



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E MATEMÁTICA APLICADA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM MATEMÁTICA INDUSTRIAL

LUCAS GONÇALVES MONTE

ESCALA LIKERT DIFUSA: UM ESTUDO SOBRE DIFERENTES ABORDAGENS

FORTALEZA

2020

LUCAS GONÇALVES MONTE

ESCALA LIKERT DIFUSA: UM ESTUDO SOBRE DIFERENTES ABORDAGENS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Matemática Industrial do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Matemática Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Coelho Silva

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M767e Monte, Lucas Gonçalves.

Escala Likert difusa : um estudo sobre diferentes abordagens / Lucas Gonçalves Monte. – 2020.
44 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Matemática Industrial, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Coelho Silva.

1. Escala Likert. 2. Conjuntos Difusos. 3. Escala Likert difusa. 4. Escala psicométrica. I. Título.

CDD 510

LUCAS GONÇALVES MONTE

ESCALA LIKERT DIFUSA: UM ESTUDO SOBRE DIFERENTES ABORDAGENS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Matemática Industrial do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Matemática Industrial.

Aprovada em: 11/11/2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Coelho Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Julio Francisco Barros Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Hermany Rosa Vieira
Programa de Aprendizagem Cooperativa em Células
Estudantis (PACCE)

Aos meus familiares e amigos, que estiveram comigo durante esta caminhada. Em especial minha mãe, que, infelizmente, não poderá acompanhar este momento conclusivo, mas foi fundamental nessa construção. À todas as pessoas que defendem a Universidade Pública e a Ciência deste país.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ricardo Coelho Silva que me orientou neste trabalho de conclusão de curso e proporcionou diversos ensinamentos que transformaram o começo desta minha caminhada como cientista.

Ao Hermany Rosa Vieira que coordena o Programa de Aprendizagem Cooperativa em Células Estudantis (PACCE) onde parte deste trabalho foi desenvolvido e onde tive a oportunidade de agregar uma base humana em minha formação.

Ao Doutorando em Engenharia Elétrica, Ednardo Moreira Rodrigues, e seu assistente, Alan Batista de Oliveira, aluno de graduação em Engenharia Elétrica, pela adequação do *template* utilizado neste trabalho para que o mesmo ficasse de acordo com as normas da biblioteca da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Ao Corpo Docente do Departamento de Estatística e Matemática Aplicada (DEMA) que me proporcionou uma experiência acadêmica frutífera em ideias, sempre incentivando e valorizando o corpo discente do departamento.

Aos servidores técnico-administrativos da Universidade Federal do Ceará (UFC) que incessantemente atuam na manutenção desta Instituição. Em especial minhas amigas Cláudia Maia, Valdi Matos e Erione Melo que proporcionaram grande aprendizado político-filosófico e de séries nos intervalos de aula. Também sou grato a Diana Flor Rifane, bibliotecária da Biblioteca do Curso de Matemática pelas valiosas contribuições na formatação deste trabalho.

Agradeço a todas as minhas amigas que compartilharam diversas experiências pessoais e acadêmicas. Não mencionarei nomes para evitar esquecimentos, mas cada momento ficou registrado em minha história de vida e cada pessoa que me deu a oportunidade de compartilhar algo também deixou um pedacinho comigo.

Por fim, agradeço aos familiares que estiveram comigo durante toda esta jornada e compreenderam momentos de afastamento, incertezas, alegrias e diversos outros sentimentos. Em especial meu irmão Leonardo Gonçalves Monte, que no período da conclusão esteve mais presente do que nunca; meu pai Julio Cesar Teixeira Monte, que ajudou nos momentos de incerteza acadêmica e minha mãe Iracema Gonçalves Silva, que fez mais do que tudo para que eu pudesse chegar onde cheguei e, infelizmente, não está aqui para colher os frutos, mas que eu espero poder honra-la de alguma forma.

"Essencialmente, todos os modelos estão errados, mas alguns são úteis." (BOX, 1976)

RESUMO

Avaliar atitudes humanas é um dos pontos-chave em escalas psicométricas, sendo a Escala Likert a mais conhecida e utilizada, comumente apresentada como uma escala de cinco ou quatro pontos inteiros variando do "discordo totalmente" ao "concordo totalmente". A importância da escala se dá na necessidade de captar as ideias de determinados grupos para a tomada de decisão. Logo, estas escalas carregam em si a incerteza que permeia a subjetividade de quem responde. A Escala Likert traz algumas fraquezas nesse processo de avaliação por perder informações sobre a incerteza de quem responde. Assim, uma variação da Escala Likert incorporando a Teoria de Conjuntos Difusos, a fim de considerar a incerteza e/ou ambiguidade na resposta dos entrevistados, torna-se relevante. Para isso, neste trabalho são apresentadas algumas estratégias da literatura que buscam aprimorar a Escala Likert Clássica por meio da Teoria de Conjuntos Difusos. A fim de verificar se as Escalas Likert Difusas são mais satisfatórias que a Escala Likert Clássica, é realizado testes nas formulações propostas considerando casos hipotéticos e reais, avaliando métricas como média, desvio-padrão e consenso entre as respostas. Dessa forma, trazendo segurança para que as áreas que utilizam o método possam ser mais assertivas em suas análises e considerando melhor aquilo que o grupo pesquisado realmente tentou informar.

Palavras-chave: escala Likert; conjuntos difusos; escala Likert difusa; escala psicométrica.

ABSTRACT

To analyze human attitudes is one of the key-points in Psychometric Scales. Being the most known and used, the Likert Scale is commonly presented as a five-point or four-point rating scale ranging from “strongly disagree” to “strongly agree”. The importance of the scale is based on the necessity to collect the ideas of certain groups for the decision making. Therefore, psychometric scales include the uncertainty that works on the subjectivity of individual answers. The Likert Scale brings some weakness to this evaluation process by losing information about the uncertainty of the answers provided. So, an approach of the Likert Scale incorporating the Fuzzy Sets Theory - considering the uncertainty and/or the ambiguity in the answer of the interviewed - make the discussion relevant. Towards that, in this paper are shown some literature strategies that seek to improve the Classic Likert Scale by the Fuzzy Sets Theory. In order to confirm if the Fuzzy Likert Scales are more satisfying than Classic Likert Scale, tests are fulfilled in the previous considerations seeing hypothetical and real cases, evaluating metrics such as: mean, standard deviation and agreement among the answers. So, bringing reliability to the areas that use the method in order to be more assertive on its analyzes and considering best what the group studied indeed tried to show/inform.

Keywords: Likert scale; fuzzy sets; fuzzy Likert scale; psychometric scale.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala de Diferencial Semântico	18
Figura 2 – Escala de Stapel	18
Figura 3 – Escala de Guttman	19
Figura 4 – Escala de Alpert	19
Figura 5 – Escala de Thurstone	20
Figura 6 – Método Sigma de Pontuação	22
Figura 7 – Escala Likert	22
Figura 8 – Escala Likert Fuzzy	28
Figura 9 – Defuzzificação	29
Figura 10 – Função Triangular	42
Figura 11 – Função Trapezoidal	43
Figura 12 – Função Gaussiana	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Hipótese mais provável.....	27
Tabela 2 – Distribuição de respostas do caso hipotético	31
Tabela 3 – Distribuição de respostas do caso hipotético para Formulação 1	33
Tabela 4 – Distribuição de respostas do caso hipotético para Formulação 2	35
Tabela 5 – Distribuição de respostas do caso hipotético para Formulação 3	35
Tabela 6 – Distribuição de respostas do caso hipotético para Formulação 4	36
Tabela 7 – Distribuição de respostas do caso real	36
Tabela 8 – Desempenho das formulações no Caso Real	37
Tabela 9 – Desempenho das formulações no Caso A.....	37
Tabela 10 – Desempenho das formulações no Caso B.....	38
Tabela 11 – Desempenho das formulações no Caso C.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PACCE Programa de Aprendizagem Cooperativa em Células Estudantis

UFC Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	ESCALAS DE MENSURAÇÃO DE ATITUDE	15
2.1	Motivação	15
2.2	Escala de diferencial semântico	15
2.3	Escala de Stapel.....	16
2.4	Escala de Guttman.....	16
2.5	Escala de Alpert	17
2.6	Escala de Thurstone	17
3	ESCALA LIKERT CLÁSSICA	19
3.1	Desenvolvimento	19
3.2	Método Sigma de Pontuação.....	20
3.3	Simplificação do Método Sigma	20
3.4	Desvantagens	21
4	ESCALA LIKERT DIFUSA	23
4.1	Motivação	23
4.2	Aprimoramentos da Escala Likert	24
4.3	Formulação 1: Hipótese mais provável.....	24
4.4	Formulação 2: Números difusos triangulares	25
4.5	Formulação 3: Escala Likert Difusa	26
4.6	Formulação 4: melhoramento da Escala Likert	27
5	METODOLOGIA	29
6	RESULTADOS	31
6.1	Caso hipotético: formulação 1	31
6.2	Caso hipotético: formulação 2	31
6.3	Caso hipotético: formulação 3	33
6.4	Caso hipotético: formulação 4.....	34
6.5	Caso real	34
6.6	Desempenho das formulações	35
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	37
	REFERÊNCIAS	39

APÊNDICE A – TEORIA DE CONJUNTOS DIFUSOS	40
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

Diversas áreas são influenciadas por decisões humanas que, nem sempre, são tomadas por escolhas baseadas por meio de análises qualitativas e/ou quantitativas. Essas escolhas muitas vezes são tomadas com base na experiência obtida a partir de decisões passadas com premissas parecidas em sua maioria ou totalidade, formando uma base de conhecimento para fazer avaliações sobre determinadas situações.

Essa avaliação é definida como atitude pela Psicologia Social. Logo, compreende-se a atitude como uma tendência da subjetividade humana que é expressa por meio de uma avaliação (EAGLY; CHAIKEN, 1998). Em virtude disso, é natural que se busque meios para mensurá-la, haja vista que é possível tomar decisões com base naquilo que a pessoa está realmente querendo expressar.

Atualmente é possível verificar uma recorrente aplicação à mensuração de atitudes em redes sociais, canais de *streaming*, aplicativos de serviços, entre outros. Quando se assiste a um determinado tipo de conteúdo em canais de *streaming* e avalia positiva ou negativamente, as pessoas responsáveis por gerir o canal saberão o que sugerir ou não ao usuário, dessa maneira cativando quem utiliza os serviços.

O Facebook é outro bom exemplo de como as atitudes de usuários podem influenciar na tomada de decisões. Já é possível verificar relações virtuais entre grupos comerciais através das ações dos usuários (TSUTSUMI *et al.*, 2018) ou se as atitudes na rede social demonstram aceitação ou não de determinadas propagandas (LUCIAN; DORNELAS, 2018).

Para além das aplicações nas tecnologias atuais, sua importância se dá na avaliação de políticas públicas; relações conflitantes entre grupos sociais; rejeição ou aceitação de medidas de organizações internacionais; avaliações de interferências entre países ou até mesmo opiniões sobre determinados modelos econômicos, dentre outros. Esses exemplos nos mostram a importância de termos escalas apuradas para fazer mensuração da atitude.

Essa necessidade não é algo atual, haja vista que uma das escalas mais conhecidas é a Escala Likert, proposta em 1932 por Rensis Likert. Entretanto, já haviam outras escalas antes da Likert. Com o passar dos anos, diversas escalas foram produzidas buscando dimensionar as atitudes de forma específica ou geral.

Todavia, a proposta de Likert (1932), por questões de simplicidade, é uma das mais utilizadas, principalmente em pesquisas de opiniões, mas uma de suas principais fraquezas é a necessidade de forçar a pessoa respondente a dar uma opinião fechada a um dos pontos da

escala. Desta forma, desconsiderando a incerteza do pensamento subjetivo humano. Por isso, é interessante buscar refinar a Escala Likert Clássica, aprimorando a capacidade de mensuração da subjetividade humana.

Logo, o objetivo dessa pesquisa visa estudar trabalhos que unem o trabalho de Likert (1932) com a Teoria de Conjuntos Difusos, proposta por Zadeh (1965). Para verificar a possibilidade de considerar com maior precisão a incerteza que permeia a atitude, pois a Teoria de Conjuntos Difusos busca modelar matematicamente a incerteza do pensamento humano que auxilia nas tomadas de decisões.

Nos capítulos subsequentes, serão apresentadas algumas escalas de mensuração de atitude importantes (Cap. 2). Dentre elas, destaca-se a Escala Likert Clássica e seu desenvolvimento, bem como vantagens e desvantagens (Cap. 3). Diante das desvantagens, são apresentadas as formulações para aprimoramento da Escala Likert Clássica através da Teoria de Conjuntos Difusos (Cap. 4). A metodologia utilizada para verificar as formulações é apresentada no Capítulo 5 e os resultados no Capítulo 6. No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e possibilidades de trabalhos futuros.

2 ESCALAS DE MENSURAÇÃO DE ATITUDE

Neste capítulo iremos apresentar motivações no desenvolvimento de algumas escalas de mensuração de atitudes e mostrar quais escalas são utilizadas com frequência, bem como a importância de algumas para o desenvolvimento da Escala Likert Clássica.

2.1 Motivação

É inerente do processo de investigação a utilização de variáveis e medições. Desse processo, podemos identificar variáveis diretamente observáveis e as não diretamente observáveis. Sobre o segundo tipo, Curado *et al.* (2013) pontuam que "a ideia subjacente ao conceito de medida destas variáveis passa pelo facto de ser possível avaliar, atitudes, comportamentos, angústias, opiniões", e que "é neste contexto que emergem as escalas de avaliação compostas por variáveis qualitativas com um formato de medida ordinal".

Não é atual a busca por mensuração de atitude, sendo uma prática tão antiga quanto técnicas que visam mensurar capacidade intelectual (LIKERT, 1932). Entretanto, não há consenso entre as escalas e parte desta dificuldade é encontrada ao analisar matematicamente aspectos cotidianos do comportamento social.

Diversos pesquisadores desenvolveram estudos sobre traços de personalidades e atitudes sociais. Likert (1932), em sua pesquisa, menciona os trabalhos de Murphy, Bain, Vetter, Katz e Allport, Watson e reforça os esforços de Thurstone, que geraram a Escala de Thurstone.

Dentre as diversas escalas, as principais na mensuração de atitude são: escala diferencial semântico, escala de Stapel, escala de Guttman, escala de Alpert, escala de Thurstone e escala Likert (OLIVEIRA, 2001).

2.2 Escala de diferencial semântico

Consiste em uma escala de sete pontos em que nos extremos existem adjetivos ou frases adjetivadas. A proposta é mensurar dimensões de um determinado objeto. A pessoa respondente atribui a pontuação que melhor representa seu sentimento, em uma escala que varia, a cada unidade inteira, de -3 a +3, contendo ponto neutro. A soma total das respostas para cada uma das dimensões definem o perfil da pessoa respondente (OLIVEIRA, 2001). A Figura 1 apresenta um exemplo de aplicação da Escala de Diferencial Semântico.

Figura 1 – Escala de Diferencial Semântico

Com relação a sala observada, qual sua opinião sobre as características:								
Competitiva								Cooperativa
Introvertida								Extrovertida
Prática								Criativa
Pouca empatia								Muita empatia
Centraliza atividades								Compartilha atividades

Fonte: Oliveira (2001)

Para OLIVEIRA (2001), a necessidade de compor a escala com adjetivos opostos é uma limitação, pois nem sempre serão encontrados, com facilidade, antônimos que se encaixem perfeitamente.

2.3 Escala de Stapel

Essa escala se apresenta como uma variação da escala de diferencial semântico, em que utiliza 10 pontos inteiros, diferente de 7, sendo os valores uma variação de +5 a -5, excluindo o ponto neutro (zero) (OLIVEIRA, 2001). A vantagem desta escala é não necessitar de adjetivos bipolares para os itens, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Escala de Stapel

Com relação a sala observada, qual sua opinião sobre as características:										
Cooperativa	-5	-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5
Extrovertida	-5	-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5
Criativa	-5	-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5
Muita empatia	-5	-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5
Compartilha atividades	-5	-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5

Fonte: Oliveira (2001)

2.4 Escala de Guttman

Nesta escala são realizados questionamentos sobre atitudes do objeto analisado, depois é perguntado a intensidade da concordância/discordância e em seguida a pontuação é computada (OLIVEIRA, 2001). Uma desvantagem, segundo OLIVEIRA (2001), é que a escala não dá garantias que esta mensuração possa ser ordenada, pois as atitudes são hierarquizadas sem considerar homogeneidade nas respostas. É possível representá-la graficamente como apresentado na Figura 3:

Figura 3 – Escala de Guttman

A sala é cooperativa?					
SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: Oliveira (2001)

2.5 Escala de Alpert

A escala de Alpert pode ser utilizada para comparar dois objetos. Dado uma lista de atributos, pode-se avaliar três dimensões (Importância, Satisfação e Diferença entre objetos) com pontuação variando de 1 a 5 (OLIVEIRA, 2001), como apresentado na Figura 4. OLIVEIRA (2001) comenta que a possibilidade de avaliar três dimensões de um único atributo é vantajosa, porém, se não for bem explicado, poderá confundir a pessoa que responde.

Figura 4 – Escala de Alpert

Avalie, segundo uma escala de 1 a 5, em que 1 significa nenhum e 5 significa totalmente: 1) a importância do atributo apresentado em relação a um grupo cooperativo; 2) a aderência do grupo A quanto ao atributo apresentado; 3) a diferença do atributo apresentado para o grupo A e para o grupo B.			
Atributos	Importância	Aderência	Diferença A e B
Interdependência na execução das atividades	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Incentiva a participação de todos	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
O grupo sabe falar e ouvir	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
As responsabilidades são bem definidas	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
O grupo compartilha suas fortalezas e fraquezas	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

Fonte: Oliveira (2001)

2.6 Escala de Thurstone

O método de Thurstone foi desenvolvido visando mensurar atitude em relação a determinados problemas sociais, como: livre mercado, patriotismo, guerras, racismo, dentre outros (OLIVEIRA, 2001). Baseado em alguns autores, OLIVEIRA (2001) defende que é possível aplicar a escala de Thurstone em outras áreas através de adaptações.

Para tal, é necessário que especialistas façam afirmações a respeito do objeto a ser avaliado; depois um grupo de juízes irá distribuir cada afirmação em 11 pontos que representarão do menos favorável ao mais favorável. São eliminadas as afirmações que aparecem nos extremos dos juízes, ou seja, possuem grande variação por representarem ambiguidade e as afirmações que possuem pouca variação de categoria, este processo pode ser realizado através da Amplitude

Interquartil. As afirmações remanescentes recebem um peso de acordo com a média de seus pontos e irão compor um questionário para que as pessoas possam responder em ordem aleatória (OLIVEIRA, 2001). A Figura 4 representa um formulário final de 11 afirmações:

Figura 5 – Escala de Thurstone

Assinale nas colunas da direita se você concorda ou discorda com as afirmações apresentadas em relação ao grupo verificado		
Afirmações	Concordo	Discordo
1. O grupo é muito cooperativo nas atividades		
2. O grupo só não soube fazer feedback		
3. O grupo apresenta problemas em falar/ouvir		
4. O grupo aplica alguns conceitos cooperativos		
5. O grupo é colaborativo		
6. O grupo não consegue se motivar		
7. O grupo apresenta excesso de protagonismo		
8. O grupo é muito individualista		
9. O grupo pensa mais no resultado do que nas pessoas		
10. O grupo apresentou muitos conflitos		
11. O grupo é internamente competitivo		

Fonte: Oliveira (2001)

Um ponto fraco dessa escala, segundo OLIVEIRA (2001), é que não é possível determinar a intensidade da resposta ("concordo" poderá representar "concordo totalmente" e "concordo parcialmente"). Likert (1932) também menciona que o método é extremamente trabalhoso e podendo levantar dúvidas se não há formas mais simples de mensurar, mas garantindo a confiabilidade do método, pois é caracterizado por um esforço para equalizar intervalos de mensuração da atitude usando métodos da psicofísica (LIKERT, 1932).

Diante de diversos métodos para medir atitudes, o Método de Thurstone recebe uma atenção especial por apresentar rigorosa análise matemática em seu desenvolvimento. Por isso, de acordo com Likert (1932), a Escala Likert Clássica foi baseada no Método de Thurstone.

3 ESCALA LIKERT CLÁSSICA

Neste capítulo iremos apresentar o desenvolvimento da Escala Likert Clássica para o modelo que é conhecido, juntamente com suas vantagens e desvantagens.

3.1 Desenvolvimento

É sabido que uma atitude é uma resposta específica para uma determinada situação. Dessa forma, ao avaliar as atitudes de uma pessoa em uma determinada situação, por exemplo, opinião sobre economia de um país, deve-se considerar que existem diversas atitudes. O número de atitudes que uma pessoa pode ter em relação a uma determinada situação dependerá de uma variedade de estímulos aos quais é submetida (LIKERT, 1932).

Com isso em mente, é necessário considerar todas as variações de atitudes, entretanto, como a atitude depende da variedade de estímulos, as atitudes possíveis de cada pessoa são quase infinitas (LIKERT, 1932). Assim, mensurar atitudes por meio de uma escala que passa por uma pré-avaliação de juízes e utiliza questionamentos de concordo ou discordo, como é proposto pelo método de Thurstone, a uma determinada afirmação não contemplará todas as variedades e intensidades das atitudes humanas. Em outras palavras, escalas que utilizam expressões verbais de concordância ou discordância são limitadas, pois desconsideram todas as possíveis combinações de estímulos e atitudes.

Então, visando desenvolver uma nova escala que fosse mais apurada, Likert (1932) abordou as áreas de relações internacionais, relações raciais, conflitos econômicos, conflitos políticos e religiosos para desenvolver um questionário em que pudesse testar outras escalas. Vale ressaltar que são as mesmas áreas utilizadas no desenvolvimento da Escala de Thurstone.

O questionário foi desenvolvido com auxílio de especialistas, matérias de jornais, revistas, livros, dentre outras fontes (LIKERT, 1932). Nas respostas do questionário foram apresentados quatro tipos de escalas:

- 1) 3 pontos: sim, ?, não;
- 2) Múltipla escolha: com cinco alternativas;
- 3) 5 pontos: variando de concorda fortemente à discorda fortemente;
- 4) 5 pontos: igual a anterior acrescido de notícias.

Likert (1932) utilizou com amostra de 2000 pessoas, entretanto apenas 650 respostas foram consideradas válidas para a pesquisa. Ao final, Likert (1932) percebeu que as afirmações

com 5 pontos produziram uma distribuição semelhante à distribuição normal.

3.2 Método Sigma de Pontuação

Para uma determinada afirmação, calcula-se a média das respostas de acordo com os pontos de 1 a 5; depois, encontra-se a distância de cada ponto para a média (distância sigma); a média das distâncias irá representar a atitude naquela questão. Abaixo, uma tabela demonstrativa de uma das afirmações da pesquisa realizada por Likert (1932):

Figura 6 – Método Sigma de Pontuação

Dados para a afirmação número 16 da Escala de Internacionalismo					
Alternativa	Concordo Fortemente	Concordo	Indeciso	Discordo	Discordo Fortemente
Percentual checado	13%	43%	21%	13%	10%
Valor sigma correspondente	-1,63	-0,43	+0,43	+0,99	+1,76
Valor 1 a 5 correspondente	1	2	3	4	5

Fonte: Likert (1932)

Likert (1932), ao comparar o método com outras escalas, percebeu que seus resultados eram próximos aos de outras escalas com a vantagem de ser menos trabalhosa. Comparado ao método de Thurstone, o método proposto não precisa de juízes. Outra vantagem do método proposto por Likert é que cada afirmação pode ser avaliada individualmente como uma escala própria.

3.3 Simplificação do Método Sigma

Para Likert (1932) o método sigma já trazia bons resultados em relação a outros métodos, porém buscou-se uma simplificação do método, pois desta forma seria possível economizar tempo em grandes estudos. Dessa forma, procedeu que atribuiria a pontuação de 1 a 5 para "concordo fortemente" a "discordo fortemente", modelo utilizado atualmente, como demonstrado na figura 7.

Figura 7 – Escala Likert

Você concorda com a política de cotas?				
Concordo Fortemente	Concordo	Indiferente	Discordo	Discordo Fortemente
1	2	3	4	5

Fonte: Likert (1932)

Após atribuição de valores, Likert (1932) definiu que a posição de cada indivíduo seria de acordo com a média de seus valores (ou somatório). Dessa forma, conseguiu atingir resultados similares ao método sigma, sendo um processo bem mais simples. Outra vantagem, segundo Likert (1932), é que dessa maneira poderia incluir as respostas de três pontos na análise com respostas de cinco pontos.

3.4 Desvantagens

É inegável a simplicidade do método Likert Clássico, sendo essa a sua principal vantagem. Talvez seja por essa facilidade de compreensão que o método é bastante utilizado nos dias de hoje, sendo até o mais utilizado em pesquisas de Marketing (OLIVEIRA, 2001).

Entretanto, há questionamentos se o procedimento dado à Escala Likert Clássica está realmente coerente, pois ao utilizarmos a média, estamos considerando que é uma escala intervalar. Assim sendo, há uma igualdade nos intervalos entre os pontos (HASSALL, 1999).

Dessa forma, em uma escala de cinco pontos que varia do "discordo totalmente" ao "concordo totalmente", sendo de 1 a 5, a distância entre "discordo" e "concordo" é numericamente o dobro da distância entre "discordo totalmente" e "discordo":

$$D_{concordo/discordo} = 4 - 2 = 2. \quad (3.1)$$

$$D_{discordo/discordo-totalmente} = 2 - 1 = 1. \quad (3.2)$$

Por outro lado, estamos falando de sensações humanas, então, não é sempre verdade essa distância, haja vista que as pessoas podem sentir de maneiras completamente diferentes. Ou seja, não há garantias de que "Concordo" é de algum grau maior que "Discordo" ou "Discordo totalmente", logo "discordo totalmente, discordo, indiferente, concordo, concordo totalmente" representam uma ordenação da atitude, ou seja, a escala Likert não é intervalar, mas ordinal, porque as posições relativas são importantes, mas não mensuramos as distâncias (HASSALL, 1999).

Assim, o cálculo da média não faz sentido, sendo que um valor de média 4,3 não representa, com exatidão, um dos pontos propostos na escala. Portanto, o cálculo da mediana

será mais aceito nesse tipo de situação, pois este apresenta como resultado um ponto definido pela Escala Likert Clássica.

Importante ressaltar que essa desvantagem é fundamental para a interpretação dos resultados. Afinal, pode-se observar a escala como intervalar, enquanto a pessoa respondente está observando como ordinal. Dessa forma, apresentará implicações equivocadas das respostas. Outras críticas a esta escala são apresentadas no próximo capítulo.

4 ESCALA LIKERT DIFUSA

Neste capítulo iremos apresentar estratégias para melhorar a Escala Likert Clássica por meio da Teoria de Conjuntos Difusos.

4.1 Motivação

Por mais que a Escala Likert, originalmente, tenha sido desenvolvida para seguir uma natureza intervalar, alguns pesquisadores sustentam a ideia de que a escala possui uma natureza ordinal, pois em uma escala de cinco pontos de "discordo totalmente" a "concordo totalmente" o que temos é uma ordenação. Uma estratégia para nos aproximarmos de uma escala intervalar seria acrescentar mais pontos na escala, porém um número infinito de pontos poderiam ser necessários para transformar em um intervalo representativo da subjetividade.

Lalla *et al.* (2004) e Li (2013) apontam que uma quantidade excessiva de pontos poderá gerar confusão na pessoa que está respondendo à pesquisa; ou uma respondente preguiçosa; ou um efeito de voto burro, em que seleciona-se a mesma resposta para todos os questionamentos; ou "efeito de primazia", em que respondentes escolhem as respostas mais à esquerda. Por outro lado, é importante considerarmos todas as possibilidades de atitudes, pois o próprio Likert (1932) comenta que existem uma infinidade de atitudes.

Então, o que acontece na aplicação da Escala Likert Clássica é uma conversão de uma escala ordinal para uma escala intervalar, porém neste processo perdem-se dados (LI, 2013). Hassall (1999) ressalta ainda que, em escalas ordinais ou intervalares que necessitam de um julgamento impreciso, ao escolher uma resposta, implicitamente as alternativas adjacentes também recebem um apoio, mesmo que em menor grau. Esse fato acontece, principalmente, quando a pessoa respondente não está totalmente certa da resposta escolhida. Entretanto a Escala Likert Clássica força a pessoa a escolher uma resposta (LI, 2013), dessa maneira desconsiderando a incerteza envolvida.

Por isso, uma proposta é combinar a Escala Likert com a Teoria de Conjuntos Difusos, pois essa teoria tende a captar a incerteza humana. A proposta da Teoria de Conjuntos Difusos, nesse contexto, é transformar variáveis ordinais em variáveis linguísticas sem perder o significado semântico (LI, 2013).

Lalla *et al.* (2004) reforça que métodos que usam a Teoria de Conjuntos Difusos são mais tolerantes às falhas quando envolvem imprecisão, pois inspira-se no raciocínio humano. Na

área da psicologia, Lalla *et al.* (2004), aponta que o método já é aplicado para medir conceitos não quantificáveis, modelar percepção, reconhecer emoções e outras várias aplicações em áreas do conhecimento humano.

Por isso serão apresentadas algumas estratégias utilizadas para aprimoramento da Escala Likert por meio da Teoria de Conjuntos Difusos (ver Apêndice A).

4.2 Aprimoramentos da Escala Likert

No trabalho apresentado por Lalla *et al.* (2004) verifica-se a utilização de escalas ordinais e sistemas difusos para medir um sistema de avaliação docente.

Lalla *et al.* (2004) apresenta os métodos utilizados em sua pesquisa e tenta fazer combinações com a Escala Likert Clássica. Após testar combinações, propõe utilizar a Teoria de Conjuntos Difusos para tornar sua avaliação mais precisa.

O método de fuzzificação ocorre por meio das respostas dos questionários avaliados na pesquisa; a base de regras do Sistema Difuso foi construído com a ajuda de especialistas; o processo de agregação das variáveis deu-se pelo método de MIN e MAX; e o processo de defuzzificação escolhido foi o Centro de Massa. Dessa forma, é possível avaliar vários itens Likert Difuso em um processo de mensuração geral.

Utilizando um processo similar ao descrito por Lalla *et al.* (2004), Symeonaki *et al.* (2015) aplicaram suas ideias na investigação do grau de xenofobia. As variáveis de entrada do Sistema Difuso foram encontradas por meio da Análise Exploratória de Fatores, sendo algumas delas transformadas em variáveis difusas. O processo de fuzzificação se deu pelas respostas da pesquisa para os itens e a base de regras construída com a ajuda de especialistas na área de xenofobia, porém não é especificado o processo de agregação. A defuzzificação é realizada pelo método de Centro de Massa.

Estas duas aplicações mostram a importância de aprimorar a Escala Likert Clássica por meio da Teoria de Conjuntos Difusos. Entretanto limitaram-se às suas áreas de aplicações e não em desenvolver um aprimoramento geral como veremos a seguir.

4.3 Formulação 1: Hipótese mais provável

Krause e Clark (1993 apud HASSAL, 1999) não utilizam a Teoria de Conjuntos Difusos, porém apresentam uma interpretação para a imprecisão da Escala Likert Clássica que é

interessante ser mencionada. Nessa formulação supõe-se que a resposta para um determinado ponto é um dado impreciso, então a resposta oferece um suporte para a hipótese escolhida e, de forma ponderada, um suporte para todas as outras hipóteses, sendo a hipótese mais provável aquela com melhor suporte.

Para uma melhor compreensão, Hassall (1999) traz o exemplo de uma escala com 6 pontos, em que o ponto 1 representa "Nunca empregado" e o ponto 6 representa "Indispensável", e que tiveram 10 respostas para o ponto 2 e 6 respostas para os pontos 4, 5 e 6. A moda poderá sugerir que o ponto 2 seria a resposta mais típica; a média é próximo de 3,93; já na proposta da Hipótese mais provável consideremos que a escolha de um ponto gera 1/2 de resíduo para os pontos imediatamente adjacentes e esse resíduo também é passado 1/2 para os pontos seguintes. A tabela a seguir demonstra o exemplo:

Tabela 1 – Hipótese mais provável

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
5	10	5	2,5	1,25	0,63
0,75	1,5	3	6	3	1,5
0,38	0,75	1,5	3	6	3
0,19	0,38	0,75	1,5	3	6
6,31	12,63	10,25	13,00	13,25	11,13

Fonte: HASSAL (1999)

Assim, a hipótese mais provável a ser considerada é o ponto 5, pois ele contém em si suas informações mais o resíduo de incerteza.

4.4 Formulação 2: Números difusos triangulares

Hassall (1999) propõe a utilização de números difusos triangulares (ver Apêndice A) para representar e interpretar as respostas dadas. Por exemplo, ao ser escolhida como resposta o ponto 4, a pessoa respondente deve considerar 3 como valor mínimo e 5 como valor máximo. Em outras palavras, sendo 3, 4 e 5, "às vezes empregado", "empregado frequentemente" e "quase sempre empregado", respectivamente. A pessoa ao responder 4 deverá considerar qual das três hipóteses melhor representa seu julgamento (HASSALL, 1999).

Dessa forma, cada ponto da Escala Likert Difusa terá a configuração de:

$$i = (i - 1, i, i + 1) \tag{4.1}$$

Sendo i o ponto da Escala Likert Clássica. Vale ressaltar que na proposta de Hassall (1999), os pontos extremos possui um de seus limites iguais ao central. Por exemplo, em uma escala de 1 a 5, o ponto 1 é (1, 1, 2) e o ponto 5 é (4, 5, 5). A média é calculada como:

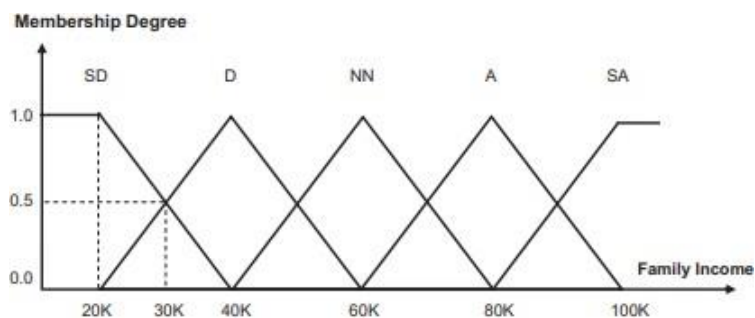
$$\mu = \frac{\sum_i^n (i-1, i, i+1) * x_i}{N} \quad (4.2)$$

sendo x_i o número de respostas para o ponto i e N o número total de respostas. Dessa forma, a média será um número difuso triangular e terá como núcleo central a mesma média da Escala Likert Clássica.

4.5 Formulação 3: Escala Likert Difusa

Li (2013) propõe a construção de uma nova escala que tenha como objetivo principal a generalização da Escala Likert como conhecemos. É proposto para uma Escala Likert de cinco pontos, em que os pontos são variáveis de entrada do sistema constituído de triângulos isósceles nas variáveis linguísticas intermediárias, enquanto os extremos são modelados por trapézios, ou seja, números difusos triangulares e trapezoidais, respectivamente, como propõe Hassall (1999).

Figura 8 – Escala Likert Fuzzy



Fonte: Li (2013)

O processo de fuzzificação proposto por Li (2013) se dá de uma forma que considere todas as variáveis atingidas. Por exemplo, na modelagem proposta, uma resposta poderá ativar o ponto "concordo totalmente" com 0,8 de grau de pertencimento e, ao mesmo tempo, ativar o ponto "concordo", nesse caso com 0,2 de pertencimento. Na modelagem de Li (2013) os outros pontos da escala possuem grau de pertencimento zerados.

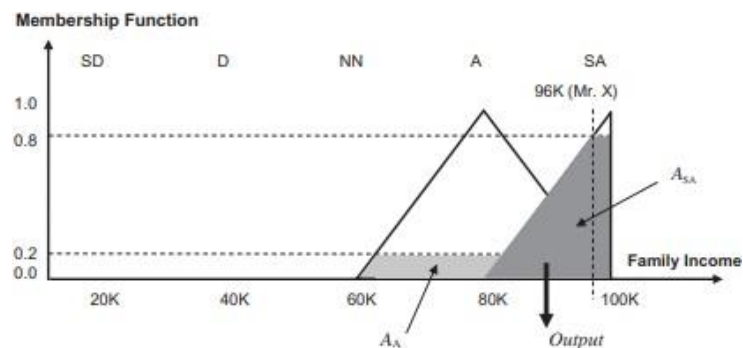
Normalmente o processo de inferência difusa ocorre com pelo menos duas entradas e uma saída, porém Li (2013) propõe uma única regra de "se-então" e utiliza da defuzzificação do Centro de Massa.

O que Li (2013) propõe é:

$$Saida = \frac{\int_U u * A(u) du}{\int_U A(u) du} \quad (4.3)$$

em que U representa o universo do conjunto difuso, u representa a resposta de entrada do sistema e A(u) o grau de pertencimento desta resposta nos pontos da escala. Uma grande vantagem deste procedimento é poder transformar cada item em uma escala, assim como é proposto por Likert (1932). A Figura 9 ilustra o processo de defuzzificação do Centro de Massa.

Figura 9 – Defuzzificação



Fonte: Li (2013)

Uma desvantagem deste método é que ele funciona bem para Escalas Tipo Likert, que são aquelas que permitem uma resposta gradativa. Caso na pesquisa a pessoa esteja condicionada a colocar um ponto fechado, o resultado do modelo proposto por Li (2013) será igual a Escala Likert Clássica.

4.6 Formulação 4: melhoramento da Escala Likert

Pensando na desvantagem da formulação de Li (2013), Vonglao (2017) propõe um melhoramento da Escala Likert através da Teoria de Conjuntos Difusos. Para isso, utiliza os cinco pontos da Escala Likert ("discordo totalmente" ao "concordo totalmente") e um processo de quatro etapas de um Sistema Difuso: fuzzificação, avaliação de regras difusas, agregação e defuzzificação (ver Apêndice A).

Assim, realizando estudo com 302 acadêmicos da Faculdade de Ciências da Universidade de Ubon Ratchathani Rajabhat, Vonglao (2017) partiu do princípio de que os pontos da Escala Likert não podem ser separados, ou seja, haverá sobreposição nas respostas. Isso faz sentido e é apontado por Hassall (1999), quando ele ressalta que ao escolher uma resposta, as

alternativas adjacentes também recebem apoio, sendo algo que faz parte da imprecisão. Dessa forma, ele considera outras duas variáveis, além do ponto Likert, para garantir a qualidade da resposta: Discriminação e Validade.

Através da correlação de Pearson é possível saber a eficiência de cada ponto da Escala Likert, ou seja, quanto aquele ponto é significativo para a amostra. Em outras palavras, quanto ele discrimina determinado item, essa é a variável de Discriminação. A variável de Validade representa o Índice de Congruência de um item, através do qual é possível saber se um item é preciso ou não da seguinte forma:

$$Congruencia = \frac{\sum_i x_i}{N} \quad (4.4)$$

sendo x_i o número de respostas para o ponto i e N o número total de respostas.

Assim, o ponto da Escala Likert e as Variáveis de Discriminação e Validação são as variáveis de entrada do Sistema Difuso. A avaliação é realizada através de 29 regras difusas e o método de Agregação escolhido é a operação de união, ou seja, operador MAX. O processo de defuzzificação se deu pelo método de Centro de Massa.

Vonglao (2017) ao realizar este procedimento em seu estudo, infere que no lugar de considerar os pontos 1, 2, 3, 4 e 5 da Escala Likert Clássica, considera-se os pontos 1,46, 2,24, 3,07, 4,05 e 4,55.

5 METODOLOGIA

A fim de verificar qual das formulações tem melhor precisão, considera-se um modelo de consenso. Este modelo é apresentado como a concordância às afirmações para um determinado grupo (TASTLE E WIERMAN, 2007 apud LI, 2013). Na Escala Likert, caso metade do grupo responda "discordo totalmente" e a outra metade responda "concordo totalmente" o valor de consenso será igual a 0, pois o grupo não está em consenso. Entretanto, caso o grupo escolha a mesma categoria, o valor de consenso será 1.

O cálculo é realizado da seguinte forma:

$$Cns(X) = 1 + \sum_{i=1}^n p_i * \log_2\left(1 - \frac{|x_i - \mu_x|}{d_x}\right) \quad (5.1)$$

sendo p_i a probabilidade de escolher a categoria i , x_i o grau de concordância da categoria i , μ_x a média, d_x a distância entre o maior ponto e o menor ponto, que para Escala Likert Clássica é $5 - 1 = 4$ e n o número de categorias da escala.

A comparação das formulações será feita através de dois cenários: hipotético e real. O cenário hipotético, proposto por Li (2013), irá considerar 100 respostas para Escala Likert e analisaremos três casos: consenso igual a 1, consenso igual a 0 e consenso próximo de 0,5. Em outras palavras, o Caso A representará um consenso nas respostas, o Caso B representará dissenso e o Caso C será um caso médio.

Tabela 2 – Distribuição de respostas do caso hipotético

Casos	DT (1)	D (2)	N (3)	C (4)	CT (5)	\bar{X}	S.D.	Cns
Caso A	0	0	100	0	0	3	0,00	1
Caso B	50	0	0	0	50	3	2,01	0,00
Caso C	15	15	40	15	15	3	1,23	0,58

Fonte: LI (2013).

No caso real, serão usadas informações do processo seletivo da Bolsa do Programa de Aprendizagem Cooperativa em Células Estudantis (PACCE) da Universidade Federal do Ceará (UFC), pois em seu processo temos variáveis subjetivas e é utilizada a Escala Likert como mensuração. Logo, torna-se uma amostra propícia para validação das formulações apresentadas.

Importante mencionar que o processo seletivo do PACCE, até o ano de 2019, ocorreu por meio de uma semana de formação em que, a cada dia, três facilitadores avaliavam cinco

critérios para cada candidato, ou seja, cada candidato recebe por dia 15 avaliações por meio da Escala Likert.

6 RESULTADOS

Os resultados para cada uma das formulações são apresentados a seguir e, ao final, uma tabela-resumo para facilitar a visualização é mostrada.

6.1 Caso hipotético: formulação 1

Sabe-se que na formulação 1, ao ser escolhida uma opção, ela irá gerar também suporte para as outras alternativas. Assim, será considerado para as opções imediatamente adjacentes um suporte de metade do peso da escolha original, os pontos seguintes receberão a metade dos adjacentes da escolha original e assim por diante. Em outras palavras, se o ponto 3 receber 100 votos, os pontos 4 e 2 receberão 50 e os pontos 1 e 5 receberão 25.

Tabela 3 – Distribuição de respostas do caso hipotético para Formulação 1

Casos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	\bar{X}	S.D.	Cns
Caso A	25,00	50,00	100	50,00	25,00	3	1,10	0,63
Caso B	53,13	31,25	25,00	31,25	53,13	3	1,59	0,32
Caso C	35,31	48,13	62,50	48,13	35,31	3	1,29	0,52

Fonte: elaborada pelo autor.

Percebe-se que a Formulação 1 conseguiu um resultado aceitável apenas no Caso C, em que é esperado Consenso próximo de 0,5. Nos casos que são esperados consenso (Caso A) e dissenso (Caso B) a formulação alcança distância de cerca de 0,34 pontos do esperado.

6.2 Caso hipotético: formulação 2

A formulação 2 não propõe alteração nos graus de concordância das variáveis ou suporte a mais para uma determinada opção da escala Likert, então a média e o consenso será igual a Escala Likert Clássica. Entretanto, por considerar a incerteza por meio de números difusos triangulares, o desvio padrão será diferente, haja vista que busca considerar a incerteza em torno da média.

Para o Caso A, por exemplo, o cálculo da média é realizado da seguinte forma:

$$\bar{X} = \frac{(1, 1, 2)x0 + (1, 2, 3)x0 + (2, 3, 4)x100 + (3, 4, 5)x0 + (4, 5, 5)x0}{100} \quad (6.1)$$

$$\bar{X} = \frac{(0, 0, 0) + (0, 0, 0) + (200, 300, 400) + (0, 0, 0) + (0, 0, 0)}{100} \quad (6.2)$$

$$\bar{X} = \frac{(200, 300, 400)}{100} \quad (6.3)$$

$$\bar{X} = (2.00, 3.00, 4.00) \quad (6.4)$$

Para o Caso B:

$$\bar{X} = \frac{(1, 1, 2) \times 50 + (1, 2, 3) \times 0 + (2, 3, 4) \times 0 + (3, 4, 5) \times 0 + (4, 5, 5) \times 50}{100} \quad (6.5)$$

$$\bar{X} = \frac{(50, 50, 100) + (0, 0, 0) + (0, 0, 0) + (0, 0, 0) + (200, 250, 250)}{100} \quad (6.6)$$

$$\bar{X} = \frac{(250, 300, 350)}{100} \quad (6.7)$$

$$\bar{X} = (2.50, 3.00, 3.50) \quad (6.8)$$

Para o Caso C:

$$\bar{X} = \frac{(1, 1, 2) \times 15 + (1, 2, 3) \times 15 + (2, 3, 4) \times 40 + (3, 4, 5) \times 15 + (4, 5, 5) \times 15}{100} \quad (6.9)$$

$$\bar{X} = \frac{(15, 15, 30) + (15, 30, 45) + (80, 120, 160) + (45, 60, 75) + (60, 75, 75)}{100} \quad (6.10)$$

$$\bar{X} = \frac{(215, 300, 385)}{100} \quad (6.11)$$

$$\bar{X} = (2.15, 3.00, 3.85) \quad (6.12)$$

A média da amostra tem valor 3, para os três casos, e o desvio a ser considerado é a diferença da média para os extremos. Dessa forma, o resultado para os três casos hipotéticos desta formulação é:

Tabela 4 – Distribuição de respostas do caso hipotético para Formulação 2

Casos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	\bar{X}	S.D.	Cns
Caso A	0	0	100	0	0	3	1	1
Caso B	50	0	0	0	50	3	0,50	0,00
Caso C	15	15	40	15	15	3	0,85	0,58

Fonte: elaborada pelo autor.

Como esta formulação apenas transforma a resposta em um número triangular difuso, seu resultado para consenso é exatamente igual ao da Escala Likert Clássica.

6.3 Caso hipotético: formulação 3

Na formulação 3, como apresentado no capítulo 4, é melhor aplicada para escalas tipo Likert, então ao seguir com rigor sua proposta, o teste do consenso, média e desvio padrão apresentarão os mesmos valores da escala clássica. Por isso o autor da formulação recomenda que, ao escolher o ponto intermediário, a pessoa está escolhendo algo em torno do intermediário, dessa forma incorporando a incerteza.

Logo, para o teste do consenso precisaremos considerar os pontos intermediários (1.5, 2.5, 3.5, 4.5). Assim, quando a pessoa escolher o ponto 3, ativará também os pontos 2.5 e 3.5:

Tabela 5 – Distribuição de respostas do caso hipotético para Formulação 3

Casos	(1)	(1.5)	(2)	(2.5)	(3)	(3.5)	(4)	(4.5)	(5)	\bar{X}	S.D.	Cns
Caso A	0	0	0	30	40	30	0	0	0	3	0,39	0,88
Caso B	25	25	0	0	0	0	0	25	25	3	1,78	0,16
Caso C	10	10	10	10	20	10	10	10	10	3	1,23	0,54

Fonte: LI (2013).

A Formulação 3 se aproxima dos valores de consenso esperado. Importante considerarmos que, por causa da incerteza, nem sempre a formulação alcançará o valor esperado, porém

a distância do valor de consenso para o esperado nos Casos A e B é, em média, 0,14. Já no Caso C é bem próximo do valor esperado.

6.4 Caso hipotético: formulação 4

Esta formulação apresenta outros valores para a escala Likert, então os casos considerados serão aplicados a esses novos valores de escala. Dessa forma, a análise fica:

Tabela 6 – Distribuição de respostas do caso hipotético para Formulação 4

Casos	(1.46)	(2.24)	(3.07)	(4.05)	(4.55)	\bar{X}	S.D.	Cns
Caso A	0	0	100	0	0	3,07	0,00	1
Caso B	50	0	0	0	50	3,01	1,55	0,00
Caso C	15	15	40	15	15	3,07	0,98	0,55

Fonte: elaborada pelo autor.

A Formulação 4 consegue atingir o valor de consenso esperado para ambos os casos extremos (Caso A e Caso B). Seu consenso para o Caso C também é próximo do esperado. Para este, é esperado consenso de 0,50 e a Formulação 4 atingiu 0,55.

6.5 Caso real

Para este caso real considerou-se um dia de seleção do PACCE, todos os candidatos presentes e as cinco notas que cada um recebeu. Assim, uma amostra de 219 candidatos, 876 avaliações por critério, totalizando 4380 avaliações utilizando Likert. As afirmativas dos critérios avaliados não são apresentados devido o sigilo do processo seletivo.

Tabela 7 – Distribuição de respostas do caso real

Casos	DT (1)	D (2)	N (3)	C (4)	CT (5)
PACCE	119	299	2696	1103	163

Fonte: elaborada pelo autor.

Os cálculos e premissas para cada uma as formulações foram apresentados anteriormente. Então a média, desvio padrão e consenso para cada uma das formulações são apresentados na Tabela 8. Para este caso, pode-se considerar o valor de consenso da Likert Clássica como referência, tomando como segundo critério o desvio padrão. Ou seja, a formulação que se aproximar, em consenso, da Likert Clássica sem ter grande variabilidade de suas informações terá um bom desempenho. Neste caso, não considera-se a média, pois cada formulação carregará

um pouco da incerteza.

Tabela 8 – Desempenho das formulações no Caso Real

Formulação	\bar{X}	S.D.	Cns
Likert Clássica	3,20	0,7323	0,77
Formulação 1	3,12	1,1712	0,57
Formulação 2	3,20	0,9678	0,77
Formulação 3	3,20	0,7882	0,74
Formulação 4	3,27	0,6327	0,73

Fonte: elaborada pelo autor.

Nota-se que a Formulação 1 é a proposta com consenso mais distante da Likert Clássica e a Formulação 2 possui exatamente o mesmo valor de consenso. Entretanto, esta formulação apenas transforma o ponto da Escala Likert Clássica em um número triangular difuso, por isso apresenta mesmo valor de consenso e média, alterando somente o desvio padrão.

As Formulações 3 e 4 possuem valor de consenso não muito distante da Likert Clássica e ambas possuem valores muito próximos entre si, mas a Formulação 4 possui desvio padrão menor.

6.6 Desempenho das formulações

Do mesmo modo da seção anterior, é possível ordenar as formulações de acordo com o valor de consenso de referência para cada caso e utilizar o desvio padrão como critério de desempate. Assim, o valor de consenso referência é: 1 para Caso A (consenso), 0 para o Caso B (dissenso) e 0,5 para Caso C (caso médio). Dessa forma, as tabelas a seguir apresentam um resumo dos resultados.

Tabela 9 – Desempenho das formulações no Caso A

Formulação	Cns	S.D.
Likert Clássica	1	0
Formulação 4	1	0
Formulação 2	1	1
Formulação 3	0,88	0,39
Formulação 1	0,63	1,10

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 10 – Desempenho das formulações no Caso B

Formulação	Cns	S.D.
Formulação 4	0	0,50
Formulação 2	0	1,55
Likert Clássica	0	2,01
Formulação 3	0,16	1,78
Formulação 1	0,32	1,59

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 11 – Desempenho das formulações no Caso C

Formulação	Cns	S.D.
Formulação 1	0,52	1,29
Formulação 3	0,54	1,23
Formulação 4	0,55	0,98
Formulação 2	0,58	0,85
Likert Clássica	0,58	1,23

Fonte: elaborada pelo autor.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Os resultados apresentados mostram que as formulações apresentam desempenho similar à Escala Likert Clássica quando se observa o consenso. Até nos casos extremos (Casos A e B) as propostas, a menos da Formulação 1, alcançaram ou ficaram próximas do valor de consenso de referência, mesmo acumulando a informação de incerteza. A Formulação 1 se aproximou do consenso de referência apenas no Caso C.

Então, se as formulações conseguem consenso próximo da Escala Likert Clássica, por que mudar a forma de calcular? Ao olhar para o desvio padrão, algumas formulações conseguem desvio menor que a Escala Clássica. A média nas formulações é calculada considerando a incerteza, logo, busca representar melhor uma determinada atitude.

Olhando individualmente as propostas, percebe-se que:

- a) a Formulação 1 apresenta resultados aquém do esperado, entretanto ela depende do peso que será aplicado no ponto original para os pontos adjacentes. Ou seja, o quanto de resíduo de incerteza será transmitido do ponto original para as adjacências;
- b) a Formulação 2, a menos do desvio padrão, encontra as mesmas informações da Likert Clássica, pois a proposta desta formulação é transformar um ponto em um número difuso triangular. Para a Formulação 2 ainda pode ser investigada a possibilidade de utilizar números difusos em formato de sino no lugar do triangular;
- c) a Formulação 3 apresenta bom desempenho para uma proposta difusa mais rigorosa, contudo, como já mencionado, sua principal desvantagem é ser melhor aplicada para Escalas Tipo Likert. Algo a ser investigado é a combinação dos princípios desta formulação com a Formulação 1;
- d) a Formulação 4 foi a proposta que apresentou desempenho igual ou superior em comparação às outras nos casos verificados, assim trazendo um melhoramento para Escala Likert Clássica. Algo a ser investigado é se os novos pontos propostos por Vonglao são eficientes para outras aplicações.

Assim, verifica-se que a Escala Likert Clássica é aprimorável ao considerar a incerteza tratada por meio da Teoria de Conjuntos Difusos, levando em conta mais informações para captar a real intenção e atitude da pessoa respondente.

Como as formulações apresentadas possuem abordagens diferentes para considerar a incerteza, é questionável se formulações híbridas entre as apresentadas poderiam fornecer desempenho igual ou melhor. Outro ponto a ser verificado, em trabalhos futuros, são formulações

que abordem situações de multicritérios que visem traçar um perfil da pessoa respondente como, por exemplo, no processo seletivo do PACCE em que as avaliações dos critérios podem apresentar se a pessoa avaliada é mais ou menos cooperativa.

REFERÊNCIAS

- CURADO, M. A. S.; TELES, J.; MARÔCO, J. Análise de variáveis não diretamente observáveis: influência na tomada de decisão durante o processo de investigação. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, Brasil, v. 48, n. 1, p. 149–156, 2013.
- EAGLY, A. H.; CHAIKEN, S. Attitude, structure and function. *In*: GILBERT, D.; FISK, S. T.; LINDSEY, G. (Ed.). **Handbook of Social Psychology**. [S.l.]: McGowan-Hill, 1998. p. 269–322.
- HASSALL, J. Methods of analysing ordinal/interval questionnaire data using fuzzy mathematical principle. University of Wolverhampton, 1999.
- LALLA, M.; FACCHINETTI, G.; MASTROLEO, G. Ordinal scales and fuzzy set systems to measure agreement: an application to the evaluation of teaching activity. **Quality and Quantity**, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, v. 38, p. 577–601, 2004.
- LI, Q. A novel likert scale based on fuzzy sets theory. **Expert Systems with Applications**, United Kingdom, v. 40, p. 1609–1618, 2013.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, United States, v. 22, n. 140, p. 1–55, 1932.
- LUCIAN, R.; DORNELAS, J. Propaganda no facebook funciona? mensuração e elaboração de uma escala de atitude. **Revista Eletrônica de Administração**, Brasil, v. 24, n. 2, p. 189–217, 2018.
- OLIVEIRA, T. M. V. d. Escalas de mensuração de atitudes: Thurstone, Osgood, Stapel, Likert, Gutman, Alpert. **Administração On Line**, Brasil, v. 2, n. 2, 2001. ISSN 11517-7912.
- SYMEONAKI, M.; MICHALOPOULOU, C.; KAZANI, A. A fuzzy set theory solution to combining likert items into a single overall scale (or subscales). **QualQuant**, Springer Science, Germany, v. 49, p. 732–762, 2015.
- TSUTSUMI, D. P.; FENERICH, A. T.; SILVA, T. H. Identificando a relação virtual entre empresas explorando reações de usuários no facebook. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS, 36., 2018, Campos do Jordão. Anais [...] SBC: Porto Alegre, 2018. Disponível em: <http://www.sbrc2018.ufscar.br/wp-content/uploads/2018/04/06-181264.pdf>. Acesso em: 03/02/2020.
- VONGLAO, P. Application of fuzzy logic to improve the likert scale to measure latent variables. **Kasetsart Journal of Social Sciences**, Thailand, v. 38, p. 337–344, 2017.
- ZADEH, L. Fuzzy sets. **Information and control**, United States, v. 8, p. 338–353, 1965.

APÊNDICE A – TEORIA DE CONJUNTOS DIFUSOS

A Teoria de Conjuntos Difusos proposto por Zadeh (1965) busca modelar matematicamente a incerteza do pensamento humano para auxiliar nas tomadas de decisão. Suas variáveis de análise são variáveis linguísticas e representam a subjetividade da variável em observação. Por exemplo: podemos numericamente dizer a altura de uma pessoa, porém dizer se esta pessoa é baixa ou alta somente com este valor não é algo preciso, é nesse momento que a Teoria de Conjuntos Difusos se faz necessária.

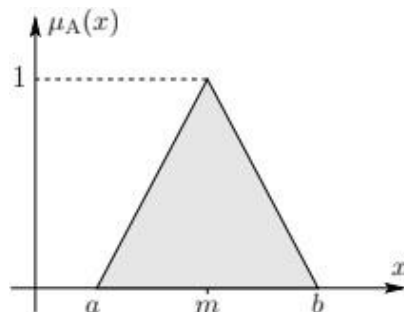
Na Teoria Clássica de Conjuntos, uma variável só pode assumir dois valores de pertencimento: um elemento pertence ou não pertence. Na Teoria de Conjuntos Difusos o elemento pertence com um determinado grau de pertencimento, desta forma a Teoria de Conjuntos Difusos torna-se uma generalização da Teoria Clássica.

A.1 Número Difuso

Um número difuso representa uma quantidade imprecisa como, por exemplo, "a opinião é quase 4" ou "próximo de 3". Este número possui como representação um valor modal (valor 1) e seus limitantes inferiores e superiores. São esses valores que representam a gradação de pertencimento no conjunto. Então, para cada número teremos uma função de pertinência $\mu_A(x)$.

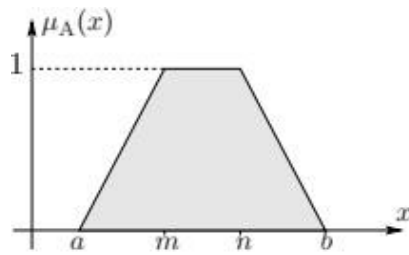
Os formatos mais comuns de função de pertinência são: função triangular, trapezoidal ou gaussiana. Estes formatos são apresentados a seguir:

Figura 10 – Função Triangular



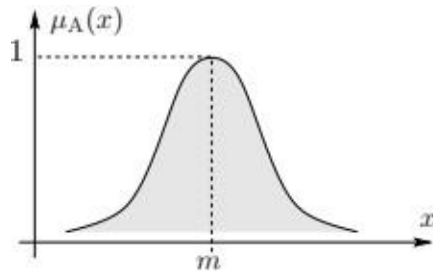
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{se } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{se } m < x \leq b \\ 0 & \text{se } x > b \end{cases}$$

Figura 11 – Função Trapezoidal



$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{se } a < x \leq m \\ 1 & \text{se } m < x \leq n \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{se } n < x \leq b \\ 0 & \text{se } x > b \end{cases}$$

Figura 12 – Função Gaussiana



$$\mu_A(x) = \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(x-m)^2}{\sigma^2}\right)$$

A.2 Sistema Difuso

Um Sistema Difuso interpreta a relação entre termos linguísticos para tomada de decisão. Por exemplo, um carro de cambio automático precisa levar em consideração a velocidade do veículo, a aceleração, inclinação e outras variáveis para decidir o momento de realizar a troca de marcha.

Cada variável em observação pode ser modelada através de números difusos e a tomada de decisão é realizada através de um sistema difuso. O processo de análise de um sistema difuso se dá em 3 partes: fuzzificação, inferência e defuzzificação.

- Fuzzificação: processo na qual as Variáveis Numéricas são interpretadas em Variáveis Difusas e são definidas as Funções de Pertinência: triangular, trapezoidal ou gaussiana;
- Inferência: o processo de inferência possui duas etapas: avaliação de regras difusas e processo de agregação. A etapa de avaliação de regras é um conjunto de regras "se-então", que diz "se o valor de entrada ativa a Variável A e a Variável B, então a Variável C será ativada". Já no processo de agregação é definido se as variáveis serão combinadas por uma operação de união ou interseção. Este processo resulta em uma Variável Linguística;
- Defuzzificação: o processo de defuzzificação interpreta o resultado do processo de inferência em uma Variável Numérica, novamente. Um dos métodos mais utilizados é o Centro de Massa. Neste processo é calculado o centro de massa da função de pertinência da Variável Linguística resultante do processo de inferência.