise de resíduos (erros). Inicialmente verificam-se as suposições do modelo teórico em relação à forma de sua distribuição, complementando com avaliação da independência e heterocedasticidade. Uma análise gráfica dos resíduos é extremamente útil para complementar esta avaliação, podendo ser utilizados histograma, gráfico de probabilidade normal e *boxplot*, entre outros. Um gráfico de resíduos relacionando estimativas de resíduos com os correspondentes valores preditos (VD) também pode ser utilizado, assim como gráfico relacionando-os com valores da variável independente (VI).

Na notação matricial, pode-se representar o modelo conforme Eq. 2.92.

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \beta_0 + \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{21} \\ \vdots \\ X_{N1} \end{bmatrix} \beta_1 + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_N \end{bmatrix} \quad (2.92)$$

Resumidamente, a Eq. 2.92 pode ser escrita como Eq. 2.93.

$$Y = X_0\beta_0 + X_1\beta_1 + e = (X_0X_1) \cdot \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{pmatrix} + e = X\beta + e \quad (2.93)$$

onde: X_0 é um vetor $N \times 1$ de valores iguais a um; X_1 é um vetor $N \times 1$ com os valores da variável X ; X é uma matriz $N \times 2$ e β é um vetor 2×1 com os parâmetros desconhecidos.

A função S , que representa a soma dos quadrados dos erros, é dada pela Eq. 294.

$$S = (Y - X\beta)'(Y - X\beta) = Y'Y - 2\beta'X'Y + \beta'X'X\beta \quad (2.94)$$

Usando as regras de diferenciação de vetores, as derivadas parciais em relação a β_0 e β_1 são dadas pela Eq. 2.95 e Eq. 2.96, respectivamente.

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_0} = -2X'_0Y + 2X'_0[X_0 \ X_1]\beta \quad (2.95)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_1} = -2X'_1Y + 2X'_1[X_0 \ X_1]\beta \quad (2.96)$$

Usando as regras de diferenciação de matriz, é possível reescrever Eq. 2.95 e Eq. 2.96 como Eq. 2.97.

$$\frac{\partial}{\partial \beta}[(Y - X\beta)'(Y - X\beta)] = \frac{\partial}{\partial \beta}[Y'Y - 2\beta'X'Y + \beta'X'X\beta] \quad (2.97)$$

Donde:

$$\frac{\partial}{\partial \beta}[(Y - X\beta)'(Y - X\beta)] = -2X'Y + 2X'X\beta \quad (2.98)$$

Igualando a zero, tem-se a Eq. 2.99.

$$X'X\beta = X'Y \quad (2.99)$$

Como resultado do MMQ, tem-se:

$$\beta = (X'X)^{-1}X'Y \quad (2.100)$$

Na análise de regressão múltipla, existem pelo menos duas variáveis independentes, sendo o modelo representado conforme Eq. 2.101.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1X_{i1} + \beta_2X_{i2} + \dots + \beta_jX_{ij} + \dots + \beta_pX_{ip} + e_i \quad (2.101)$$

onde:

Y_i é i -ésima observação da variável dependente ($i = 1, 2, \dots, N$);

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ são os parâmetros do modelo;

X_{ij} é a i -ésima observação da j -ésima variável independente ($j = 1, 2, \dots, p$);

e_i é o erro de medida ou outros fatores além das variáveis dependentes que afetam a variável.

Na forma matricial, o modelo pode ser escrito conforme a Eq. 2.102.

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{N1} & X_{N2} & \cdots & X_{Np} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_N \end{bmatrix} \quad (2.102)$$

A qualidade do modelo pode ser analisada pelas mesmas técnicas apresentadas anteriormente. Neste caso, entretanto, o coeficiente de determinação tem de ser interpretado com parcimônia, pois é muito influenciado pela quantidade de variáveis independentes consideradas no modelo e pode aumentar se essa quantidade for aumentada sem, necessariamente, o modelo melhorar. Existe, também, a possibilidade de ser testado cada um dos coeficientes da equação encontrada, por meio da estatística t (ver MONTGOMERY, 2009), situação em que o modelo pode ser melhorado com a retirada de algumas variáveis não significativas.

2.4.1 Avaliação da qualidade do modelo

Depois de encontrado o modelo, sua qualidade pode ser avaliada por:

-coeficiente de determinação e coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado);

-teste de significância por meio do teste F de Fisher que tem como objetivo testar o efeito do conjunto de variáveis independentes sobre a variável dependente. Consiste em verificar se os parâmetros da regressão em conjunto são iguais a zero. Neste caso, não existiria uma relação estatística significativa. A maneira mais simples de verificar a significância do modelo geral é testando a hipótese nula de que a quantidade de variação explicada pelo modelo de regressão é maior que a variação explicada pela média;

-avaliação da normalidade dos resíduos, que é um dos pressupostos para a aplicação desta técnica. O diagnóstico da normalidade dos resíduos pode ser feito por testes estatísticos ou gráficos, por exemplo, Kolmogorov–Smirnov e o Shapiro-Wilk.

3. METODOLOGIA

Esse capítulo tem como objetivo descrever o método de trabalho utilizado no desenvolvimento do estudo, dividido em cinco etapas. Inicia-se com a construção do instrumento preliminar, seguida da elaboração da primeira versão do instrumento (validação de conteúdo) e segunda versão (validação de construto), determinação do escore da satisfação (controladores fuzzy) e a aplicação da regressão linear múltipla, uma primeira avaliação da qualidade do modelo.

3.1 INSTRUMENTO PRELIMINAR

O estudo iniciou com uma revisão de literatura sobre a construção de instrumentos desenvolvidos com a finalidade de mensurar a satisfação discente, sendo selecionados alguns estudos: Soares, Vasconcelos e Almeida (2002), Schleich, Polydoro e Santos (2006), Cunha, Gomes e Beck (2016), Bonici e Junior (2011), e Souza e Reinert (2010). Os três primeiros estudos contribuíram para a identificação das possíveis dimensões do instrumento e das declarações e os dois últimos apenas para as declarações, sendo elaborado um instrumento com 35 declarações a serem submetidas a uma validação de conteúdo. Foi planejado para preenchimento das questões, que o respondente, a cada uma das declarações atribuisse dois escores: um para a sua importância e outro para a qualidade percebida. Nesta etapa também foram elencadas algumas variáveis que poderiam influenciar a satisfação discente, que foram inseridas antes das declarações. Um termo de consentimento livre e esclarecido também acompanha o instrumento. O instrumento preliminar. Encaminhado para a validação de conteúdo, se encontra no Apêndice 1.

3.2 VALIDAÇÃO DE CONTEÚDO

O processo de validação de conteúdo tem o objetivo de definir uma amostra de itens relevantes para os diferentes domínios que compõe o construto a ser mensurado.

A comissão de especialistas que avaliou as declarações foi composta por quatro docentes de diferentes áreas, contemplando Ciências Humanas e Ciências Exatas. Além disso, também dezesseis discentes contribuíram para a realização dessa etapa (doze acadêmicos do curso de Matemática Licenciatura e quatro do curso de Matemática Aplicada). Eles analisaram cada declaração do instrumento nos quesitos: clareza de linguagem, pertinência teórica, validade de aplicação e adequação ao construto.

A análise do instrumento feita pelos docentes foi realizada por meio de uma entrevista individual, enquanto que a análise feita pelos discentes foi desenvolvida em duas etapas: os estudantes

do curso de Matemática Licenciatura avaliaram o instrumento em grupo, enquanto os do curso de Matemática Aplicada realizaram uma análise individual do instrumento.

As sugestões fornecidas pelos três grupos foram avaliadas minuciosamente, podendo ser aceitas ou não, originando a primeira versão do instrumento, apresentada no Apêndice 3, que foi encaminhada à validação de construto.

3.3VALIDAÇÃO DE CONSTRUTO

A validação de construto tem a finalidade de comprovar se o conjunto de itens definido na validação de conteúdo realmente reflete o construto a ser mensurado.

A primeira versão do instrumento, resultante da validação de conteúdo foi aplicada a uma amostra de 142 acadêmicos do curso de Matemática de duas instituições públicas, sendo a escolha das turmas realizada conforme a autorização do coordenador do curso e do professor responsável pela turma. Os respondentes antes de avaliarem o instrumento assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que tem o objetivo esclarecer e proteger o sujeito da pesquisa, assim como, o pesquisador, que por este meio manifesta seu respeito à ética no desenvolvimento do trabalho. Esse termo encontra-se no Apêndice 2.

Inicialmente, foi realizada uma caracterização da amostra com a finalidade de traçar um perfil dos acadêmicos do curso. Posteriormente os dados foram submetidos a uma análise exploratória, para analisar algumas de suas propriedades. Nessa etapa foram utilizados testes de normalidade e medidas descritivas, além de recursos gráficos.

No processo de validação de construto propriamente dito, foi utilizada a técnica estatística Análise Fatorial, o que foi feito com dois métodos. Inicialmente, a AF é utilizada com o Método dos Componentes Principais para determinar a quantidade máxima de possíveis fatores a serem considerados na análise, além de avaliar a fatorabilidade dos dados. Nesta análise o conjunto de variáveis é transformado em um novo conjunto de variáveis, resultantes de uma combinação linear das primeiras. Essas combinações lineares de variáveis, chamadas fatores, respondem pela variação nos dados como um todo. A melhor combinação gera o primeiro componente principal e é o primeiro fator. O segundo principal componente é definido como a melhor combinação linear de variáveis para explicar a variação que não é responsável pelo primeiro fator. O processo continua até que toda a variância seja considerada, mas, por uma questão prática, ele é normalmente interrompido depois de um pequeno número de fatores extraídos. Na operacionalização desse procedimento, realiza-se uma análise da matriz de correlações e respectivas significâncias, do determinante da matriz, do teste de esfericidade de Bartlett e do coeficiente KMO. Também se utiliza uma análise gráfica por meio do *ScreePlot*.

Seguindo a AF, utiliza-se o Método dos Eixos Principais que visa determinar a quantidade de dimensões que efetivamente serão utilizadas, os itens que as compõe e suas respectivas cargas fatoriais. Para facilitar a identificação dos componentes dos fatores, foram avaliados resultados com a utilização de rotação Varimax e rotação Oblíqua, optando-se pela primeira, por apresentar melhores resultados.

Também foram testadas várias maneiras de determinação da carga fatorial mínima a ser utilizada como ponto de corte. Inicialmente foi considerado o valor 0,32, evoluindo até 0,45. De acordo com Pasquali (2005), o valor 0,45 é considerado razoável como carga fatorial para reter um item em um fator.

Cabe ressaltar que a análise fatorial foi aplicada a partir das pontuações atribuídas pelos respondentes à importância de cada item para a satisfação. Esta AF com o método dos eixos principais foi executada várias vezes, sendo eliminados os itens um a um, em função de sua carga fatorial e de sua interpretabilidade. Este procedimento, que foi acompanhado de uma análise de confiabilidade, possibilitou a identificação dos itens que compõe cada fator, a elaboração da versão final do instrumento e o mapa cognitivo da satisfação. A versão final do instrumento encontra-se no Apêndice 4.

3.4 ANÁLISE DE CONFIABILIDADE

De acordo com Cooper e Schindler (2003), a confiança está relacionada à estimativa do grau em que uma mensuração é livre de erro aleatório. Instrumentos confiáveis podem ser utilizados com segurança de que fatores transitórios e situacionais não estão interferindo.

A análise de confiabilidade complementa a AF e foi executada pelo coeficiente de alfa de Cronbach, que é um índice utilizado para medir a confiabilidade do tipo de consistência interna de uma escala, ou seja, ele avalia a magnitude em que os itens do instrumento estão correlacionados. Esse coeficiente foi aplicado a cada fator.

3.5 ESCORE DA SATISFAÇÃO

Através da diferença do valor atribuído pelos respondentes para a qualidade do serviço oferecido e a importância do mesmo, representada pela Eq. 3.1, definiu-se o valor da satisfação associado a cada um dos itens que compõe o instrumento. Essa etapa foi realizada no software estatístico SPSS.

$$x_i = X_i - Y_i \quad (3.1)$$

onde:

x_i : contribuição do i -ésimo item à mensuração da satisfação;

X_i : pontuação atribuída a qualidade percebida do i -ésimo item;

Y_i : pontuação atribuída a importância do i -ésimo item.

Os valores obtidos pela Eq. 3.1 e o mapa cognitivo definido na etapa de validação de construto foram utilizados para a determinação do escore total da satisfação.

Inicialmente, o escore atribuído a cada fator de cada respondente foi determinado por controladores fuzzy, desenvolvidos em três estágios: fuzzificação, inferência e defuzzificação. Para tal foi definido o universo de discurso como sendo o intervalo $[-100,100]$ e os termos linguísticos utilizados para a Satisfação, que foram: Plenamente Satisfeito (PLS), Bastante Satisfeito (BS), Satisfeito (S), Pouco Satisfeito (PS), Insatisfeito (I) e Muito Insatisfeito (MI). Estes termos linguísticos são definidos pelos conjuntos fuzzy apresentados em Eq. 3.2, Eq. 3.3, Eq. 3.4, Eq. 3.5, Eq. 3.6 e Eq.3.7 e foram usados no processo de fuzzificação.

$$\mu_{PLS} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 50 \\ \frac{x-50}{20} & \text{se } 50 \leq x < 70 \\ 1 & \text{se } 70 \leq x \leq 100 \\ 0 & \text{se } x > 100 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{BS} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < 10 \\ \frac{x-10}{40} & \text{se } 10 < x \leq 50 \\ 1 & \text{se } x = 50 \\ \frac{70-x}{20} & \text{se } 50 \leq x < 70 \\ 0 & \text{se } x > 70 \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\mu_S = \begin{cases} 0 & \text{se } x < -10 \\ \frac{x+10}{20} & \text{se } -10 < x \leq 10 \\ 1 & \text{se } x = 10 \\ \frac{50-x}{40} & \text{se } 10 \leq x < 50 \\ 0 & \text{se } x > 50 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{PS} = \begin{cases} 0 & \text{se } x < -50 \\ \frac{x+50}{40} & \text{se } -50 < x \leq -10 \\ 1 & \text{se } x = -10 \\ \frac{10-x}{20} & \text{se } -10 \leq x < 10 \\ 0 & \text{se } x > 10 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_I = \begin{cases} 0 & sex < -70 \\ \frac{x+70}{20} se & -70 < x \leq -50 \\ 1 & sex = -50 \\ \frac{-10-x}{40} se & -50 \leq x < -10 \\ 0 & sex < -10 \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\mu_{MI} = \begin{cases} 0 & se \quad x < -100 \\ 1 & se \quad -100 \leq x < -70 \\ \frac{-50-x}{20} & se \quad -70 \leq x < -50 \\ 0 & se \quad x > -50 \end{cases} \quad (3.7)$$

Depois de definidos o universo de discurso, os termos linguísticos e suas respectivas funções de pertinência, foi definida a base de regras, o que foi feito por especialistas. O método de inferência adotado foi o de Mandani. Para a defuzzificação foi utilizado o método do centróide. Este procedimento foi feito separadamente para cada fator com o objetivo de aglutinar os resultados dos itens de um mesmo fator.

O escore total da satisfação, foi determinado através da média aritmética ponderada, entre os escores associados aos fatores encontrados pelos controladores fuzzy, ponderados pela respectiva percentagem explicada da variância, conforme Eq. 3.8 e Eq. 3.9.

$$p_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i} \quad (3.8)$$

$$nível de satisfação = \sum_{i=1}^m (p_i \cdot f_i) \quad (3.9)$$

onde:

m é a quantidade de fatores, sendo $i = 1, 2, \dots, m$;

p_i é o peso atribuído ao i -ésimo fator;

v_i é a percentagem explicada da variância do i -ésimo fator de acordo com a AF;

f_i é o i -ésimo fator.

O modelo desenvolvido passou por uma primeira análise de sua qualidade, onde foi utilizada uma Análise de Regressão Múltipla. A técnica foi aplicada aos resultados obtidos pela Eq. 3.9, considerada como variável dependente e os valores obtidos para a diferença entre a qualidade percebida e a importância do item para a satisfação, obtidas na Eq. 3.1, consideradas como variáveis

independentes. A qualidade do modelo encontrado foi investigada pelo coeficiente de determinação, coeficiente de correlação e teste F, além de análise analítica e gráfica dos resíduos.

4. RESULTADOS

Este capítulo, que apresenta os resultados obtidos com o desenvolvimento do presente estudo, foi dividido em seções relacionadas às etapas do processo para a construção do instrumento, ou seja, a revisão de literatura com elaboração da versão preliminar do instrumento, a validação de conteúdo com elaboração da primeira versão do instrumento, sua versão final definida pela validação de construto e a definição do modelo com uma primeira avaliação de sua qualidade.

4.1 INSTRUMENTO PRELIMINAR

A partir da revisão de literatura, foi desenvolvido um instrumento, denominado de Instrumento Preliminar, composto por 35 declarações abrangendo uma variedade de aspectos relacionados ao curso, à instituição e às oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional dos discentes, entre outros. Nesta versão do instrumento, além dos dados de identificação, é solicitado ao respondente que atribua uma pontuação à importância da declaração para a sua satisfação e, posteriormente, para a qualidade desta no contexto onde está inserido. A escala, tanto para a importância quanto para a qualidade, propõe um intervalo entre zero (ruim) e cem (excelente).

A elaboração das declarações teve subsídios nos trabalhos de Cunha, Gomes e Beck (2016), Schleich, Polydoro e Santos (2006) e Soares, Vasconcelos e Almeida (2002), representados na Tabela 4.1, respectivamente por [1], [2] e [3].

Tabela 4.1 Declarações utilizadas no instrumento preliminar e instrumentos que as utilizaram

Declarações	[1]	[2]	[3]
1. A infraestrutura física da Instituição (prédios, salas de aula, laboratórios, ambientes de trabalho / estudo, auditórios) atende às necessidades.		✓	
2. A infraestrutura física das salas de aula (cadeiras, classes, equipamentos de ventilação, paredes, pisos etc.) é adequada.		✓	
3. Os recursos e equipamentos audiovisuais disponíveis na Instituição (salas de aula, laboratórios e auditórios) estão disponíveis e em bom estado, quando existe necessidade de utilizá-los	✓	✓	
4. Os equipamentos e softwares oferecidos nos laboratórios de informática são adequados e de boa qualidade.	✓	✓	
5. O acervo disponível na biblioteca é atualizado e adequado à demanda.		✓	
6. A segurança oferecida pela Instituição é adequada.		✓	
7. A equipe de limpeza mantém os ambientes em boas condições de higiene e organização		✓	
8. O atendimento e a clareza das informações oferecidas pelos funcionários das secretarias da Instituição são satisfatórios.	✓	✓	
9. As referências indicadas nas disciplinas estão de acordo com os conteúdos ministrados.			✓
10. A ementa das disciplinas está adequada a sua carga horária.			✓
11. Os trabalhos/exercícios propostos são adequados aos conteúdos desenvolvidos nas disciplinas?			✓
12. Os recursos pedagógicos são de boa qualidade.			✓
13. A sequência da grade curricular do Curso é adequada.			✓
14. A Instituição possui atividades extracurriculares diversificadas.		✓	✓
15. O envolvimento pessoal em relação ao curso que frequenta é satisfatório.			✓
16. Existem eventos sociais realizados pela Instituição.			✓
17. A instituição possui programas e serviços de apoio financeiro ao estudante.	✓		
18. A Instituição oferece condições de desenvolvimento pessoal do estudante.	✓		
19. Os professores apresentam os conteúdos de forma clara.		✓	
20. Os professores estão comprometidos a ensinar.	✓		
21. Os exemplos utilizados pelos professores auxiliam na compreensão do conteúdo.			
22. Os professores procuram relacionar a teoria com a prática profissional durante as aulas.			
23. Os professores são qualificados profissionalmente.			✓
24. Os professores já utilizaram algum tipo de metodologia diferenciada em sala de aula.			✓
25. Os professores abordam todos os conteúdos previstos nas ementas das disciplinas.			✓
26. Os professores relacionam os conteúdos com as demais disciplinas do curso.		✓	✓
27. Os professores incentivam os debates em sala de aula.			
28. Os professores são receptivos a novas ideias e diferentes pontos de vista.			✓
29. Os professores avaliam seus alunos com coerência.			✓
30. Os professores disponibilizam horários para atendimentos individuais ou extraclasse.			✓
31. O estudante apresenta interesse em aprender os conteúdos desenvolvidos durante às aulas			✓
32. O estudante permanece atento as aulas.			✓
33. Curso lhe desafia intelectualmente.			✓
34. Geralmente, os estudantes participam das discussões em sala de aula.	✓	✓	✓
35. Os estudantes têm oportunidades de realizarem perguntas sobre o conteúdo abordado em sala de aula.		✓	✓

Fonte: a autora.

OBS: as declarações não assinaladas foram elaboradas pela autora deste estudo.

4.2 PRIMEIRA VERSÃO DO INSTRUMENTO

As sugestões obtidas com os envolvidos no processo de validação de conteúdo, que analisaram o instrumento preliminar, foram avaliadas minuciosamente e, em sua maioria, aceitas.

Os quatro especialistas sugeriram que as declarações fossem substituídas por itens, pois em sua forma inicial a opinião dos respondentes poderia ser influenciada. Eles também sugeriram que algumas declarações poderiam ser agrupadas por categorias, pois o processo de avaliação seria facilitado, além de recomendar que deveriam ser evitadas as declarações que tivessem ideias duplas. Já aquelas que possuísem sentido amplo deveriam ser melhor explicadas.

Os doze respondentes do curso de Matemática Licenciatura sugeriram que fossem eliminados os itens que possuísem avaliação pessoal, pois não dependiam de aspectos relacionados à instituição ou ao curso.

Os quatro respondentes do curso de Matemática Aplicada apenas sugeriram que os significados de alguns itens relacionados à educação fossem explicados, pois muitos estudantes poderiam desconhecer alguns dos termos utilizados relacionados ao processo de ensino- aprendizagem.

As contribuições de especialistas e acadêmicos foram de suma importância para a elaboração da primeira versão do instrumento. Ele ficou com 27 itens relacionados, aparentemente, a três diferentes domínios: instituição, curso e disciplina.

4.3 VERSÃO FINAL DO INSTRUMENTO

4.3.1 Caracterização da amostra

O efetivo da amostra foi constituído por 142 discentes pertencentes à população acadêmica estudada. Trata-se de um grupo de acadêmicos que frequentam os cursos de Matemática Licenciatura ou Matemática Aplicada em duas IES públicas, localizadas no extremo sul do RS.

Os respondentes em sua maioria foram do sexo masculino e apresentaram idades variadas, ou seja, dos 17 aos 60 anos de idade. Porém pode ser considerada uma amostra caracterizada por um público jovem, pois a faixa etária que apresentou maior frequência foi de 20 a 29 anos. Além disso, são predominantemente solteiros e pertencentes a famílias compostas por entre 3 e 5 pessoas. Observou-se também que a maioria se enquadra em uma renda familiar de R\$1,1 a 3 salários mínimos. Ao questionar se o respondente exerce alguma atividade remunerada identificou-se que a maioria não

exerce. Em contrapartida temos que, dos que trabalham, o turno é manhã e tarde. Esses dados são representados pela Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Características sócio-bio-econômicas dos respondentes

Variáveis	Níveis	f_i	$f_i[\%]$
Gênero	Masculino	74	52,1
	Feminino	68	47,9
Idade (anos)	Menor que 20	29	20,4
	Entre 20 e 29	66	46,5
	Entre 30 e 39	27	18,9
	Maior que 39	19	13,5
	NI	1	0,7
Estado Civil	Solteiro	98	69
	Casado	37	26,1
	Divorciado	6	4,2
	Viúvo	1	0,7
Número de pessoas que compõe a família	Menor que 3	40	28
	Entre 3 e 5	87	61
	Maior que 5	14	9,9
	NI	1	0,7
Renda Familiar	Até 1 salário mínimo	12	8,5
	De 1,1 a 3 salários mínimos	73	51,4
	De 3,1 a 7 salários mínimos	38	26,8
	Superior a 7 salários mínimos	7	4,9
	NI	12	8,5
Trabalha	Sim	58	40,8
	Não	84	59,2
Turno de trabalho	Manhã	7	4,9
	Tarde	5	3,5
	Noite	1	0,7
	Manhã e tarde	40	28,2
	Manhã, tarde e noite	4	2,8
	NI	1	0,7

Fonte: dados da pesquisa.

Obs: A sigla NI significa que o respondente não informou o que lhe foi solicitado.

Observou-se que a maioria dos respondentes pertencem ao curso de Matemática Licenciatura, encontrando-se em posição padrão no curso. Sobre a quantidade de disciplinas cursadas e concluídas com aprovação, a de maior frequência foi até 10 disciplinas. Além disso, a maioria dos entrevistados não participa de atividades extracurriculares e não possui bolsa ou auxílio financeiro. A Tabela 4.3 representa esses dados.

Tabela 4.3 Características acadêmicas dos respondentes

Variáveis	Níveis	f_i	$f_i[\%]$
Curso	Matemática Aplicada	45	31,7
	Matemática Licenciatura	97	68,3
Padrão no curso	Sim	87	61,3
	Não	54	38,0
	NI	1	0,7
Disciplinas cursadas e concluídas	Até 10	74	52
	Entre 11 e 22	26	18,3
	Entre 23 e 35	26	18,3
	Mais que 35	4	3,0
	NI	12	8,4
Participação em atividades extraclasse	Sim	56	39,4
	Não	86	60,6
Possui bolsa/ auxílio financeiro	Sim	55	38,7
	Não	87	61,3

Fonte: dados da pesquisa.

Obs: A sigla NI significa que o respondente não informou o que lhe foi solicitado.

Analisando a Tabela 4.4, é possível perceber que grande parte dos respondentes concluíram o ensino médio após o ano de 2010, o que pode estar relacionado ao fato de se tratar de uma população considerada jovem. A maioria dos respondentes concluiu o ensino médio em escola pública e na modalidade tradicional.

Tabela 4.4 Características dos respondentes em relação ao Ensino Médio

Variáveis	Níveis	f_i	$f_i[\%]$
Ano de conclusão do Ensino Médio	Antes de 2000	25	18
	Entre 2000 e 2010	54	38
	Posterior a 2010	60	42
	NI	3	2,0
Tipo de escola durante o Ensino Médio	Público	127	89,5
	Privado	7	4,9
	Público/Privado	8	5,6
Modalidade que cursou o Ensino Médio	Tradicional	109	76,7
	Técnico	16	11,3
	Magistério	2	1,4
	EJA	13	9,2
	Outra	2	1,4

Fonte: dados da pesquisa.

Obs: A sigla NI significa que o respondente não informou o que lhe foi solicitado.

4.3.2 Análise exploratória de dados

Todos os 27 itens analisados apresentaram problemas de assimetria e de curtose, sob o enfoque dos coeficientes de Fisher. Para o item 1, por exemplo, foi obtido o valor -2,7 para o coeficiente de

assimetria, com erro padrão de 0,2, sinalizando uma assimetria muito forte. Para o coeficiente de curtose foi obtido o valor 12,0 com erro padrão de 0,4, sinalizando uma curva mais achatada.

Seguiram-se os testes de normalidade Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, utilizados para testar a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 4.5, evidenciando que foram encontradas evidências de que os dados não seguem uma distribuição normal (valor $p < 0,001$). Cabe ressaltar que nesta etapa foram utilizadas as pontuações atribuídas à importância dos itens para a satisfação do discente.

Tabela 4.5: Resultado dos testes de normalidade

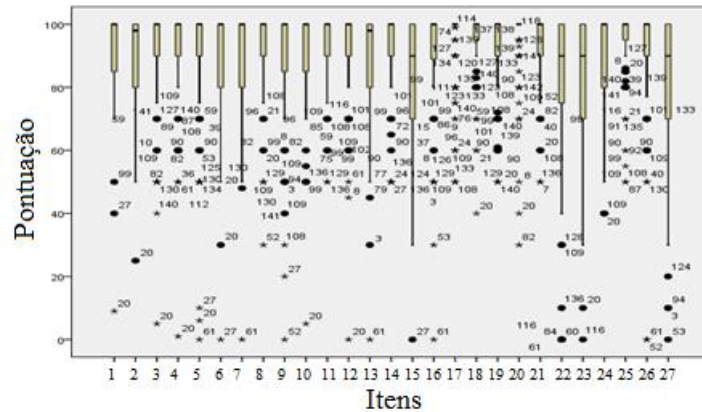
Item	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estatística	Decisão	Estatística	Decisão
1	0,301	Rejeitar H_0	0,668	Rejeitar H_0
2	0,265	Rejeitar H_0	0,743	Rejeitar H_0
3	0,385	Rejeitar H_0	0,529	Rejeitar H_0
4	0,362	Rejeitar H_0	0,579	Rejeitar H_0
5	0,300	Rejeitar H_0	0,604	Rejeitar H_0
6	0,262	Rejeitar H_0	0,675	Rejeitar H_0
7	0,276	Rejeitar H_0	0,705	Rejeitar H_0
8	0,369	Rejeitar H_0	0,619	Rejeitar H_0
9	0,326	Rejeitar H_0	0,622	Rejeitar H_0
10	0,282	Rejeitar H_0	0,669	Rejeitar H_0
11	0,333	Rejeitar H_0	0,686	Rejeitar H_0
12	0,295	Rejeitar H_0	0,637	Rejeitar H_0
13	0,265	Rejeitar H_0	0,757	Rejeitar H_0
14	0,337	Rejeitar H_0	0,672	Rejeitar H_0
15	0,264	Rejeitar H_0	0,782	Rejeitar H_0
16	0,308	Rejeitar H_0	0,619	Rejeitar H_0
17	0,428	Rejeitar H_0	0,527	Rejeitar H_0
18	0,414	Rejeitar H_0	0,533	Rejeitar H_0
19	0,348	Rejeitar H_0	0,673	Rejeitar H_0
20	0,417	Rejeitar H_0	0,449	Rejeitar H_0
21	0,329	Rejeitar H_0	0,675	Rejeitar H_0
22	0,243	Rejeitar H_0	0,723	Rejeitar H_0
23	0,248	Rejeitar H_0	0,790	Rejeitar H_0
24	0,340	Rejeitar H_0	0,685	Rejeitar H_0
25	0,414	Rejeitar H_0	0,552	Rejeitar H_0
26	0,350	Rejeitar H_0	0,578	Rejeitar H_0
27	0,256	Rejeitar H_0	0,795	Rejeitar H_0

Fonte: a autora.

Obs: $gl = 1,41$; valor $p < 0,001$.

Complementando a análise foram construídos histogramas, gráficos de probabilidade normal e *boxplots*. A Figura 4.1 mostra os *boxplots* dos 27 itens, onde é possível perceber a existência de diversos

valores fora do padrão (*outlier*) para todos os itens, além de assimetria acentuada. Portanto, é mais um indicativo da assimetria presente no conjunto de dados, caracterizando-se como indício de não normalidade.



Fonte: a autora.

Figura 4.1: *Boxplots* para as pontuações obtidas a variável importância por item

A Tabela 4.6 ilustra a análise descritiva dos 27 itens que compõe o instrumento, apresentando algumas medidas que resumem sua tendência central e variabilidade.

Tabela 4.6. Medidas resumo dos itens do instrumento

Itens	Media	Mediana	Variância	Des. Padrão	Mínimo	Máximo
1	91,57	100	170,86	13,07	9	100
2	90,65	98	161,74	12,72	25	100
3	93,26	100	217,94	14,76	5	100
4	92,60	100	208,45	14,44	1	100
5	89,94	100	350,24	18,71	0	100
6	90,38	100	215,85	14,64	0	100
7	89,93	100	221,31	14,88	0	100
8	96,21	100	151,39	12,30	30	100
9	90,49	100	298,54	17,28	0	100
10	91,30	100	190,73	13,81	5	100
11	93,01	100	121,89	11,04	50	100
12	91,72	100	200,48	14,48	0	100
13	86,60	98	332,93	18,25	0	100
14	92,35	100	149,19	12,21	50	100
15	84,40	90	401,24	20,03	0	100
16	91,38	100	237,26	15,40	0	100
17	94,91	100	124,15	11,14	50	100
18	95,39	100	101,20	10,06	40	100
19	92,36	100	154,47	12,43	50	100
20	95,87	100	113,37	10,65	30	100

21	93,54	100	107,45	10,37	50	100
22	83,12	90	586,98	24,23	0	100
23	83,43	90	433,63	20,82	0	100
24	91,35	100	185,34	13,61	40	100
25	94,90	100	114,16	10,68	50	100
26	91,50	100	270,59	16,45	0	100
27	81,88	90	513,76	22,67	0	100

Fonte: a autora.

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 4.6, a tendência central foi elevada, pois a maioria dos itens apresentou média próxima de 90, assim como também mediana igual a 100, coincidindo com o valor máximo. O desvio padrão ficou, em sua maioria, entre 10 e 15, embora alguns chegassem a valores superiores a 20. O valor mínimo variou bastante, entre zero e 50, diferentemente do valor máximo, que atingiu o valor 100 para todos os itens.

4.3.3 Análise Fatorial

Para a análise fatorial empregou-se o método dos componentes principais e posteriormente, o método dos eixos principais.

4.3.3.1 Análise dos componentes principais

Esse método utiliza em sua matriz de correlações o coeficiente de correlação de Pearson, que tem como um de seus pressupostos que as variáveis se relacionem linearmente e que o conjunto de dados tenha uma distribuição Normal. Entretanto, verificou-se na etapa anterior que existiam evidências de que os dados não seguiam uma distribuição normal, então se utilizou o coeficiente de correlação de Spearman, pois este não possui a suposição de que as variáveis se relacionem linearmente. O resultado da matriz de correlações de Spearman foi muito semelhante à de Pearson, então se percebeu que não havia diferença em utilizar um ou outro coeficiente.

Além disso, Pasquali (2005) afirma que uma distribuição Normal favorece a AF, mas não é absolutamente necessária, a não ser que a técnica de extração faça inferências sobre o número de fatores, como é o caso da Máxima Verossimilhança.

A matriz de correlações (R), de maneira geral, apresentou correlações boas para o tipo de análise desenvolvida, ou seja, não foram obtidos valores muito próximos de zero nem de um. Observou-se que o valor mais próximo de um, fora da diagonal, principal foi de 0,7 e que os valores menores estão em sua maioria em torno de 0,5, indicando a fatorabilidade da matriz. Quanto à significância (p-valor), foram encontrados resultados excelentes, pois todos estão bem próximos de zero. Porém, verificou-se que os itens 16 e 27 apresentaram correlações abaixo de 0,3. Considerando que estes itens estão

relacionados com a parte pessoal do respondente, decidiu-se eliminá-los. Podemos visualizar na Tabela 4.7 os itens eliminados de acordo com a matriz de correlações. Além disso, o determinante da matriz de correlações foi de $8,6 \times 10^{-009}$, diferente de zero, indicando a presença de mais de um fator e, consequentemente, sinal positivo para a fatorabilidade.

Tabela 4.7: Itens eliminados pela análise fatorial com o método dos Componentes Principais (PC)

Item	Descrição
16	Envolvimento pessoal em relação ao curso.
27	Eventos sociais que promovam confraternização entre os estudantes realizados pela Instituição.

Fonte: a autora.

Os resultados do teste de esfericidade de Bartlett e do coeficiente KMO são apresentados na Tabela 4.8, onde é possível observar para o primeiro, que não são encontradas evidências de que a matriz de correlações seja uma matriz identidade, indicando existência de relacionamento entre as variáveis em análise, o que é satisfatório para a fatorabilidade, conforme Pasquali (2005). Ao rejeitar a hipótese de ser uma matriz identidade, recomenda-se o uso da AF. O resultado do coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin pode ser considerado satisfatório por apresentar resultado próximo da unidade (PASQUALI, 2005), indicando que a técnica em questão é apropriada aos dados.

Tabela 4.8- Coeficiente KMO e teste Esfericidade de Bartlett dos Componentes Principais

Teste	Estatística	Resultado
Kaiser-Meyer-Olkin	KMO	0,833
Esfericidade de Bartlett	Qui – quadrado aproximado	2428,351
	Gl	300
	Valor p	<0,0001

Fonte: a autora.

Método de extração: Análise de Componentes Principais

A estimativa inicial a respeito do número de componentes, obtida por meio do método PC, utiliza o critério de Guttman Kaiser. Esse critério faz uma suposição de que a matriz de correlações ajustada tenha o valor um em sua diagonal e consiste em abandonar os componentes e fatores que apresentam autovalores menores que 1, justificando que quando um componente possui uma raiz latente menor que 1, explica menos de que a variância total de uma única variável. Nesta análise, foi identificada uma solução com a existência de até cinco componentes a serem extraídos, que explicam 68% da variância total, conforme Tabela 4.9.

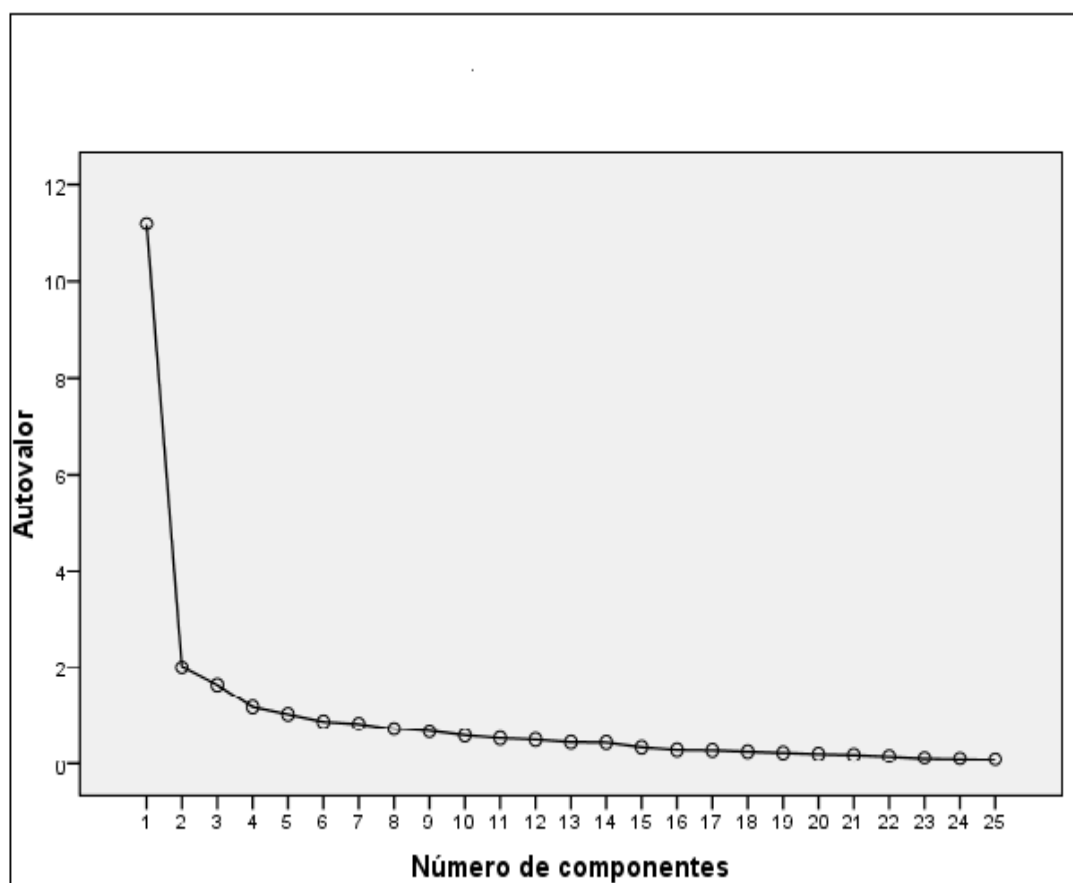
Tabela 4.9- Percentagem da Variância Explicada

Componente	Autovalor inicial	% da variância	% acumulada
1	11,184	44,734	44,734
2	2,001	8,002	52,737
3	1,637	6,550	59,286
4	1,176	4,705	63,991
5	1,026	4,103	68,095
6	0,879	3,517	71,611

Fonte: a autora.

Método de extração: Análise de Componentes Principais

O gráfico *ScreePlot*, apresentado na Figura 4.2, confirma os achados apresentados na Tabela 4.9.



Fonte: a autora.

Figura 4.2: *ScreePlot* obtido no desenvolvimento do PC

Nesta etapa conclui-se que os dados são fatoráveis e que podem ser agrupados em até cinco fatores. A próxima etapa investiga a composição destes fatores aplicando uma AF com o método dos eixos principais.

4.3.3.2 Análise dos eixos principais

Esta análise iniciou com a extração de cinco fatores, rotação Varimax e carga fatorial com ponto de corte em 0,32 para um item entrar na composição de um fator. A aplicação da técnica foi realizada várias vezes, de modo iterativo. A partir da segunda execução da técnica, o ponto de corte para a carga fatorial foi elevado para 0,4 e, posteriormente, para 0,45.

Ao final, seis itens foram eliminados, apresentados na Tabela 4.10. Cabe ressaltar que os itens foram eliminados um a um, levando-se em conta sua carga fatorial e seu significado.

Tabela 4.10 Itens eliminados pela análise fatorial pelo método dos Eixos Principais (PAF)

Item	Descrição
8	Acervo disponível na biblioteca.
9	Programas e serviços de apoio financeiro ao estudante oferecidos pela Instituição.
14	Grade curricular.
15	Atividades extracurriculares diversificadas.
21	Cumprimento dos conteúdos previstos nas ementas das disciplinas.
24	Receptividade dos professores em relação a novas ideias e diferentes pontos de vista.

Fonte: a autora.

No final da AF, utilizando o método dos eixos principais, o instrumento em sua última versão, ficou composto por 19 itens que se distribuíram em 4 fatores, relacionados aos Recursos (Materiais e Humanos), ao Professor, à Metodologia e às Disciplinas.

O total da variância explicada pelos quatro fatores pode ser visto na Tabela 4.11: esses fatores explicam 68,98% da variância total e quando rotado, 61,10%. Esse resultado foi obtido realizando nove iterações. Chama-se a atenção para a importância do primeiro fator que, sozinho, explica 44,92% da variância.

Tabela 4.11- Percentagem da Variância Explicada

Componente	Autovalor inicial	% da variância	% acumulada
1	8,535	44,920	44,920
2	1,897	9,985	54,905
3	1,611	8,479	63,384
4	1,063	5,596	68,980
5	0,837	4,405	73,385

Fonte: a autora.

Método de extração: Eixos Principais

O primeiro fator (Tabela 4.12), denominado de Recursos é formado por dez itens, caracterizados por serviços oferecidos pela Instituição. O coeficiente de Cronbach foi de 0,912 e os itens apresentaram cargas fatoriais de pelo menos 0,512. As comunalidades dos itens, definida pela proporção da variância comum presente na variável, variou entre 0,573 e 0,801, enquanto que a correlação de cada item com o total apresentou um valor mínimo de 0,607 e máximo de 0,767. Observou-se que esse primeiro fator explica 44,9% da variância total.

Tabela 4.12: Matriz Fatorial do Fator 1: recursos

Item	Carga fatorial	h^2	r_{it}	Descrição
1	0,802	0,750	0,761	Infraestrutura física da Instituição.
2	0,707	0,621	0,657	Infraestrutura física das salas de aula.
3	0,606	0,573	0,629	Segurança oferecida pela Instituição.
4	0,738	0,707	0,767	Limpeza dos ambientes.
5	0,642	0,627	0,631	Informações oferecidas pelos funcionários das secretarias da Instituição.
6	0,512	0,626	0,607	Recursos e equipamentos audiovisuais disponíveis na Instituição.
10	0,656	0,718	0,754	Concordância das referências bibliográficas com os conteúdos ministrados nas disciplinas.
12	0,558	0,801	0,729	Adequação entre atividades e conteúdos desenvolvidos nas disciplinas.
18	0,567	0,751	0,716	Comprometimento com o ensino.
20	0,561	0,628	0,660	Qualificação profissional dos professores.

Fonte: a autora.

Obs: h^2 representa comunalidade e r_{it} , a correlação de cada item com o total.

A Tabela 4.13, ilustra o segundo fator, formado por cinco itens, denominado de Professor. Ele reúne características do professor em sala de aula. Esse fator apresentou um coeficiente de Cronbach igual a 0,861 e os itens possuem carga fatorial que variam entre 0,473 e 0,783. O valor de comunalidade menor foi de 0,515 e o maior, 0,751. A correlação de cada item com o total variou de 0,586 a 0,764. Esse fator explica 9,9% da variância total e possui dois itens (18 e 20) em comum com o Fator 1, caracterizando-se como itens complexos.

Tabela 4.13: Matriz Fatorial do Fator 2: professor

Item	Carga fatorial	h^2	r_{it}	Descrição
17	0,783	0,651	0,714	Clareza por parte dos professores na apresentação dos conteúdos.
18	0,597	0,751	0,764	Comprometimento com o ensino.
19	0,696	0,658	0,756	Relação entre a teoria e a prática profissional durante as aulas.

20	0,473	0,628	0,594	Qualificação	profissional	dos
25	0,532	0,515	0,586	professores.		
				Coerência	nas	avaliações
				disciplinas		das

Fonte: a autora.

Obs: h^2 representa comunalidade e r_{it} , a correlação de cada item com o total.

O terceiro fator (Tabela 4.14), explica 8,479% da variância total e é denominado Metodologia, pois reúne recursos pedagógicos oferecidos pelo professor e pela Instituição, com a finalidade de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Composto por apenas três itens, as comunalidades obtidas variam de 0,62 a 0,652, as cargas fatoriais são superiores a 0,578, seu coeficiente de Cronbach foi de 0,770 e a correlação de cada item com o total apresentou variações entre 0,60 e 0,727.

Tabela 4.14: Matriz Fatorial do Fator 3: metodologia

Item	Carga fatorial	h^2	r_{it}	Descrição
7	0,578	0,652	0,607	Equipamentos e softwares oferecidos nos laboratórios de informática.
13	0,691	0,620	0,600	Recursos pedagógicos.
26	0,750	0,624	0,727	Atendimento extraclasse.

Fonte: a autora.

Obs: h^2 representa comunalidade e r_{it} , a correlação de cada item com o total.

O quarto e último fator recebeu o nome de Disciplinas e está ilustrado na Tabela 4.15. Esse fator também é formado por apenas três itens, seu coeficiente de Cronbach foi de 0,744 e possui comunalidades que variam entre 0,529 e 0,623. Suas cargas fatoriais são superiores a 0,553 e a correlação item-total apresenta um valor máximo de 0,679 e mínimo de 0,546. Esse fator explica 5,596% da variância total.

Tabela 4.15: Matriz Fatorial do Fator 4: disciplinas

Item	Carga fatorial	h^2	r_{it}	Descrição
11	0,553	0,529	0,546	Ementa das disciplinas adequada a sua carga horária
22	0,674	0,550	0,645	Interdisciplinaridade entre as disciplinas do curso.
23	0,731	0,623	0,679	Incentivo a debates em sala de aula.

Fonte: a autora.

Obs: h^2 representa comunalidade e r_{it} , a correlação de cada item com o total.

4.4 O MODELO

A Figura 4.3 representa um esboço do mapa cognitivo que descreve como os alunos do curso de Matemática interpretam o ambiente acadêmico em relação aos itens associados ao seu nível de satisfação. A determinação do nível de satisfação do discente é feita, então, a partir desse mapa cognitivo e das pontuações atribuídas à importância e a qualidade percebida do item, o que é feito conforme Eq. 3.1. Os resultados obtidos são interpretados por meio de controladores fuzzy, conforme Eq. 3.2, Eq. 3.3, Eq. 3.4, Eq. 3.5, Eq. 3.6 e Eq. 3.7.

O nível de satisfação do discente, encontrado a partir da Eq. 3.8 e da Eq. 3.9, está apresentado na Eq. 4.1.

$$\text{Nível de satisfação} = 0,6512f_1 + 0,1448f_2 + 0,1229f_3 + 0,0811f_4 \quad (4.1)$$

onde:

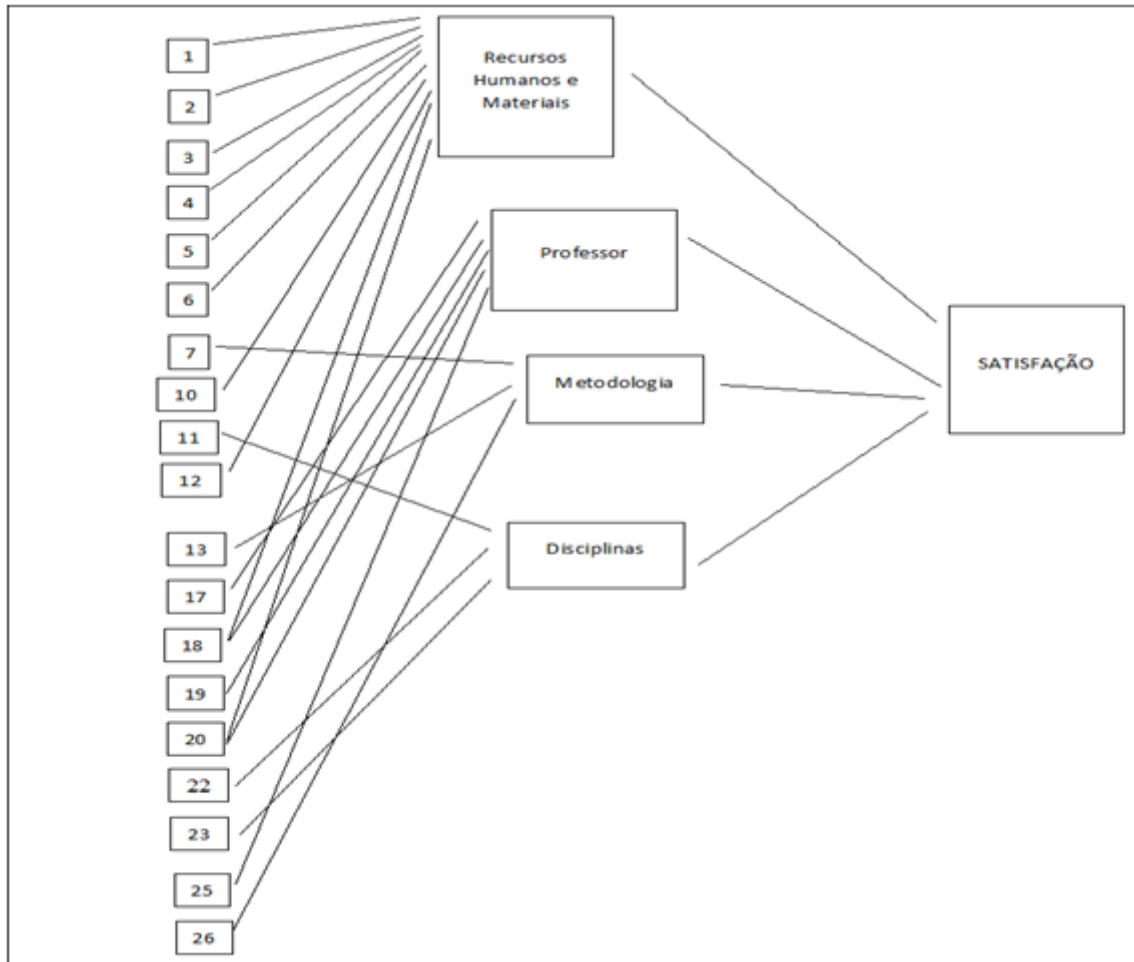
f_1 representa pontuação associada a recursos humanos e materiais;

f_2 representa pontuação associada ao professor;

f_3 representa pontuação associada a metodologia;

f_4 representa pontuação associada as disciplinas.

A Figura 4.3 representa um esboço do mapa cognitivo da satisfação, representada pelos itens e fatores que o formam.



Fonte: a autora.

Figura 4.3: Mapa cognitivo da satisfação

4.4.1 Avaliação da qualidade do modelo

A Análise de Regressão, que considerou os escores associados à satisfação dos itens como variáveis independentes e o escore associado à satisfação do discente, determinada por controladores fuzzy, como variável dependente, obteve o modelo apresentado na Eq. 4.2, o que foi feito pelo método dos mínimos quadrados (MMQ). Esta equação fornece o valor esperado para a satisfação de um discente a partir dos escores associados aos seus itens.

$$\begin{aligned}
 E(y) = & -7,145 + 0,08dif_1 + 0,11dif_2 + 0,10dif_3 + 0,07dif_4 + 0,04dif_5 + 0,09dif_6 + \\
 & 0,04dif_7 + 0,19dif_{10} + 0,01dif_{11} + 0,12dif_{12} + 0,08dif_{13} + 0,01dif_{17} + 0,03dif_{18} + \\
 & 0,02dif_{19} + 0,08dif_{20} - 0,01dif_{22} + 0,04dif_{23} + 0,04dif_{25} + 0,02dif_{26}
 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Este modelo apresentou coeficiente de determinação $R^2 = 0,863$, indicando que 86,3% da variação do escore da satisfação é explicada pelo modelo, sendo que 13,7% dessa variação é explicada por outros fatores. O coeficiente de determinação ajustado foi $R^2_{Ajustado} = 0,82$.

A Tabela 4.16, apresenta o resultado do teste F: um teste de hipóteses que verifica a hipótese nula de que todos os coeficientes são nulos contra a alternativa de que existe pelo menos um coeficiente diferente de zero. A estatística F e sua significância inferior a 0,001 indicam que se deve rejeitar a hipótese nula, mostrando evidências de que existe pelo menos um coeficiente diferente de zero.

Tabela 4.16: Resultados da Análise da Variância

	SQ	Gl	MQ	F	Valor p
Regressão	13861,785	19	729,568	23,265	< 0,001
Resíduos	2195,125	70	23,265		
Total	16056,910	89	31,359		

Fonte: a autora.

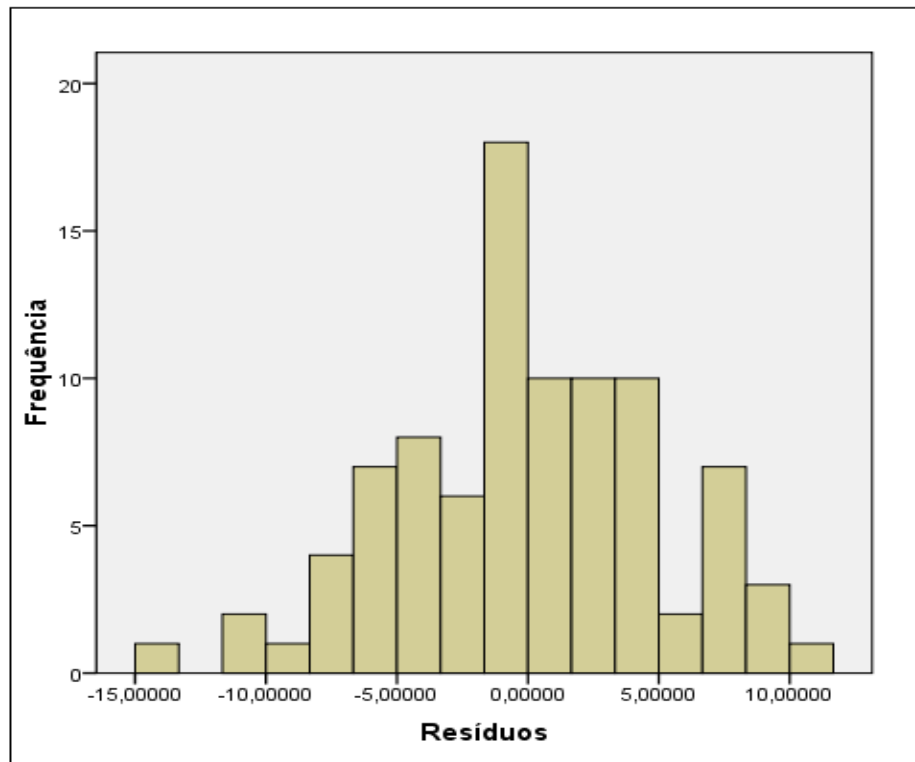
A normalidade dos resíduos foi verificada através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro Wilk que testam a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal. A Tabela 4.17 apresenta os resultados destes testes, mostrando que se deve aceitar a hipótese nula: não foram encontradas evidências de que os dados não sigam uma distribuição normal.

Tabela 4.17: Testes de normalidade dos resíduos

	Kolmogorov-Smirnov				Shapiro-Wilk			
	Estatística	gl	valor p	Decisão	Estatística	gl	valor p	Decisão
Resíduos	0,46	90	0,2	Não rejeita H_0	0,99	90	0,9	Não rejeita H_0

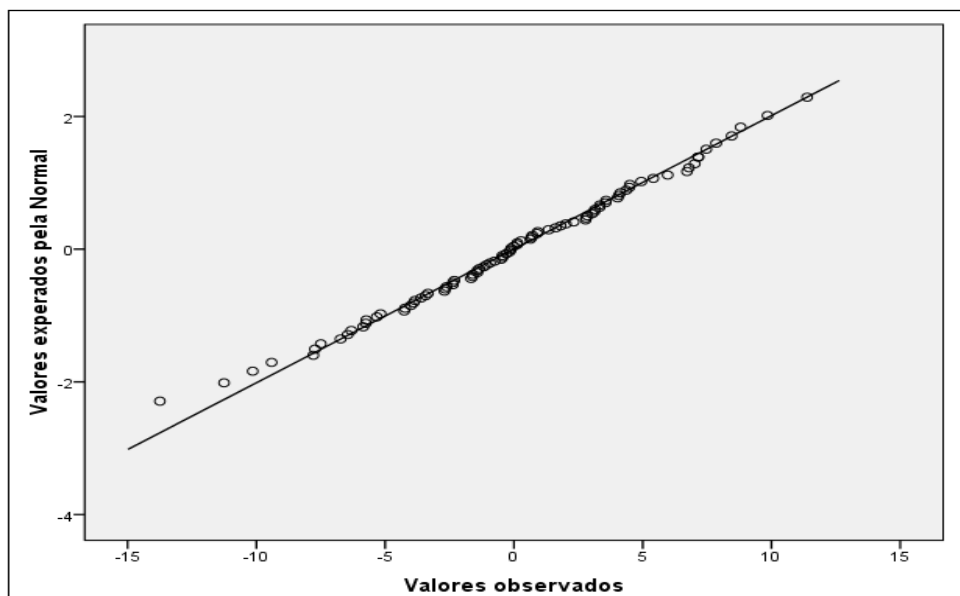
Fonte: a autora.

A análise gráfica dos resíduos foi realizada por meio do histograma (Figura 4.4), gráfico de probabilidade normal (Figura 4.5), *boxplot* (Figura 4.6) e gráfico de dispersão entre os resíduos e os valores observados (Figura 4.7).



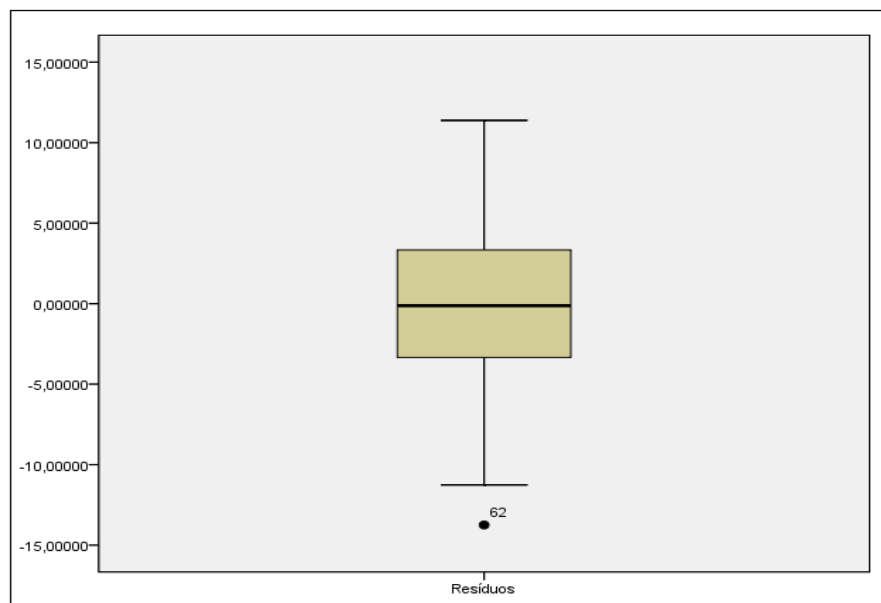
Fonte: a autora.

Figura 4.4. Histograma dos resíduos



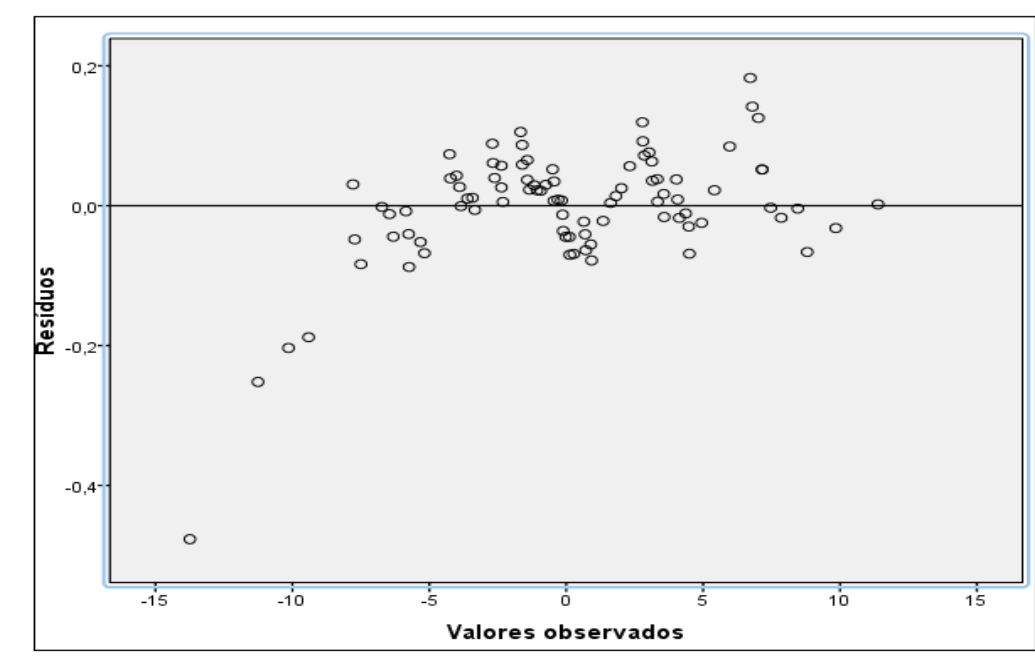
Fonte: a autora.

Figura 4.5. Gráfico de probabilidade normal dos resíduos



Fonte: a autora.

Figura 4.6. Boxplot dos resíduos



Fonte: a autora.

Figura 4.7. Gráfico de dispersão entre os resíduos e valores observados

Observa-se que o histograma dos resíduos (Figura 4.4) é bem semelhante ao que apresenta uma distribuição normal, pois é senoidal e as frequências mais elevadas localizam-se próxima ao centro da figura. O gráfico de probabilidade normal dos resíduos (Figura 4.5) também se assemelha ao de uma distribuição normal, pois a maioria dos pontos situa-se próximo à reta. Já o *boxplot* (Figura 4.6), por

apresentar sua metade superior muito semelhante à metade inferior, também sugere que os resíduos apresentam distribuição simétrica, que é uma propriedade da distribuição normal, embora neste último exista um possível valor fora do padrão inferior. No gráfico de dispersão (Figura 4.7), que relaciona resíduos e valores observados, não se visualiza padrão, o que é satisfatório.

Pelos resultados obtidos nesta análise, o modelo encontrado é satisfatório.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No final do presente estudo, todos os objetivos, gerais e específicos foram atingidos, encontrando-se um modelo de boa qualidade para mensurar o nível de satisfação dos estudantes de um curso de Matemática.

A satisfação dos acadêmicos é um assunto de suma importância, pois possibilita um melhor desempenho acadêmico. Como abordado no início desse estudo, a preocupação governamental com a inclusão de um número cada vez maior de estudantes no ensino superior se torna cada vez maior. O objetivo é que o Brasil eleve seu índice de ingressos nas universidades, porém isso acarreta um problema: a heterogeneidade presente nas IES. Com isso, satisfazer os estudantes torna-se uma tarefa difícil, pois as instituições são compostas por estudantes que se distinguem em renda, famílias, objetivos e personalidades. Então, desenvolver um instrumento que consiga medir a satisfação dos acadêmicos é o primeiro passo para que possam ser implementadas ações que melhorem o nível de satisfação discente e, consequentemente, melhorar seus respectivos rendimentos acadêmicos.

O instrumento desenvolvido passou pelas etapas de validação de conteúdo, com a finalidade de definir uma amostra de itens relevantes para diferentes domínios que compõe o construto a ser mensurado, e validação de construto, que identifica variáveis latentes e suas composições, além de análise de confiabilidade, sendo encontrados resultados satisfatórios.

O instrumento construído pode ser utilizado em avaliações periódicas de cursos de graduação em Matemática e os seus resultados podem fornecer sugestões para melhoria na qualidade do ensino, pois podem auxiliar na elaboração de planos e metas, visando uma melhor organização por parte das IES. Salienta-se, entretanto, que seria adequado a realização de uma AF confirmatória. Da mesma forma, evidencia-se a importância de adequação de um instrumento de medição ao contexto onde será aplicado, que pode variar de uma instituição para outra, de um curso de graduação para outro, de um local para outro.

Cabe ressaltar que o instrumento teve como público alvo apenas estudantes de cursos de graduação em Matemática. Em estudo futuro seria válido avaliar a possibilidade de diversificar a amostra envolvendo outros cursos de graduação. Sugere-se também a comparação do desempenho do método utilizado com o desempenho de outros métodos usados medir a satisfação, tais como: modelo hierárquico Coppe-Cosenza e Teoria de Resposta ao Item.

Salienta-se ainda, que este estudo envolveu conhecimentos das áreas de Marketing, Qualidade, Matemática, Estatística, Educação e Psicologia, caracterizando-se como um estudo multidisciplinar.

REFERENCIAS

AVILA, S. H.; MATTOS, V. L. D. A qualidade dos produtos e serviços e a satisfação dos consumidores como diferencial competitivo no mercado. In: José Pedro Gomes Klein; Thiago Buzatto Storck. (Org.). **Diferencial Competitivo**. 1ed. Porto Alegre: Gré Serviços Linguísticos e Editoriais, 2014, v. 1, p. 186-193.

AVILA, S. H. **Mensuração da Qualidade do Ensino a Partir da Avaliação da Satisfação do Discente com o Curso de Psicologia de Uma Instituição de Ensino Superior**. Dissertação de Mestrado. Programa de Modelagem Computacional. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

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. **Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática**. Campinas: Coleção Imecc – Textos Didáticos, 2006.

BELLO, Pedro. **Estatística básica**. Rio de Janeiro: Editora Ferreira, 2005.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo da Educação Superior. **“Brasil teve mais de 7 milhões de matrículas no ano passado”**. 2013. Disponível em:< http://portal.inep.gov.br/visualizar/-/asset_publisher/6AhJ/content/divulgados-sinopse-e-microdados-do-censo-2014>. Acesso em: 25 fev. 2016.

BONICI, R. M. C.; ARAÚJO, J. C. Medindo a satisfação dos estudantes em relação a disciplina on-line de Probabilidade e Estatística. Disponível em:<<http://www.abed.org.br/congresso2011/cd/190.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

BUSSAB, W; MORETTIN, P. **Estatística Básica**. 6ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.

CARROL, R.J.; RUPPERT, D. **Transformation and weighting in regression**. New York: Chapman and Hall, 1988.

CHEN. G.; PHAM, T.T. **Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy logic and Fuzzy Control Systems**. New York: CRC Press, 2000.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada**. São Paulo: Atlas, 2009.

CUNHA, P. R.; GOMES, G.; BECK, F. Satisfação dos Estudantes do Curso de Ciências Contábeis: Estudo em Universidades Públicas de Santa Catarina. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 27, n.1, pp. 42-62, 2016.

DELGADO, M.; VERDEGAY, J. L.; VILA, M. A. A procedure for ranking fuzzy numbers using fuzzy relations. **Fuzzy Sets and Systems**, v.26, n.1, pp.49-62, 1988.

FALCÃO, D. M. **Conjuntos, lógica e sistemas fuzzy**. COPPE/UFRJ, BRASIL.2011. Disponível em:<<http://www.nacad,ufrj.br/~falcao/coe/765/Fuzzy2002.pdf>> Acesso em: 07 fev. 2016.

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

FIOR, C. A.; MERCURI, E. **Formação universitária: o impacto das atividades não obrigatórias**. In: E. Mercuri & S. A. J. Polydoro (Orgs.), *Estudante universitário: características e experiências de formação*. Taubaté: Cabral. 2003, p. 129-153.

FRUTUOSO, S. G. **Pesquisa: 70% dos jovens dizem que não se sentem preparados para o mercado de trabalho**, 2013. Disponível em<http://epoca.globo.com/vida/vida-util/carreira/noticia/2013/10/pesquisa-70-dos-jovens-dizem-que-nao-se-sentem-preparados-para-o-mercado-de-trabalho>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

HAIR JR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

JUDGE, G.G.; HILL, R.C.; GRIFFITHS, W.E.; LIITKEPOHL, H.; LEE, T.C. **Introduction to the theory and practice of econometrics**. 2ed. New York: John Wiley & Sons, 1988.

KAISER, H. F.; RICE, J. Little Jiffy, mark IV. **Education and Psychological Measurement**, 1974.

KLIR, G. J.; YUAN, B. **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications**. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

KOHAGURA, T. *Lógica fuzzy e suas aplicações*. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Ciências da Computação, Departamento de Computação, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de Marketing**. 12. ed., São Paulo: Person Prentice Hall, 2006.

MARTINS, F. A satisfação acadêmica: construção de uma escala. In: **Congresso GalaicoPortuguês de Psicopedagogia**, Universidade do Minho, Braga, 1998, Anaisdo CGPP, pp.188-193, 1998.

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

MATTOS, V. L. D.; PEREIRA, M. C.; P.; ROSA, S. E. Proposta de modelo de avaliação da satisfação de usuários de transporte público usando lógica fuzzy. In: **VIII Congresso de Excelência em Gestão**, 2012, Rio de Janeiro/Niterói. Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói: UFF, 2012. pp. 1-14.

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

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

MUNHOZ, A. **Veja como está a educação no Brasil segundo a ODCE**, 2015. Disponível em: <<http://br.blastingnews.com/economia/2015/05/veja-como-esta-a-educacao-no-brasil-segundo-a-ocde-00396237.html>>. Acesso em: 07 abr. 2016.

NARULA, S. C.; STANGENHAUS, G. **Análise de regressão L1**. Rio de Janeiro: IMPA, 1988.

PASCARELLA, E. T; TERENZINI, P. T. **How College Affects Students: a third decade of research**. v.2, 2 ed., San Francisco, USA: Jossey-Bass, 2005.

PASQUALI, L. **Análise Fatorial para pesquisadores**. Brasília, Brasil: Editora LabPAM, 2005.

PASWAN, A. K.; YOUNG, J. A. Student evaluation of instructor: a monological investigation using structural equation modeling. **Journal of Marketing Education**. v.40, n.5, pp.486-505, 2002,

PINHEIRO, J. I.; CARVAJAL, S. R.; CUNHA, S. B.; GOMES, G. C. **Probabilidade e Estatística**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

Portal Action. **Software de Estatística Online**. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

RODRIGUEZ, B. D.A.; MENEGHETTI, C. M. S.; POFFAL, C. A. Estudo do perfil dos alunos do curso de Matemática Aplicada-Bacharelado: entendo as razões para o baixo rendimento dos acadêmicos. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p.152-162, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x14785>. Acesso em: jan. 2015.

ROSA, S. E. **Modelo Fuzzy de avaliação de risco para o reconhecimento de Cursos de Graduação**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2012.

SCHLEICH, A. L. R.; POLYDORO, S. A. J.; SANTOS, A. A. A. Escala de satisfação com a experiência acadêmica de estudantes do Ensino Superior. **Avaliação Psicológica**, v.5, n.1, pp. 11-20, 2006.

SILVESTRE, I. M. B. **Gráficos de Controle: Aspectos Teóricos e Práticos a Partir da Ótica da Lógica Formal e da Lógica Fuzzy**. Dissertação de Mestrado. Programa de modelagem Computacional. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

SOARES, A. P. C., VASCONCELOS, R. M.; ALMEIDA, L. S. Adaptação e Satisfação na Universidade: apresentação e validação do Questionário de Satisfação Acadêmica, **Contextos e dinâmica da vida acadêmica**, pp.153-165, 2002.

SOUZA, S.A.; REINERT, J. N. Avaliação de um curso de ensino superior através da satisfação/insatisfação discente. **Revista da Avaliação da Educação Superior**, v. 15, n. 1, pp.159-176, 2010.

SULTAN, P.; WONG, H. Y. Antecedents and consequences of service quality in a higher education context: a qualitative research approach. **Quality Assurance in Education**, v. 21, n. 1, p. 70-95, 2013.

ZADEH, L. A. 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.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v.8, pp. 338-353, 1965

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

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

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

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

APÊNDICE 1 - Instrumento Preliminar.

Parte 1 –Dados de Identificação

1) N° de matrícula:

2) Idade: anos

3) Gênero: ☐ feminino ☐ masculino4) Estado Civil: ☐ solteiro (a) ☐ casado (a) ☐ separado(a) ☐ viúvo (a)5) Você trabalha? ☐ sim ☐ nãoCaso “**sim**”, informe o turno: ☐ manhã ☐ tarde ☐ noite

6) Qual a quantidade de pessoas que compõe a família?

7) Qual a renda familiar, ou seja, a soma da renda de todas as pessoas que moram com você?

☐ até 1 salário mínimo (até R\$ 880,00).☐ de 1 a 3 salários mínimos (de R\$ 880,00 até R\$ 2.640,00);☐ de 3 a 7 salários mínimos (de R\$ 2640 até 6.160,00);☐ mais de 7 salários mínimos (superior a 6.160,00)8) Curso que frequenta: ☐ Matemática Aplicada ☐ Matemática Licenciatura9) Encontra-se padrão no curso? ☐ sim ☐ não

10) Qual a quantidade de disciplinas já cursadas e concluídas com aprovação?

11) Possui algum tipo de bolsa ou auxílio financeiro? ☐ sim ☐ nãoCaso “**sim**”, especifique o tipo: 12) Participa de atividades extracurriculares? ☐ sim ☐ não

13) Qual foi o ano de conclusão do Ensino Médio?

14) Qual a modalidade de ensino cursada durante o Ensino Médio?

☐ Ensino Médio Tradicional ☐ Ensino Médio Profissionalizante (técnico)☐ Ensino Médio Profissionalizante (magistério) ☐ EJA ☐ Outra modalidadeEm caso de “**outra modalidade**”, especifique o tipo.

15) Tipo de escola em que cursou o Ensino Médio:

☐ Público ☐ Privado ☐ Público/Privado

Parte II - Avalie as declarações apresentadas abaixo, atribuindo duas pontuações entre zero (ruím) e 100 (excelente). A primeira deve representar a importância do item para a sua satisfação em relação ao curso de graduação. A segunda deve representar a qualidade percebida em relação ao item do serviço oferecido pela instituição.

Declarações	Importância	Qualidade
1. A infraestrutura física da Instituição (prédios, salas de aula, laboratórios, ambientes de trabalho / estudo, auditórios) atende às necessidades.		
2. A infraestrutura física das salas de aula (cadeiras, classes, equipamentos de ventilação, paredes, pisos etc.) é adequada.		
3. Os recursos e equipamentos audiovisuais disponíveis na Instituição (salas de aula, laboratórios e auditórios) estão disponíveis e em bom estado, quando existe necessidade de utilizá-los		
4. Os equipamentos e softwares oferecidos nos laboratórios de informática são adequados e de boa qualidade.		
5. O acervo disponível na biblioteca é atualizado e adequado à demanda.		
6. A segurança oferecida pela Instituição é adequada.		
7. A equipe de limpeza mantém os ambientes em boas condições de higiene e organização		
8. O atendimento e a clareza das informações oferecidas pelos funcionários das secretarias da Instituição são satisfatórios.		
9. As referências indicadas nas disciplinas estão de acordo com os conteúdos ministrados.		
10. A ementa das disciplinas está adequada a sua carga horária.		
11. Os trabalhos/exercícios propostos são adequados aos conteúdos desenvolvidos nas disciplinas?		
12. Os recursos pedagógicos são de boa qualidade.		
13. A sequência da grade curricular do Curso é adequada.		
14. A Instituição possui atividades extracurriculares diversificadas.		
15. O envolvimento pessoal em relação ao curso que frequenta é satisfatório.		
16. Existem eventos sociais realizados pela Instituição.		
17. A instituição possui programas e serviços de apoio financeiro ao estudante.		
18. A Instituição oferece condições de desenvolvimento pessoal do estudante.		
19. Os professores apresentam os conteúdos de forma clara.		
20. Os professores estão comprometidos a ensinar.		
21. Os exemplos utilizados pelos professores auxiliam na compreensão do conteúdo.		
22. Os professores procuram relacionar a teoria com a prática profissional durante as aulas.		

23. Os professores são qualificados profissionalmente.		
24. Os professores já utilizaram algum tipo de metodologia diferenciada em sala de aula.		
25. Os professores abordam todos os conteúdos previstos nas ementas das disciplinas.		
26. Os professores relacionam os conteúdos com as demais disciplinas do curso.		
27. Os professores incentivam os debates em sala de aula.		
28. Os professores são receptivos a novas ideias e diferentes pontos de vista.		
29. Os professores avaliam seus alunos com coerência.		
30. Os professores disponibilizam horários para atendimentos individuais ou extraclasse.		
31. O estudante apresenta interesse em aprender os conteúdos desenvolvidos durante às aulas.		
32. O estudante permanece atento as aulas.		
33. Curso lhe desafia intelectualmente.		
34. Geralmente, os estudantes participam das discussões em sala de aula.		
35. Os estudantes têm oportunidades de realizarem perguntas sobre o conteúdo abordado em sala de aula.		

RESPONDA:

- 1) O que fez você escolher a FURG para cursar seu curso de graduação?
- 2) Por que você escolheu este curso de graduação?

APÊNDICE 2 - Termo de consentimento livre e esclarecido

[illegible]

APÊNDICE 3 - Primeira versão do Instrumento

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE MATEMÁTICA ESTATÍSTICA E FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGE COMPUTACIONAL

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

1) Idade: anos

2) Gênero: (..) feminino () masculino

3) Estado Civil: (..) solteiro (a) () casado (a) () separado(a) () viúvo (a)

4) Você trabalha? () sim () não

Caso “**sim**”, informe o turno: (...) manhã (..) tarde (..) noite

5) Qual a quantidade de pessoas que compõe sua família?

6) Qual a renda familiar, ou seja, a soma da renda de todas as pessoas que moram com você?

() até 1 salário mínimo;

() de 1,1 a 3 salários mínimos;

() de 3,1 a 7 salários mínimos;

() mais de 7 salários mínimos;

() não gostaria de informar.

7) Curso que frequenta: () Matemática Aplicada () Matemática Licenciatura

8) Encontra-se padrão no curso? () sim () não

9) Qual a quantidade de disciplinas já cursadas e concluídas com aprovação?

10) Possui algum tipo de bolsa ou auxílio financeiro? () sim () não

Caso “**sim**”, especifique o tipo:

11) Participa de atividades extracurriculares (eventos científicos, atividades de pesquisa, monitoria, ...)? () sim () não

12) Qual foi o ano de conclusão do Ensino Médio?

13) Qual a modalidade de ensino cursada durante o Ensino Médio?

() Ensino Médio Tradicional () Ensino Médio Profissionalizante (técnico)

() Ensino Médio Profissionalizante (magistério) () EJA () Outra modalidade

Em caso de “**outra modalidade**”, especifique o tipo

14) Tipo de escola em que cursou o Ensino Médio: () Público () Privado
() Público/Privada

Avalie os itens apresentados abaixo, atribuindo duas pontuações entre **zero (ruím)** e **100 (excelente)**. A **primeira** deve representar a **importância** do item para a sua satisfação em relação ao curso de graduação. A **segunda** deve representar a **qualidade percebida** em relação ao serviço oferecido pela instituição.

Declarações	Importância	Qualidade
1. Infraestrutura física da Instituição (prédios, salas de aula, laboratórios, ambientes de trabalho/estudo, auditórios).		
2. Infraestrutura física das salas de aula (cadeiras, classes, equipamentos de ventilação, paredes, pisos etc.).		
3. Segurança (vigias, porteiros, iluminação...) oferecida pela Instituição.		
4. Limpeza dos ambientes.		
5. Informações oferecidas pelos funcionários das secretarias da Instituição.		
6. Recursos e equipamentos audiovisuais disponíveis na Instituição (salas de aula, laboratórios e auditórios).		
7. Equipamentos e softwares oferecidos nos laboratórios de informática.		
8. Acervo disponível na biblioteca.		
9. Programas e serviços de apoio financeiro ao estudante oferecidos pela Instituição.		
10. Concordância das referências bibliográficas com os conteúdos ministrados nas disciplinas.		
11. Ementa das disciplinas (ou conteúdo programático) adequada a sua carga horária.		
12. Adequação entre atividades (trabalhos, exercícios, ...) e conteúdos desenvolvidos nas disciplinas.		
13. Recursos pedagógicos (atividades que auxiliem a aprendizagem, como jogos, desafios, utilização de máquinas/equipamentos ...).		
14. Grade curricular.		
15. Atividades extracurriculares diversificadas.		
16. Envolvimento pessoal em relação ao curso (frequência, cumprimento de horários, participação em atividades não obrigatórias...).		
17. Clareza por parte dos professores nas apresentações dos conteúdos.		
18. Comprometimento com o ensino.		

19. Relação entre a teoria e a prática profissional durante as aulas.		
20. Qualificação profissional dos professores.		
21. Cumprimento dos conteúdos previstos nas ementas das disciplinas.		
22. Interdisciplinaridade entre as disciplinas do curso.		
23. Incentivo a debates em sala de aula.		
24. Receptividade dos professores em relação a novas ideias e diferentes pontos de vista.		
25. Coerência nas avaliações das disciplinas.		
26. Atendimento extraclasse (professores/monitores).		
27. Eventos sociais realizados pela Instituição, que promovam confraternização entre os estudantes.		

RESPONDA:

1) O que fez você escolher a FURG para cursar seu curso de graduação?

.....

2) Por que você escolheu este curso de graduação?

.....

.....

APÊNDICE 4 – Versão final do Instrumento

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE MATEMÁTICA ESTATÍSTICA E FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGE COMPUTACIONAL

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

1) Idade: anos

2) Gênero: (..) feminino () masculino

3) Estado Civil: (..) solteiro (a) () casado (a) () separado(a) () viúvo (a)

4) Você trabalha? () sim () não

Caso “**sim**”, informe o turno: (...) manhã (..) tarde (..) noite

5) Qual a quantidade de pessoas que compõe sua família?

6) Qual a renda familiar, ou seja, a soma da renda de todas as pessoas que moram com você?

() até 1 salário mínimo;

() de 1,1 a 3 salários mínimos;

() de 3,1 a 7 salários mínimos;

() mais de 7 salários mínimos;

() não gostaria de informar.

7) Curso que frequenta: () Matemática Aplicada () Matemática Licenciatura

8) Encontra-se padrão no curso? () sim () não

9) Qual a quantidade de disciplinas já cursadas e concluídas com aprovação?

10) Possui algum tipo de bolsa ou auxílio financeiro? () sim () não

Caso “**sim**”, especifique o tipo:

11) Participa de atividades extracurriculares (eventos científicos, atividades de pesquisa, monitoria, ...)? () sim () não

12) Qual foi o ano de conclusão do Ensino Médio?

13) Qual a modalidade de ensino cursada durante o Ensino Médio?

() Ensino Médio Tradicional () Ensino Médio Profissionalizante (técnico)

() Ensino Médio Profissionalizante (magistério) () EJA () Outra modalidade

Em caso de “**outra modalidade**”, especifique o tipo

14) Tipo de escola em que cursou o Ensino Médio: () Público () Privado
() Público/Privada

Avalie os itens apresentados abaixo, atribuindo duas pontuações entre **zero (ruím)** e **100 (excelente)**. A **primeira** deve representar a **importância** do item para a sua satisfação em relação ao curso de graduação. A **segunda** deve representar a **qualidade percebida** em relação ao serviço oferecido pela instituição.

Itens	Importância	Qualidade
Recursos (Materiais e Humanos)		
Infraestrutura física da Instituição (prédios, salas de aula, laboratórios, ambientes de trabalho/estudo, auditórios).		
Infraestrutura física das salas de aula (cadeiras, classes, equipamentos de ventilação, paredes, pisos etc.).		
Segurança (vigias, porteiros, iluminação...) oferecida pela Instituição.		
Limpeza dos ambientes.		
Informações oferecidas pelos funcionários das secretarias da Instituição.		
Recursos e equipamentos audiovisuais disponíveis na Instituição (salas de aula, laboratórios e auditórios).		
Concordância das referências bibliográficas com os conteúdos ministrados nas disciplinas.		
Adequação entre atividades (trabalhos, exercícios, ...) e conteúdos desenvolvidos nas disciplinas.		
Comprometimento com o ensino.		
Qualificação profissional dos professores.		
Professor		
Clareza por parte dos professores nas apresentações dos conteúdos.		
Comprometimento com o ensino.		
Relação entre a teoria e a prática profissional durante as aulas.		
Qualificação profissional dos professores.		

Coerência nas avaliações das disciplinas.		
Metodologia		
Equipamentos e softwares oferecidos nos laboratórios de informática.		
Recursos pedagógicos (atividades que auxiliem a aprendizagem, como jogos, desafios, utilização de máquinas/equipamentos ...).		
Atendimento extraclasse (professores/monitores).		
Disciplinas		
Ementa das disciplinas (ou conteúdo programático) adequada a sua carga horária.		
Interdisciplinaridade entre as disciplinas do curso.		
Incentivo a debates em sala de aula.		

RESPONDA:

- 1) O que fez você escolher a FURG para cursar seu curso de graduação?

.....

- 2) Por que você escolheu este curso de graduação?

.....

.....