

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS  
CENTRO POLITÉCNICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

# **Avaliação Fuzzy de Trocas Sociais entre Agentes com Personalidades**

por  
André Vinícius dos Santos

Dissertação apresentada como  
requisito parcial para a obtenção do grau de  
Mestre em Ciência da Computação

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Graçaliz Pereira Dimuro  
Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos da Rocha Costa

DM-2008/7-002

Pelotas, setembro de 2008

*Dedico este trabalho à minha orientadora e amiga, professora Graçaliz Pereira Dimuro, que foi meu braço direito e esquerdo neste trabalho, e conseguia motivar e incentivar quando tudo parecia não fazer sentido e as coisas complicavam de verdade. A força e a vitalidade dela serviram sempre de “empurrão” para que chegássemos ao final desta jornada, e hoje é o exemplo de profissional que tenho como referência.*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar eu faço um agradecimento especial ao grande Pai Celestial, por estar ao meu lado nos bons e maus momentos e pela tranquilidade e equilíbrio que tive em vários momentos.

O desafio maior foi aceitar uma proposta de que eu não tinha conhecimento sobre os assuntos envolvidos. E esse desafio só foi vencido pelo incentivo constante da Prof<sup>a</sup>. Graçaliz Pereira Dimuro, pela sua experiência, por acreditar que valia e ainda vale a pena investir neste assunto e principalmente pela coragem que ela teve quando eu tive medo. Agradeço também ao Prof. Antônio Carlos da Rocha Costa, meu co-orientador e coordenador do PPGInf, que muitas vezes com pouquíssimas palavras conseguiu esclarecer tudo que parecia ser impossível.

Um agradecimento especial ao professor Benjamín René Callejas Bedregal, que foi um grande colaborador deste trabalho, suas observações serviram como nosso ponto de partida e chegada. Mesmo estando a uma longa distância física estive sempre pronto para nos atender, corrigir, sugerir, e trabalhar junto conosco.

Agradeço à minha mãe, Sr<sup>a</sup>. Dagmar M. Medeiros dos Santos, pela criação que tive e pelo apoio constante nas minhas decisões, sabendo ela que qualquer decisão minha seria importante para o meu constante processo de aperfeiçoamento, evolução moral e intelectual. Agradeço à minha segunda mãe, dinda e que é também minha irmã e amiga, Andréa dos Santos, por sempre me ouvir, desde que me carregava no colo passando pelas mesas de desenho até os dias de hoje e sempre, pelo enorme esforço que ela tem feito para que eu conseguisse alcançar este objetivo. Não poderia deixar de agradecer ao meu irmão, dindo, meu segundo pai, Marcos André dos Santos, que segue a sua luta constante buscando seu aperfeiçoamento protegendo a todos e lutando por todos. Ele é meu grande exemplo de ser humano, que seguiu os conselhos de nosso pai e hoje é minha referência de caráter, humildade, honestidade.

Agradeço aos colegas de mestrado pela parceria que fizemos durante este tempo, aos professores e funcionários do PPGInf que sempre estiveram ao nosso lado, ao lado da pesquisa e ensino, contribuindo com o processo de evolução da ciência e tecnologia em nossa região e principalmente em nossas mentes. Agradeço à pró-reitoria do pós-graduação da UCPel por financiar parte das nossas idas a eventos para defender nossos trabalhos, além de divulgar nossas atividades para a comunidade.

Finalizo agradecendo à banca examinadora deste trabalho e o constante apoio do CNPq e Capes.

*“Não basta ensinar ao homem uma especialidade. Porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto.” — ALBERT EINSTEIN*

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> . . . . .	7
<b>LISTA DE TABELAS</b> . . . . .	9
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> . . . . .	10
<b>RESUMO</b> . . . . .	12
<b>ABSTRACT</b> . . . . .	13
<b>1 INTRODUÇÃO</b> . . . . .	14
<b>1.1 Objetivos</b> . . . . .	16
<b>1.2 Organização do Texto</b> . . . . .	16
<b>2 O MODELO DE TROCAS SOCIAIS</b> . . . . .	17
<b>2.1 Interações como Trocas Sociais</b> . . . . .	18
<b>2.2 Trocas Sociais e Equilíbrio Social</b> . . . . .	18
<b>2.3 Valores de Troca Material e Virtual</b> . . . . .	19
<b>2.4 Regras Sociais</b> . . . . .	19
<b>2.5 Estrutura de uma Troca Social</b> . . . . .	20
<b>2.6 Outros Trabalhos Relacionados</b> . . . . .	21
<b>3 LÓGICA FUZZY</b> . . . . .	23
<b>3.1 Teoria dos Conjuntos Fuzzy</b> . . . . .	25
<b>3.2 Função de Pertinência</b> . . . . .	26
<b>3.3 Operações Básicas entre Subconjuntos Fuzzy</b> . . . . .	26
<b>3.4 Relações Clássicas e Relações Fuzzy</b> . . . . .	28
<b>3.5 Noções da Lógica Fuzzy</b> . . . . .	29
<b>3.5.1 Conectivos Básicos da Lógica Fuzzy</b> . . . . .	29
<b>3.6 Sistema Fuzzy</b> . . . . .	30
<b>3.6.1 Fuzzificação</b> . . . . .	31
<b>3.6.2 Máquina de inferência e Gerente de Informações</b> . . . . .	31
<b>3.6.3 Base de Regras</b> . . . . .	31
<b>3.6.4 Defuzzificador</b> . . . . .	32

<b>4</b>	<b>PERSONALIDADES EM AGENTES</b>	33
<b>4.1</b>	<b>Uma Modelagem de Traços de Personalidades de Trocas Sociais</b>	33
4.1.1	Traços de Personalidades Relacionados às Trocas Sociais	33
4.1.2	Traços de Personalidades Relacionados à Postura com Relação ao Mecanismo de Regulação	34
4.1.3	Traços de Personalidades Relacionados à Avaliação de Resultados de Trocas Virtuais	35
<b>4.2</b>	<b>Um Conjunto Simplificado de Personalidades de Agentes</b>	35
<b>4.3</b>	<b>Fator de Personalidade para Avaliação de Valores Materiais</b>	35
<b>5</b>	<b>AVALIAÇÃO FUZZY DE SERVIÇOS</b>	37
<b>5.1</b>	<b>Calculando o Valor Fuzzy de um Atributo</b>	41
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO FUZZY DE VALORES DE TROCAS MATERIAIS NO PRIMEIRO ESTÁGIO DE TROCA</b>	43
<b>6.1</b>	<b>Avaliação Fuzzy do Valor de Investimento</b>	44
6.1.1	Composição de Regras Condicionais para Avaliação do Valor de Investimento	45
6.1.2	Exemplo 1	49
<b>6.2</b>	<b>Avaliação Fuzzy do Valor de Satisfação</b>	52
6.2.1	Composição de Regras Condicionais para Avaliação do Valor de Satisfação	54
6.2.2	Exemplo 2	57
<b>6.3</b>	<b>Equilíbrio Material no Estágio <math>I_{\alpha\beta}</math></b>	59
<b>7</b>	<b>ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO FUZZY DE SERVIÇOS EM TROCAS SOCIAIS NO SEGUNDO ESTÁGIO DE TROCA</b>	63
<b>7.1</b>	<b>Avaliação Fuzzy de Investimento</b>	63
<b>7.2</b>	<b>Avaliação Fuzzy de Satisfação</b>	68
<b>7.3</b>	<b>Equilíbrio Material no Estágio <math>II_{\alpha\beta}</math></b>	69
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b>	72
	<b>REFERÊNCIAS</b>	74

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estágios de trocas sociais . . . . .	20
Figura 3.1	Função de Pertinência Triangular . . . . .	26
Figura 3.2	Função de Pertinência Trapezoidal . . . . .	27
Figura 3.3	Função de Pertinência Gaussiana . . . . .	28
Figura 3.4	Representação gráfica da região fuzzy que corresponde a operação de união entre dois conjuntos fuzzy . . . . .	28
Figura 3.5	Representação gráfica da região fuzzy que corresponde a intersecção entre dois conjuntos fuzzy . . . . .	29
Figura 3.6	Representação gráfica do conjunto fuzzy complemento . . . . .	29
Figura 3.7	Arquitetura de um Sistema Fuzzy . . . . .	30
Figura 5.1	Escala para avaliação fuzzy de um atributo de serviço . . . . .	38
Figura 5.2	Gráfico de agentes executando uma avaliação em uma escala decrescente . . . . .	38
Figura 5.3	Gráfico de agentes executando uma avaliação em uma escala crescente . . . . .	39
Figura 5.4	Arquitetura do sistema de avaliação fuzzy de serviços por agentes baseados em personalidades . . . . .	40
Figura 5.5	Representação geométrica das retas $r_1$ e $r_2$ . . . . .	41
Figura 5.6	Representação geométrica das avaliações dos agentes $\tau_1$ e $\tau_2$ . . . . .	41
Figura 6.1	Avaliação fuzzy do atributo complexidade de nível igual a 100 . . . . .	44
Figura 6.2	Avaliação fuzzy do atributo complexidade de nível igual a 40 . . . . .	46
Figura 6.3	Avaliação fuzzy do atributo Distância igual a 3 km . . . . .	47
Figura 6.4	Avaliação do fuzzy do atributo Distância igual a 5 km . . . . .	48
Figura 6.5	Avaliação do fuzzy do atributo Distância igual a 8 km . . . . .	49
Figura 6.6	Representação geométrica do valor fuzzy de investimento do agente $\alpha_3$ . . . . .	51
Figura 6.7	Representação geométrica do valor fuzzy do investimento do agente $\alpha_{13}$ . . . . .	53
Figura 6.8	Representação gráfica da avaliação fuzzy do atributo custo quando for 40 reais . . . . .	54
Figura 6.9	Avaliação fuzzy do atributo tempo quando ele equivale a 30 minutos . . . . .	55
Figura 6.10	Representação gráfica da avaliação fuzzy do atributo tempo quando ele equivale a 60 minutos . . . . .	55
Figura 6.11	Gráfico da avaliação fuzzy do atributo custo quando for 20 reais . . . . .	56
Figura 6.12	Escala para avaliação fuzzy da satisfação . . . . .	58
Figura 6.13	Valor fuzzy da satisfação do Agente $\beta_{15}$ . . . . .	59

Figura 6.14	Escala do equilíbrio fuzzy de uma troca material no estágio $I_{\alpha\beta}$ . . .	61
Figura 6.15	Equilíbrio da troca material no estágio $I_{\alpha\beta}$ entre o agente $\alpha_3$ e o agente $\beta_{15}$ . . . . .	61
Figura 7.1	Avaliação do atributo Abrangência que alcançou 410km . . . . .	65
Figura 7.2	Avaliação fuzzy do tempo de produção da campanha . . . . .	65
Figura 7.3	Avaliação fuzzy da qualidade da campanha com pontuação igual a 100	68
Figura 7.4	Avaliação fuzzy do retorno, igual a 35, da pizzeria após o início da campanha . . . . .	71
Figura 7.5	Equilíbrio material fuzzy no estágio $II_{\alpha\beta}$ . . . . .	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Propriedades das operações básicas entre conjuntos fuzzy . . . . .	27
Tabela 3.2	Tabela verdade utilizando o operador $\wedge$ . . . . .	30
Tabela 3.3	Tabela verdade utilizando o operador $\vee$ . . . . .	30
Tabela 3.4	Tabela verdade utilizando da negação de um conjunto . . . . .	31
Tabela 3.5	Tabela verdade utilizando o operador $\min$ . . . . .	31
Tabela 3.6	Tabela verdade utilizando o operador $\max$ . . . . .	32
Tabela 3.7	Tabela verdade utilizando o complemento de um conjunto $\mathcal{A}$ . . . . .	32
Tabela 6.1	Avaliações de diferentes níveis de complexidade conforme os fatores de personalidade dos agentes . . . . .	45
Tabela 6.2	Distância percorrida equivalente a três quilômetros . . . . .	46
Tabela 6.3	Distância percorrida equivalente a cinco quilômetros . . . . .	47
Tabela 6.4	Distância percorrida equivalente a oito quilômetros . . . . .	48
Tabela 6.5	Avaliação do investimento (Distância $\times$ Complexidade) . . . . .	49
Tabela 6.6	Avaliações de agentes com personalidades diferentes para um tempo igual a 30 minutos . . . . .	53
Tabela 6.7	Avaliações de agentes com personalidades diferentes quando o preço pago foi de 40 reais . . . . .	54
Tabela 6.8	Avaliações de agentes com personalidades diferentes para um tempo de 60 minutos . . . . .	54
Tabela 6.9	Avaliações de agentes com personalidades diferentes quando o preço pago foi de 20 reais . . . . .	55
Tabela 6.10	Avaliação fuzzy da satisfação (Preço $\times$ Tempo) . . . . .	56
Tabela 6.11	Valores para o agente $\beta_1$ em atributos diferentes . . . . .	59
Tabela 6.12	Avaliação fuzzy das equações de equilíbrio material no estágio $I_{\alpha,\beta}$ (Investimento $\times$ Satisfação) . . . . .	59
Tabela 7.1	Abrangência geográfica da publicidade relativa a 410 km . . . . .	64
Tabela 7.2	30 dias foi o tempo gasto para produzir o projeto publicitário . . . . .	66
Tabela 7.3	Avaliação fuzzy do investimento (Abrangência $\times$ Produção) . . . . .	66
Tabela 7.4	Qualidade da campanha publicitária . . . . .	69
Tabela 7.5	Avaliação do retorno que a campanha promoveu . . . . .	70
Tabela 7.6	Avaliação da satisfação (Qualidade $\times$ Retorno) . . . . .	70
Tabela 7.7	Avaliação fuzzy das equações de equilíbrio material no estágio $II_{\alpha,\beta}$ (Investimento $\times$ Satisfação) . . . . .	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SMA	Sistemas Multiagentes
IA	Inteligência Artificial
LF	Lógica Fuzzy
$\alpha$	Representação de um tipo de agente
$\beta$	Representação de um tipo de agente
$I_{\alpha\beta}$	Primeiro estágio de uma troca social
$II_{\alpha\beta}$	Segundo estágio de uma troca social
$r_{\alpha\beta}$	Valor de investimento do agente $\alpha$
$s_{\alpha\beta}$	Valor de satisfação do agente $\beta$
$\gamma$	Fator que define o grau de personalidade de um agente
$\gamma_{tol}$	Agentes com características tolerantes
$\gamma_{ego}$	Agentes com características egoístas
$\gamma_{alt}$	Agentes com características altruístas
U	Conjunto universo
$\mathcal{A}$	Subconjunto Fuzzy
$\mu_{\mathcal{A}}(x)$	Grau de pertinência de um elemento $x$ em uma função de pertinência
$\mathbb{S}_r$	Serviço de investimento
$\mathbb{S}_s$	Serviço de satisfação
$V(a)$	Valor bruto do atributo $a$
$V_{nor}(a)$	Valor normalizado do atributo $a$
$\tau_1$	Representação de um tipo de agente
$\tau_2$	Representação de um tipo de agente
$d$	Atributo Distância
$cl$	Atributo Complexidade
$t$	Atributo Tempo

<i>ct</i>	Atributo Custo
<i>ab</i>	Atributo Abrangência
<i>tp</i>	Atributo Produção (tempo de produção)
<i>q</i>	Atributo Qualidade
<i>rt</i>	Atributo Retorno

## RESUMO

A Teoria das Trocas Sociais de Piaget tem sido utilizada como base para a análise de interações em Sistemas Multiagente. Estas interações são compreendidas como processos de trocas de serviços entre pares de agentes seguidos da avaliação destes serviços por parte dos agentes envolvidos, produzindo valores de trocas sociais. Os valores de trocas derivados desta avaliação são de natureza qualitativa, isto é, valores subjetivos influenciados por diferentes aspectos relacionados à natureza interna dos agentes ou efeitos externos do ambiente. Um destes aspectos é a análise comportamental dos agentes no processo de avaliação conforme seus traços de personalidade. Em um processo de troca social, um agente atribui um valor ao seu investimento na realização de um serviço para outro agente e este último atribui um valor de satisfação por ter recebido tal serviço. Posteriormente, são gerados valores de débitos e créditos, que permitirão a realização de trocas futuras. Neste contexto, o presente trabalho considera que os agentes assumem diferentes traços de personalidades, o que os induzem a diferentes atitudes referentes às trocas que optam por realizar, formas como avaliam as trocas ou ainda as formas como administram seus débitos e créditos. Na literatura, alguns trabalhos realizam a avaliação dos valores de trocas sociais, sejam representando os valores de trocas como intervalos numéricos (faixas de valores), para simular sua natureza qualitativa, ou obtendo-os através de funções sobre parâmetros de natureza objetiva ou subjetiva, utilizadas para avaliação dos serviços trocados. Neste trabalho, considera-se um método qualitativo para avaliação de trocas sociais, considerando somente os valores materiais de investimento e satisfação, com base na Lógica Fuzzy. A Lógica Fuzzy justifica-se neste contexto, pois tem como objetivo modelar de forma aproximada o raciocínio humano e a tomada de decisões em um ambiente complexo, subjetivo, incompleto, de incerteza e imprecisão. Nesta dissertação, define-se um serviço como um conjunto de atributos, cuja avaliação baseada na Lógica Fuzzy, considerando diferentes fatores de personalidades, permite inferir sobre os valores fuzzy desse serviço, sejam com relação ao valor de investimento (por parte do agente que faz o serviço) ou de satisfação (por parte daquele que recebe o serviço). As equações fuzzy de equilíbrio material nos dois estágios de trocas sociais são também analisadas.

**Palavras-chave:** Sistemas Multiagentes, Modelo de Trocas Sociais, Personalidades em Agentes, Lógica Fuzzy.

**TITLE:** “FUZZY EVALUATION OF SOCIAL EXCHANGES BETWEEN PERSONALITY-BASED AGENTS”

## **ABSTRACT**

Piaget’s Theory of Social Exchanges has been used as the basis for interaction analysis in Multiagent Systems. These interactions are understood as processes of service exchanges between pairs of agents followed by the the evaluation of those services by the agents involved in the processes, producing values of social exchanges. The values emerged form those evaluations are of qualitative nature, that is, subjective values influenced by different aspects related to the internal nature of the agents or effects of the external environment. One of these aspects is the behavioral analysis of the agents in the evaluation process according to their personality traits. In a social exchange process, an agent assigns a value to its investment for performing a service to another agent, and the latter gives a value for its satisfaction in having received such a service. Subsequently, values of debits and credits are also generated, allowing for future exchanges. In this context, this work considers that the agents may assume different personality traits, which lead them to different attitudes concerning the exchanges they choose to perform, the way they evaluate the exchanges or the ways they manage their debits and credits. In the literature, there are some studies on the evaluation of social exchange values, either representing exchange values as numerical intervals (range of values) to simulate their qualitative nature, or obtaining those values using functions over parameters of objective or subjective nature, used for evaluation of exchanged services. In this work, we consider a qualitative method for evaluating social exchanges, considering only the material values of investment and satisfaction, based on Fuzzy Logic. The Fuzzy Logic is justified in this context, since it aims to model the human reasoning and the decision-making in a complex, subjective, incomplete environment, considering uncertainty and inaccuracy. In this dissertation, a service is defined as a set of attributes, whose evaluation based on fuzzy logic, considering different factors of personality, allows us to infer about the fuzzy values of that service, either related to the investment value (by the agent that performs the service) or to the satisfaction value (by the agent that receives the service). The fuzzy equations of material equilibrium in the two stages of social exchanges are also analyzed.

**Keywords:** Multiagent Systems, Social Exchanges Values, Personality-based agents, Fuzzy Logic.

# 1 INTRODUÇÃO

Sistemas Multiagentes (SMA) (WOOLDRIDGE, 2002; LESSER, 1999) podem ser definidos como sistemas computacionais compostos por entidades de software autônomas, denominadas agentes. Os agentes interagem em um ambiente, que pode ser compartilhado por outros agentes de uma sociedade.

Cada agente incluso em um sistema multiagente possui autonomia, tem objetivos próprios e capacidades individuais. Agentes autônomos cooperam uns com os outros para alcançar seus objetivos. As trocas de informações e serviços entre agentes caracterizam uma relação entre eles, em outras palavras, uma forma de interação social.

Segundo (WOOLDRIDGE, 2002) um agente é uma entidade encapsulada capaz de resolver problemas que possui as seguintes características:

**Autonomia:** atua sem intervenção e possui algum tipo de controle sobre suas ações e seu estado interno.

**Reatividade:** percebe o próprio ambiente e respondem a estímulos que neles ocorrem.

**Pró-atividade:** não é limitado a agir em resposta ao ambiente, mas possui a capacidade de exibir comportamentos dirigidos por objetivos, sendo capaz de tomar iniciativa apropriada.

**Habilidade Social:** interação com outros agentes e, possivelmente, com seres humanos através de algum tipo de linguagem de comunicação.

O conceito de (WOOLDRIDGE, 2002) é ampliado em (WOOLDRIDGE, 2002; JENNINGS, 1996), onde um agente é definido como uma entidade cognitiva consciente, capaz de expressar sentimentos, percepções e emoções, assim como os seres humanos. Estes agentes possuem características específicas como benevolência, mobilidade, conhecimento, crença, intenções e racionalidade.

O fato dos agentes interagirem socialmente faz com que estas entidades se organizem (articulem) de acordo com seu comportamento individual e coletivo. Um agente social deve ter a capacidade de raciocinar sobre o processo de interação com outro agente e também raciocinar sobre as outras interações.

Através de estudos sociológicos em pequenos grupos percebe-se que os processos de decisão nas interações devem ser influenciados principalmente pelas avaliações das relações sociais entre indivíduos. Em (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005) é apresentada a idéia de Sistemas de Valores de Trocas como uma ferramenta para organização de sistemas multiagentes, com base na Teoria de Trocas Sociais desenvolvida

por Jean Piaget (PIAGET, 1995). Em sistemas multiagentes valores são utilizados freqüentemente, no contexto de Simulação Social, e alguns trabalhos aprofundam esta idéia, em especial (ANTUNES; COELHO, 1999; WALSH; WELLMAN, 1998; CASTELFRANCHI et al., 2000; LÓPEZ; LUCK; D'INVERNO, 2002).

A Teoria dos Valores de Trocas Sociais proposta por (PIAGET, 1995) utiliza valores de natureza qualitativos. Conceitos subjetivos podem ser representados por valores qualitativos, porém uma representação computacional destes valores não é trivial.

Os trabalhos (RODRIGUES; LUCK, 2007; RODRIGUES; COSTA, 2004; RODRIGUES; COSTA; BORDINI, 2003) incluem uma metodologia para avaliação de serviços em processos de trocas sociais. Em (RODRIGUES; COSTA, 2004) é introduzida a idéia inicial de um sistema de valores de trocas para modelagem de interações sociais em sociedades artificiais.

Em particular, uma aplicação desta metodologia é apresentada em (RODRIGUES; LUCK, 2006a), onde agentes fornecem e requisitam serviços relacionados à bioinformática. O trabalho propõe um modelo de avaliação de serviços para determinar a satisfação de um agente. Com base nesta satisfação é que o agente irá tomar decisões em relação ao prestador do serviço.

Em (RODRIGUES, 2007) é estudado um modelo para *valores de troca para interações não monetárias* que aborda a questão de fornecimento e armazenamento de informações dinâmicas sobre relações de reciprocidade, avaliações objetivas e subjetivas de um serviço e o equilíbrio das trocas. É importante destacar o desenvolvimento de um método de avaliação da qualidade das interações. Os valores materiais de satisfação e investimento (custo), gerados em qualquer tipo de troca, são determinados objetivamente através de processos de avaliação baseados, por exemplo, em uma função de utilidade. Os valores virtuais de crédito e débito são influenciados por aspectos subjetivos sobre as avaliações objetivas.

O trabalho em (GRIMALDO; LOZANO; BARBER, 2008) propõe o uso de ontologias para definir relações sociais e regras sociais que determinam a personalidade de um agente e a forma com que esta personalidade pode ser alterada conforme a reciprocidade de um processo de troca entre agentes.

A proposta apresentada em (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005) formaliza o sistema de valores de trocas sociais e apresenta uma abordagem de natureza “qualitativa” para comparação dos valores do modelo, sendo estes valores representados através de técnicas da Matemática Intervalar (MOORE, 1979).

Na realidade, a utilização de técnicas intervalares para representar a natureza qualitativa dos valores de troca de Piaget é um meio termo entre uma representação puramente qualitativa e puramente quantitativa. Sendo assim, esta abordagem é matematicamente operacional e computacionalmente viável, não sendo infiel ao conceito de Piaget.

Os trabalhos (DIMURO et al., 2007, 2006, 2008) introduzem a idéia de um mecanismo de regulação de trocas sociais entre agentes baseados em personalidades, com o conceito de um supervisor de equilíbrio, e utiliza uma representação de traços de personalidades em agentes.

O uso de técnicas baseadas na Teoria dos Intervalos para representação dos valores de trocas traz consigo algumas questões amplamente discutidas sobre a Matemática Intervalar. Observa-se a complexidade dos cálculos intervalares e que muitas vezes as soluções são intervalos demasiadamente grandes que não possuem um resultado de

qualidade. Outro aspecto relevante é quanto ao alto custo computacional para execução de um cálculo intervalar.

Por outro lado, observa-se que a Lógica Fuzzy (ZADEH, 1965) pode ser utilizada na representação dos valores de trocas devido ao fato de que a representação fuzzy acontece de forma simples e natural, levando à construção de sistemas compreensíveis e de fácil manutenção. A Lógica Fuzzy é baseada em inferir conclusões e gerar respostas baseadas em informações vagas, ambíguas, qualitativamente incompletas e imprecisas. Neste aspecto, os Sistemas Fuzzy possuem a propriedade de trabalhar de forma análoga ao pensamento humano. Na Lógica Fuzzy são permitidos valores que estão em um nível intermediário entre o verdadeiro e o falso.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma metodologia fuzzy para a avaliação de trocas sociais entre agentes baseados em personalidades, considerando apenas a avaliação de valores materiais. Mais especificamente, pretende-se:

- Caracterizar a noção de serviço em função dos aspectos que são levados em consideração para avaliação do investimento na realização deste serviço ou da satisfação pelo recebimento do mesmo;
- Caracterizar a influência das personalidades de agentes na avaliação dos valores de trocas;
- Definir a metodologia para avaliação fuzzy de valores materiais;
- Analisar as equações fuzzy de equilíbrio material nos dois estágios de trocas de sociais.

## 1.2 Organização do Texto

O texto desta dissertação está organizado como descrito a seguir. Uma abordagem sobre a Teoria das Trocas Sociais de Piaget está descrita no Capítulo 2.

A Lógica Fuzzy é tratada no Capítulo 3, onde apresentam-se os principais conceitos.

No Capítulo 4, é apresentado o conceito de personalidades em agentes e a sua relevância para este trabalho, assim como a metodologia utilizada para definição dos traços de personalidades utilizados.

No Capítulo 5, apresenta-se o conceito de serviço e introduz-se a metodologia para avaliação fuzzy de um serviço, por agentes baseados em personalidades.

No capítulo 6, apresenta-se um estudo de caso com a avaliações fuzzy de trocas materiais baseadas em personalidades no primeiro estágio de uma troca social, com a análise da equação de equilíbrio fuzzy.

No capítulo 7, apresenta-se um estudo de caso com a avaliações fuzzy de valores materiais realizadas por agentes com diferentes personalidades no segundo estágio de uma troca social, com a análise da equação de equilíbrio fuzzy.

A Conclusão, considerações finais e perspectivas de trabalhos futuros estão no Capítulo 8.

## 2 O MODELO DE TROCAS SOCIAIS

O trabalho de Jean Piaget no qual se baseia este trabalho é referente a (PIAGET, 1995). De acordo com (RODRIGUES, 2003), a teoria sociológica de Piaget é baseada na idéia de coletividade, como está escrito na passagem:

*“O todo coletivo não é a soma dos indivíduos que o compõem, pois este todo exerce sobre as consciências uma coação que as modifica. Neste caso, o todo não é equivalente à soma dos indivíduos. A partir de dois indivíduos, uma interação que acarreta modificações duráveis pode ser considerada como fato social, e a sociedade seria a expressão do conjunto destas interações entre ‘n’ indivíduos.”* (PIAGET, 1995)

Em (RODRIGUES, 2003) são apresentados duas condições básicas existenciais, na concepção do sistema de valores de trocas:

- **Condição 1:** É necessário que exista entre os indivíduos  $\alpha$  e  $\alpha'$  uma escala comum de valores, de forma a tornar compatíveis as avaliações de  $\alpha$  e  $\alpha'$ . Para esse fim, a escala comum deve conter dois aspectos complementares:
  1. uma linguagem comum de comunicação (sistema de sinais ou símbolos) que exprima os valores qualitativos nas trocas;
  2. um sistema de noções definidas que permita aos indivíduos traduzir as noções de um no sistema do outro.
- **Condição 2:** Deve haver reconhecimento das proposições assumidas como válidas (não contradição) e conservação dos valores de troca. Essa conservação é obtida por meio de um sistema de regras, que podem ser de dois tipos: *regras de ordem moral* e *regras de ordem jurídica*.

Se estas duas condições forem verdadeiras, o sistema de valores pode ser visto como um mecanismo de *regulação (coordenação)* das interações entre indivíduos de uma sociedade, garantindo a continuidade das mesmas.

No conceito de sociedade existem três parâmetros fundamentais: regras, valores e sinais. As regras constituem o sistema de obrigações, os valores aplicam-se nos sistemas de troca e os sinais formam o sistema de símbolos convencionais que expressam as regras e os valores.

De acordo com (COSTA, 2003) Piaget dá uma dupla definição da noção de valor. Por um lado, valor é “qualquer coisa que dê lugar a uma troca”. Por outro lado, Piaget define como valores os construtos mentais de caráter qualitativo, que se associam mentalmente, no momento de uma troca, aos elementos que são valores no

primeiro sentido, e que servem ao propósito de avaliar esses elementos. Os valores são caracterizados como elementos qualitativos porque deles não se exige mais que uma estrutura extensiva de ordem total, sem caráter métrico, que satisfaça a exigência mínima de permitir que seja definida uma relação assimétrica de *maior* ou *menor*. Quando se trata da noção de troca, por uma questão de simplificação do problema e permitir uma formalização operatório do mesmo, Piaget restringiu-se à questão da troca de serviços entre sujeitos (no qual mutuamente vamos utilizar *agentes* para participarem deste processo). Então, a definição de troca de Piaget é:

*Troca é qualquer seqüência de ações entre dois sujeitos, tal que um dos sujeitos, pela realização de suas ações, preste um serviço para o outro.*

## 2.1 Interações como Trocas Sociais

Em (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005) é possível encontrar com maiores detalhes a idéia geral da aplicação da Teoria de Piaget à análise da interações em sistemas multiagentes.

No que se relaciona a sociedade humana, Piaget adotou uma abordagem relacional tal que a estrutura de uma sociedade é definida como uma estrutura onde os relacionamentos entre os indivíduos são estabelecidos por trocas sociais entre eles. Então, interações são compreendidas como trocas de serviços entre indivíduos envolvendo não somente a realização desse serviço por alguns indivíduos em favor de outros, mas também a avaliação de tais serviços (em vários pontos de vista) pelos indivíduos envolvidos nas trocas.

Um *serviço* não é uma simples ação ou uma interferência na ação de outro indivíduo. Para ser considerado como um serviço, uma ação executada por um indivíduo pode ser compreendida por todos os indivíduos envolvidos na ação como uma ação intencional em direção a um outro indivíduo permitindo assim uma avaliação que pode ser benéfica ou prejudicial.

A avaliação de um serviço por um indivíduo tem como base uma escala de valores que são de natureza qualitativa, então estes valores expressam *avaliações subjetivas*. Uma escala de valores de trocas é um conjunto de valores qualitativos e ordinais (ordinais porque existe uma ordem entre estes valores), que podem ser comparados por suas magnitudes (menor que, igual, maior que), mas não podem ser operados de forma algébrica. Por exemplo, valores podem ser adicionados ou subtraídos: se  $a < b$  e  $a < c$  então  $a < b + c$ . Agora é possível analisar que a subtração não pode ser realizada: se  $a < b$  e  $c < d$  não é possível mostrar que  $b - a < d - c$  ou  $b - a = d - c$ , ou ainda  $b - a > d - c$ .

## 2.2 Trocas Sociais e Equilíbrio Social

Valores de trocas provém um *valor econômico qualitativo de trocas sociais*, isto acontece quando um indivíduo adquire *créditos* por um serviço que ele mesmo desenvolveu. Este indivíduo adquire também um *débito* por um serviço que foi prestado a ele mesmo por outro indivíduo. Os balanços dos valores de troca permitem ao indivíduo observar o estado de equilíbrio da troca social e reagir de acordo com cada situação específica, de acordo com cada estado. Por exemplo, um indivíduo *a* recebe vantagens

sobre um indivíduo  $b$  então o indivíduo  $a$  pode fazer com que estas vantagens diminuam e desta forma, o sistema estará mais equilibrado.

O balanço dos valores de troca é que vai forçar a dinâmica da sociedade. A dinâmica da continuidade das interações é proporcionada justamente pela análise desse balanço. As regras sociais, das mais diferentes variedades, que podem ser formal ou informal, moral, econômica, jurídica, incluindo as regras organizacionais, podem frequentemente ser entendidas como meio de colocar em operação um esforço que garante que o balanço geral dos valores é mantido em certo equilíbrio (ou desequilíbrio). Por exemplo, quando uma pessoa  $a$  executa um serviço para uma pessoa  $b$ , então é natural que a pessoa  $b$  adquiriria uma dívida para com a pessoa  $a$ .

Um aspecto importante para que seja possível compreender corretamente a Teoria do Piaget é a clara diferença entre a idéia de *equilíbrio social* e *ordem social* (*estabilidade social*). Equilíbrio Social pode ser compreendido como um tipo de igualdade na distribuição dos valores entre os agentes que participam na troca, ou seja, ninguém sai em vantagem ou desvantagem no sistema.

Ordem Social, ou Estabilidade Social é entendida como a temporal continuidade do conjunto estabelecido de trocas sociais. Observa-se que este conceito ocorre no tempo. Os dois conceitos são ortogonais no sentido que qualquer troca pode ser tanto equilibrada quanto desequilibrada e também pode ser tanto estável quanto instável.

A abordagem para controle de trocas sociais baseada no conceito de supervisor de equilíbrio, introduzida em (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005; DIMURO et al., 2007; DIMURO; COSTA, 2006a), tem como objetivo analisar e recomendar trocas para que os agentes fiquem em estado de equilíbrio ou desequilíbrio.

## 2.3 Valores de Troca Material e Virtual

Piaget classifica as trocas em duas categorias, as *trocas imediatas* e as *trocas postergadas*. Nas trocas imediatas indivíduos trocam serviços e são avaliados durante a sua realização, serviço por serviço, permitindo a cada indivíduo regular a quantidade e a qualidade do serviço que ele executa.

Dois tipos de valores estão associados às trocas imediatas, que correspondem ao *investimento*, custo necessário para executar um serviço e outro valor é a *satisfação* que é causada no cliente. Tais valores são chamados de valores materiais.

As *trocas postergadas* envolvem uma separação no tempo entre agentes de uma troca de serviço, e origina os valores de troca virtuais. Estes valores são conhecidos como *crédito* e *débito*.

Depois de um agente  $\alpha$  executar um serviço para um agente  $\beta$ ,  $\beta$  ficará com um débito para com  $\alpha$ , conseqüentemente o  $\alpha$  ficará com crédito em relação ao  $\beta$ . O termo valor virtual se refere a serviços que ainda não foram executados, que serão executados futuramente.

## 2.4 Regras Sociais

As regras sociais são facilmente modificadas à medida que o tempo passa. Por exemplo, futuramente é possível que um agente  $\alpha$  não se sinta na obrigação de retribuir um serviço que um agente  $\beta$  fez para  $\alpha$  em um passado distante. Então pode acontecer de

que a importância deste serviço tenha se perdido ao passar do tempo, e o indivíduo  $\alpha$  não se sinta na obrigação de pagar este débito pois a importância agora é com a situação atual do sistema. O problema dos valores virtuais é que eles podem perderem a sua importância com o passar do tempo.

Além de servirem ao propósito de ajustarem reações individuais, as regras sociais também têm a função de serem meios de evitar que estes valores virtuais se percam, associando tais valores a comportamentos que têm o objetivo de conservar e fazer com que eles sejam executados. Para que estes valores virtuais não se percam no tempo são criadas as regras sociais.

Regras sociais para a preservação dos valores virtuais são, ou regras morais, historicamente criadas por um grupo ou contratos privados, espontaneamente estabelecidos por indivíduos envolvidos nesta troca. As regras morais são regras da sociedade que todos os indivíduos desta sociedade deveriam seguir, os contratos são entre dois indivíduos especificamente.

## 2.5 Estrutura de uma Troca Social

Uma troca social entre dois agentes,  $\alpha$  e  $\beta$ , é realizada em dois estágios, como mostra a Figura 2.1. No estágio I o agente  $\alpha$  presta um serviço para o agente  $\beta$ . No estágio II, o agente  $\alpha$  cobra de  $\beta$  um crédito por um serviço previamente realizado.

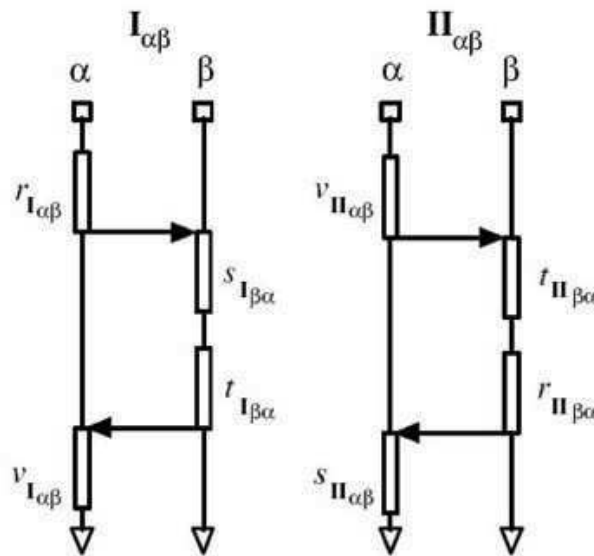


Figura 2.1: Estágios de trocas sociais

Em resumo, uma interação entre dois agentes/indivíduos pode ser interpretada como trocas de serviços. Quando um serviço é executado então é possível que este seja avaliado, tanto pelo prestador (valor de seu investimento), como pelo receptor (valor de sua satisfação). Posteriormente, são gerados valores de débito (do receptor) e de crédito (do prestador), que são levados em conta em trocas futuras. Na representação deste modelo são utilizadas as seguintes variáveis:

- $r$  representa o valor de um investimento na realização de um serviço;

- $s$  representa o valor de satisfação por um serviço recebido;
- $t$  corresponde ao valor de débito adquirido por ter recebido um serviço;
- $v$  corresponde ao valor de crédito adquirido por ter prestado um serviço.

Um *processo de trocas sociais* é composto por uma seqüência de estágios do tipo  $I_{\alpha\beta}$  e/ou  $II_{\alpha\beta}$ . Diz-se que um processo de trocas está em *equilíbrio material* se o somatório dos valores materiais, sob os pontos de vista de cada agente, está em torno do zero. Analogamente se define o *equilíbrio virtual*. Entretanto, pode-se considerar apenas o equilíbrio interno em cada troca, conforme as equações de equilíbrio (PIAGET, 1995):

$$\text{Regra } I_{\alpha\beta} : \quad (r_{I_{\alpha\beta}} = s_{I_{\beta\alpha}}) \wedge (s_{I_{\beta\alpha}} = t_{I_{\beta\alpha}}) \wedge (t_{I_{\beta\alpha}} = v_{I_{\alpha\beta}}) \quad (2.1)$$

$$\text{Regra } II_{\alpha\beta} : \quad (v_{II_{\alpha\beta}} = t_{II_{\beta\alpha}}) \wedge (t_{II_{\beta\alpha}} = r_{II_{\beta\alpha}}) \wedge (r_{II_{\beta\alpha}} = s_{II_{\alpha\beta}}) \quad (2.2)$$

$$\text{Regra } I_{\alpha\beta}II_{\beta\alpha} : \quad r_{I_{\alpha\beta}} = s_{II_{\alpha\beta}} \quad (2.3)$$

A **Regra  $I_{\alpha\beta}$**  condiciona para um equilíbrio interno no estágio  $I_{\alpha\beta}$ , implicando que o investimento feito por um agente  $\alpha$  no desenvolvimento de um serviço para o agente  $\beta$  é o débito que o agente  $\beta$  assume para com o agente  $\alpha$ , como pode ser visto pelo resultado final da regra:

$$\text{Regra } I_{\alpha\beta} \Rightarrow r_{I_{\alpha\beta}} = v_{I_{\alpha\beta}}$$

A **Regra  $II_{\alpha\beta}$**  condiciona para um equilíbrio interno no estágio  $II_{\alpha\beta}$ , implicando que o crédito adquirido por um agente  $\alpha$  sobre  $\beta$  é igual a satisfação que o agente  $\alpha$  recebe com o retorno do serviço desenvolvido pelo agente  $\beta$ , isto é:

$$\text{Regra } II_{\alpha\beta} \Rightarrow v_{II_{\alpha\beta}} = s_{II_{\alpha\beta}}$$

A **Regra  $I_{\alpha\beta}II_{\beta\alpha}$**  condiciona um equilíbrio externo entre dois estágios,  $I_{\alpha\beta}$  e  $II_{\alpha\beta}$  implicando que o investimento inicial realizado por um agente  $\alpha$  é igual a satisfação final proveniente da interação com o agente  $\beta$ , isto é:

$$\text{Regra } I_{\alpha\beta}II_{\beta\alpha} \Rightarrow r_{I_{\alpha\beta}} = s_{II_{\alpha\beta}}$$

As regras de equilíbrio possuem um papel importante na teoria de Piaget que explica a dinâmica de uma organização social e a identificação de situações de desequilíbrio. O desenvolvimento de regras morais está associado às regras de equilíbrio, e é exatamente um dos principais objetivos destas regras como dito anteriormente.

## 2.6 Outros Trabalhos Relacionados

Em (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005) é formalizado um sistema de valores de trocas como ferramenta para organização de sistemas multiagentes. Sistemas de valores de trocas são definidos baseados na teoria das trocas sociais, desenvolvida por Piaget e Homans (PIAGET, 1995; HOMANS, 1950). Este trabalho ainda propõe um modelo de organização social, apresentando a idéia de um supervisor de equilíbrio

social como um mecanismo centralizador que resolve o problema do equilíbrio de uma organização.

O responsável pelo processo de decisão é um agente supervisor de equilíbrio, que é encarregado de indicar para cada par de agentes sobre as trocas mais viáveis de serem realizadas, objetivando a manutenção ou o estabelecimento do equilíbrio. O supervisor faz recomendações para pares de agentes sendo que estas recomendações estejam de acordo com as regras sociais consideradas.

Em resumo, nesta abordagem o supervisor escolhe ações para recomendar aos agentes com o objetivo de manter ou estabelecer o equilíbrio social. Essas ações são determinadas com base em um Processo de Decisão de Markov Qualitativo (DIMURO; COSTA, 2006b,a, 2005).

Observa-se que características internas e/ou externas dos agentes podem interferir nos processos de trocas que os agentes optam por realizar, tais como: personalidades, níveis de poder, estratégias de negociação, níveis de aderência ao supervisor etc. Uma modelagem considerando personalidades de agentes foi apresentada em (DIMURO et al., 2007, 2006, 2008).

Em (RODRIGUES, 2007) é estudado um modelo para *valores de troca para interações não monetárias* que aborda a questão de fornecimento e armazenamento de informações dinâmicas sobre relações de reciprocidade, avaliações objetivas e subjetivas de um serviço e o equilíbrio das trocas. É importante destacar o desenvolvimento de um método de avaliação da qualidade das interações. Os valores materiais de satisfação e investimento (custo), gerados em qualquer tipo de troca, são determinados objetivamente através de processos de avaliação baseados, por exemplo, em uma função de utilidade. Os valores virtuais de crédito e débito são influenciados por aspectos subjetivos sobre as avaliações objetivas.

O trabalho em (GRIMALDO; LOZANO; BARBER, 2008) propõe o uso de ontologias para definir relações sociais e regras sociais que determinam a personalidade de um agente e a forma com que esta personalidade pode ser alterada conforme a reciprocidade de um processo de troca entre agentes.

### 3 LÓGICA FUZZY

A lógica tradicional, como é conhecida, foi inicialmente desenvolvida por Aristóteles (Lógica Aristotélica) e ao longo do tempo foi sendo aprimorada, principalmente por filósofos. A preocupação com o estudo da lógica está diretamente relacionada com problemas filosóficos no âmbito da ciência. Por exemplo, que domínios do conhecimento devem ser considerados ciências?

A divisão entre argumentos válidos e inválidos é apenas uma das idéias que concretizam a lógica clássica em sua teoria. Os estudos em relação à lógica formal passam por cálculos sentenciais e de predicados, regras precisas e padrões puramente formais, de validade. Em (HAACK, 2002) é utilizada uma classificação de tipos de lógicas<sup>1</sup> enfatizando que a lógica formal não necessariamente é aquela derivada da idéia tradicional, o fato relevante é considerar lógica formal algo que é bem definido segundo seus valores particulares.

- Lógica Tradicional: silogista aristotélica;
- Lógica Clássica: cálculo sentencial bivalente, cálculo de predicados; Lógicas Ampliadas: lógicas modais, temporais, deonticas, epistêmicas, lógicas de preferência, lógicas imperativas, lógicas erotéticas (interrogativas), etc;
- Lógicas Alternativas: lógicas polivalentes, lógicas intuicionistas, lógicas quânticas, lógicas livres, etc;
- Lógicas Indutivas.

Muitos autores insistiram que as línguas naturais são inteiramente vagas e não poderia ser considerado lógico algo que parte de um princípio vago, porém não foi apresentado nenhum argumento convincente mostrando que a precisão seria impossível tendo critérios subjetivos. Conceitos subjetivos como “estático” e “adaptativo” fizeram com que Zadeh desse um primeiro passo para uma lógica revisada com critérios vagos. Em (ZADEH, 1965) concluiu-se um trabalho mostrando que o pensamento *difuso* (*fuzzy*)<sup>2</sup> pode não ser deplorável, afinal de contas, se ele torna possível a solução de problemas que são complexos demais para uma análise precisa.

---

<sup>1</sup>Na citação bibliográfica estão todas as definições conceituais de cada uma das lógicas apresentadas. A questão principal desta discussão é se um sistema formal deve ser considerado como uma lógica ou não é, ela própria, uma questão que envolve problemas filosóficos bastante profundos e difíceis.

<sup>2</sup>Será adotado o termo Lógica Fuzzy ao invés de Lógica Difusa somente por critérios de padronização.

Um modelo computacional que utiliza valores binários (zero ou um) é baseado na Lógica Aristotélica. Esta estrutura é uma simplificação da realidade, portanto resultados computacionais tendem a aproximar resultados reais. É fato que o cérebro humano e que todas as questões que envolvem a realidade não trabalham como um modelo computacional. A estrutura do raciocínio humano, as interações entre indivíduos de uma sociedade e a questão comportamental, por exemplo, são particulares e subjetivas.

A publicação de Zadeh (ZADEH, 1965) formalizou uma classe de objetos com contínuos graus de pertinência, dando o passo mais importante para a Teoria dos Conjuntos Fuzzy com a idéia de tratar de parâmetros imprecisos, ou definidos de forma vaga. A característica mais evidente da Lógica Fuzzy (LF), segundo (BARROS; BASSANEZI, 2006) é considerar que entre dois valores (como zero e um) pode existir valores intermediários e estes valores são analisados de acordo com um grau de pertinência, que indica o nível que a informação pertence ao intervalo.

Em síntese, na lógica fuzzy uma proposição não é simplesmente verdadeira ou falsa como na lógica clássica, esta proposição pode assumir uma série de valores intermediários entre o verdadeiro e falso.

Analisando a abordagem fuzzy é perceptível sua adaptação aos problemas reais devido ao fato de representar de forma mais coerente e realista critérios subjetivos.

Qualquer conjunto clássico pode ser caracterizado por uma função denominada *função característica*, cuja definição é apresentada em 3.1.

**Definição 3.1** *Seja U um conjunto de elementos que possui um subconjunto A. A função característica de A é dada por*

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (3.1)$$

$\chi_A$  é uma função cujo domínio é U e a imagem está contida no conjunto {0,1}, com  $\chi_A(x) = 1$  indicando que o elemento  $x$  está em A, enquanto  $\chi_A(x) = 0$  indica que  $x$  não é elemento de A. Assim, a função característica descreve completamente o conjunto A já que tal função indica quais elementos do conjunto universo U são elementos também de A.

A realidade aponta situações que são baseadas em incerteza ou informações vagas que devem ser compreendidas precisamente. Uma descrição completa deste tipo de situação é uma situação complexa e necessita de dados mais detalhados do que um modelo em fase inicial definido por um ser humano pode reconhecer, processar e compreender. Quando os conceitos da LF são aplicados é possível analisar três diferentes tipos de incerteza: estocástica, informal e lingüística.

**Incerteza estocástica:** é o grau de incerteza de ocorrência de um certo evento;

**Incerteza Informal:** é o resultado da falta de informação e conhecimento sobre uma determinada situação;

**Incerteza Lingüística:** é o resultado da imprecisão da linguagem, como categorias subjetivas que são dependentes do contexto que elas serão utilizadas.

Nas seções a seguir, resumem-se os conceitos básicos da Teoria dos Conjuntos Fuzzy e da Lógica Fuzzy. Detalhes em maior profundidade podem ser encontrados

na literatura (veja, por exemplo, (ZADEH, 1965, 1975, 1979; NGUYEN; WALKER, 2006; BARROS; BASSANEZI, 2006; BOJADZIEV; BOJADZIEV, 1996; CARLSSON; FULLER, 2002; ROSS, 2004; MITRA; PAL, 2005)).

### 3.1 Teoria dos Conjuntos Fuzzy

Nas mais diversas áreas de aplicações, técnicas envolvendo os conjuntos fuzzy têm sido utilizadas. Uma das áreas de maior uso dos conjuntos fuzzy é a de controle fuzzy, que possibilita a automação de inúmeros processos (desde tarefas domésticas até o controle de processos industriais refinados).

Em produtos de bem de consumo, como máquinas de lavar, televisões, câmeras de filmar, entre outros, na década de 80 o Japão foi o pioneiro a explorar o potencial da LF. Sabe-se que o trabalho pioneiro na aplicação da LF em controle de processos é (MAMDANI; ASSILIAN, 1975a); esta aplicação tinha como objetivo controlar máquinas a vapor e possibilitou a modelagem matemática de “ações” dos especialistas das máquinas, automatizando assim suas tarefas.

Os conjuntos Fuzzy são uma generalização do conceito matemático de conjunto. Assim como as operações em conjuntos clássicos, operações em conjuntos fuzzy acontecem de fórmula análoga. É possível promover uniões, intersecções, complementos e produto cartesiano entre conjuntos fuzzy.

Os elementos dos conjuntos fuzzy apresentam um grau de pertinência que variam entre 0 e 1. Essas características têm mostrado ter grande potencial para aplicações em tecnologia, por exemplo, no controle de produção de bens de consumo, e em outras áreas em princípio não diretamente relacionadas à Matemática, como Medicina e Ciências Sociais.

**Definição 3.2** *Seja  $U$  um conjunto clássico. Um subconjunto fuzzy  $A$  de  $U$  é caracterizado por uma função*

$$\varphi_A : U \rightarrow [0, 1],$$

*pré-fixada, denominada função de pertinência do subconjunto fuzzy  $A$ .*

O valor  $\varphi_A(x) \in [0, 1]$  associa o elemento  $x$  de  $U$  ao conjunto fuzzy  $A$  com um determinado grau de pertinência.  $\varphi_A(x) = 0$  e  $\varphi_A(x) = 1$  indicam, respectivamente, a não pertinência e a pertinência completa de  $x$  ao conjunto fuzzy  $A$ . Ampliando-se o contra-domínio da função característica foi obtida a definição de subconjunto fuzzy, que é o conjunto  $\{0, 1\}$ , para o intervalo  $[0, 1]$ . Um subconjunto clássico, pode ser tratado como um conjunto fuzzy onde  $\mu_A(x) = 0$  ou  $\mu_A(x) = 1$ . na linguagem fuzzy, em geral é denominado *subconjunto crisp*.

Uma definição bastante objetiva de conjunto fuzzy é a de (BOJADZIEV; BOJADZIEV, 1996), que diz:

**Definição 3.3** *Um conjunto fuzzy é definido como um conjunto de pares ordenados,*

$$\mathcal{A} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in \mathcal{A}, \mu_A(x) \in [0, 1]\}, \quad (3.2)$$

*onde  $\mu_A(x)$  é a função de pertinência;  $\mu_A(x)$  representa o grau de pertinência do elemento  $x$  ao subconjunto fuzzy  $A$ .*

É assumido de forma geral que uma função de pertinência  $\mu_A(x)$  ou é contínua ou é discreta, porém em algumas vezes  $\mu_A(x)$  pode ser uma relação. Enquanto o conjunto  $\mathcal{A}$  é um subconjunto do conjunto universo  $\mathbf{U}$ , que é crisp, o conjunto fuzzy ( $A$ ) não é. Um conjunto fuzzy ( $A$ ) é um subconjunto do produto cartesiano

## 3.2 Função de Pertinência

As funções de pertinência mais comuns e simples são aquelas que utilizam retas para a sua construção. Dentre estas funções mais comum, a mais simples é a função de pertinência triangular, representadas na Figura 3.1, ela pode ser formada com apenas três pontos formando um triângulo.

Outro tipo de função de pertinência simples é a trapezoidal<sup>3</sup>, representada na Figura 3.2 que também utiliza linhas retas porém na forma de uma trapézio, quatro pontos são necessários para formar uma função de pertinência trapezoidal. Estas funções que utilizam linhas retas para a sua formação são vantajosas em muitos casos devido a sua simplicidade.

Outro tipo de função de pertinência bastante utilizada é a gaussiana, que pode ser visualizada na Figura 3.3.

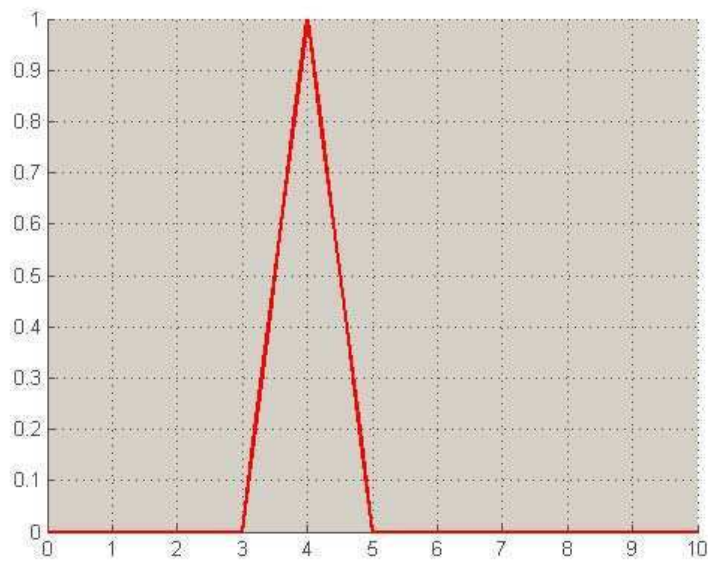


Figura 3.1: Função de Pertinência Triangular

## 3.3 Operações Básicas entre Subconjuntos Fuzzy

Considere três conjuntos fuzzy  $\mathcal{A}$ ,  $\mathcal{B}$  e  $\mathcal{C}$  no universo  $\mathbf{U}$ . Para um dado elemento  $x$  no universo, definem-se.

### Inclusão

$$\mathcal{A} \subseteq \mathcal{B} \Leftrightarrow (\mu_{\mathcal{A} \subseteq \mathcal{B}} \Leftrightarrow \forall x \in \mathbf{U} : \mu_{\mathcal{A}}(x) \leq \mu_{\mathcal{B}}(x)) \quad (3.3)$$

<sup>3</sup>Este tipo de função de pertinência é a que está sendo utilizado nesta dissertação

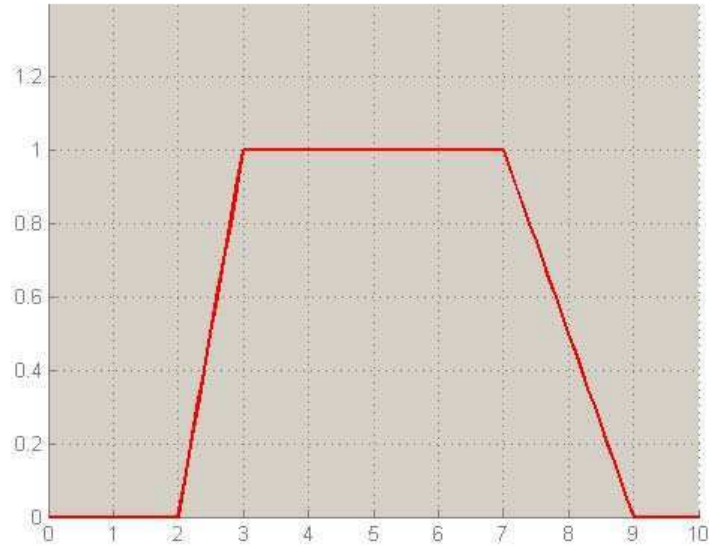


Figura 3.2: Função de Pertinência Trapezoidal

Tabela 3.1: Propriedades das operações básicas entre conjuntos fuzzy

Propriedade		
Idempotência	$A \cup A = A$	$A \cap A = A$
Absorção	$A \cup (A \cap B) = A$	$A \cap (A \cup B) = A$
Comutatividade	$A \cup B = B \cup A$	$A \cap B = B \cap A$
Associatividade	$(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$	$(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$
Distributividade	$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$
Lei De Morgan's	$\overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}$	$\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}$
Dupla Negação	$\overline{\overline{A}} = A$	

### União

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (3.4)$$

A representação gráfica da união está na Figura 3.4.

### Intersecção

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad (3.5)$$

A representação gráfica da união está na Figura 3.5.

### Complemento

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x). \quad (3.6)$$

A representação gráfica da união está na Figura 3.6.

As operações básicas entre conjuntos fuzzy obedecem às propriedades que estão contidas na Tabela 3.1.

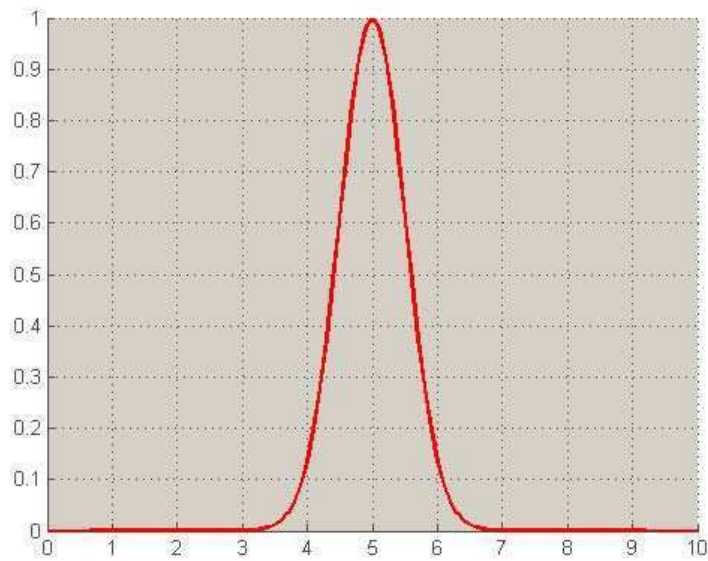


Figura 3.3: Função de Pertinência Gaussiana

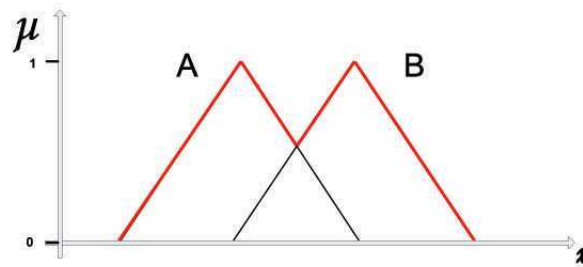


Figura 3.4: Representação gráfica da região fuzzy que corresponde a operação de união entre dois conjuntos fuzzy

### 3.4 Relações Clássicas e Relações Fuzzy

O maior objetivo da Lógica Fuzzy é provar uma teoria, baseado na Teoria dos Conjuntos Fuzzy, para a representação do raciocínio humano utilizando proposições imprecisas. Similarmente utiliza-se este critério para a representação do raciocínio humano na forma clássica, onde são utilizadas proposições precisas baseadas na Teoria dos Conjuntos.

Nas engenharias, ciência, matemática e matemática aplicada, um conceito muito importante é o de uma Relação, muitas destas áreas são baseadas nas relações entre elementos. As relações estão ligadas à lógica, ao raciocínio aproximado, na classificação, em sistemas baseados em regras, em teste de reconhecimento padrão, e em controladores. Relações representam uma forma de mapeamento de conjuntos. Em uma relação crisp existem apenas dois graus de relacionamento entre os elementos envolvidos na relação. Uma relação pode ter como solução: “completamente relacionado” ou então “não relacionado”. Pensando em uma extensão formal de relações para relações fuzzy, conclui-se que as relações fuzzy possuem um número infinito de alternativas, todos estes números estão entre os extremos “completamente relacionado” e o “não relacionado”. Esta idéia

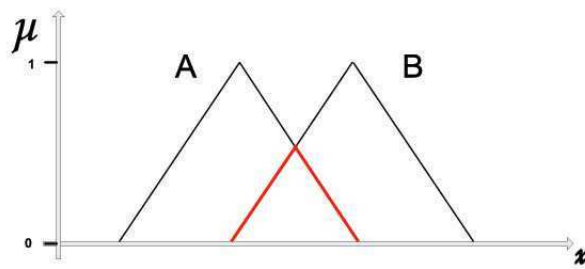


Figura 3.5: Representação gráfica da região fuzzy que corresponde a intersecção entre dois conjuntos fuzzy

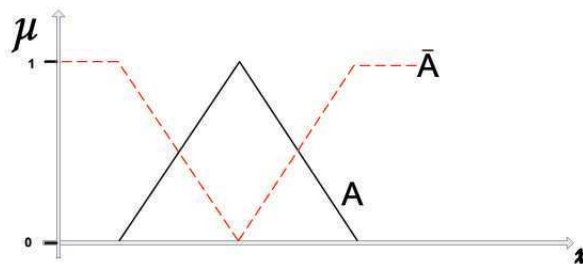


Figura 3.6: Representação gráfica do conjunto fuzzy complemento

faz com que seja possível representar parcialmente uma relação através dos graus de pertinência.

Diferentes formas definem uma implicação, justamente o contrário da lógica clássica (lógica proposicional) onde uma implicação é definida por uma simples tabela-verdade. Pelo menos 15 diferentes implicações foram estudadas em (MIZUMOTO; ZIMMERMAN, 1982), sendo que outros autores também estudaram e definiram outros tipos de implicações. As diferentes implicações podem ser utilizadas para construir diferentes métodos de inferência. Uma relação fuzzy pode ser representada por uma matriz ou um gráfico fuzzy. Um tipo de implicação é a **Rc** que exemplifica com a seguinte implicação: “ser fumante”  $\Rightarrow$  “alto risco de ter algum tipo de cancer”, esta implicação é representada na forma de uma matriz, se o universo é finito.

## 3.5 Noções da Lógica Fuzzy

### 3.5.1 Conectivos Básicos da Lógica Fuzzy

Um fato importante sobre o raciocínio lógico fuzzy é o fato de que pode-se pensar como um superconjunto e representar as operações lógicas assim como as da lógica clássica. Essa idéia só seria válida se fosse mantido os valores dos extremos de uma função de pertinência 1 (completamente verdadeiro) e 0 (completamente falso). Quando trata-se dos extremos existe a possibilidade de representação de operadores lógicos iguais aos da lógica clássica. As tabelas 3.2, 3.3 e 3.4 mostram estas operações.

Tendo em vista que na lógica fuzzy valores são graus entre 0 e 1, uma verdade pode ser qualquer valor real dentro deste intervalo. Tendo como entrada valores reais entre 0 e 1, as funções que poderiam manter estes valores são a de min, max e  $1 - \mathcal{A}$

Tabela 3.2: Tabela verdade utilizando o operador  $\wedge$ 

$\mathcal{A}$	$\mathcal{B}$	$\mathcal{A} \wedge \mathcal{B}$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabela 3.3: Tabela verdade utilizando o operador  $\vee$ 

$\mathcal{A}$	$\mathcal{B}$	$\mathcal{A} \vee \mathcal{B}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

### 3.6 Sistema Fuzzy

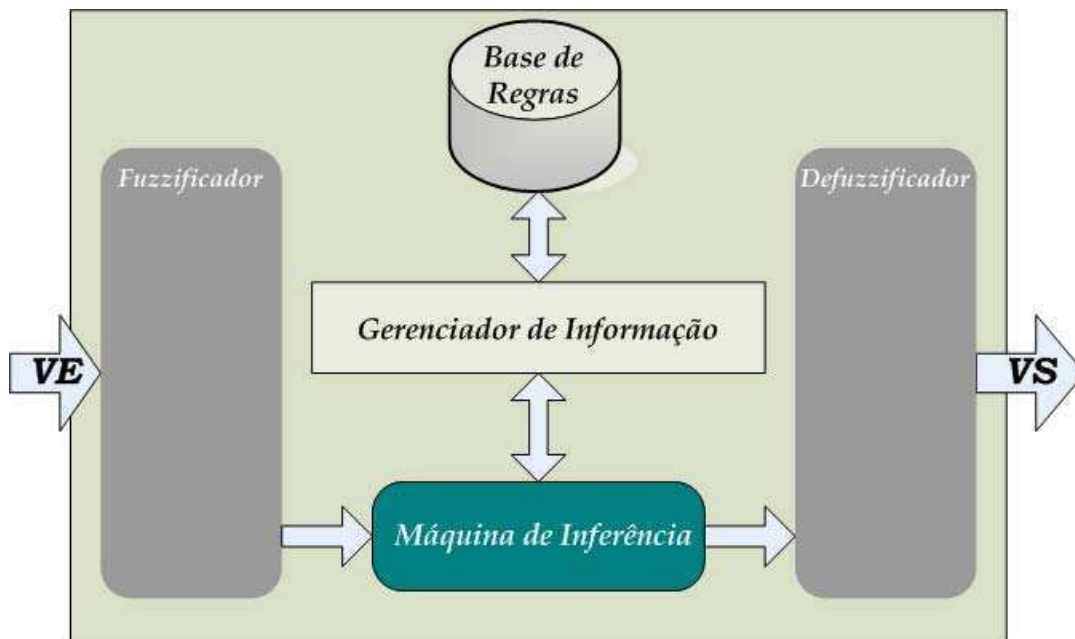


Figura 3.7: Arquitetura de um Sistema Fuzzy

Na arquitetura padrão de um Sistema Fuzzy apresentada na Figura 3.7 é possível observar os componentes que fazem parte deste sistema. A seguir é apresentado uma breve descrição sobre cada um dos componentes da arquitetura padrão de um sistema fuzzy.

Em aplicações reais que acontecem nas indústrias por exemplo, medição de tensão, corrente, temperatura, etc, pode haver um pequeno erro. Havendo qualquer tipo de erro nos dados, existirá uma incerteza que poderá ser tratada pela lógica fuzzy. Esta ambiguidade pode ser representada por uma função de pertinência, através do processo de fuzzificação.

Tabela 3.4: Tabela verdade utilizando da negação de um conjunto

$\mathcal{A}$	$\neg\mathcal{A}$
0	1
1	0

Tabela 3.5: Tabela verdade utilizando o operador min

$\mathcal{A}$	$\mathcal{B}$	$\min(\mathcal{A}, \mathcal{B})$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

### 3.6.1 Fuzzificação

Fuzzificação é a etapa na qual as variáveis linguísticas são definidas de forma subjetiva, bem como as funções de pertinência. É o processo que avalia o valor de entrada crisp através de uma função de pertinência definida com a finalidade de determinar variáveis linguísticas de entrada que servirão para a constituição de uma base de regras.

É durante este processo que o problema é analisado, as variáveis são definidas, as funções de pertinência são escolhidas ou criadas e é definido o tipo de função de pertinência que será adotado.

Existem vários métodos para atribuir os valores de pertinência ou funções de pertinência ao dado de entrada impreciso. A atribuição pode apenas ser feita pela intuição ou usando alguns algoritmos ou procedimentos lógicos. Os métodos para atribuir valores de pertinência são, por exemplo, *intuição*, *inferência*, *através de um ranking*, *conjuntos fuzzy angular*, *redes neurais*, *algoritmos genéticos*, etc. (MITRA; PAL, 2005; ROSS, 2004)

### 3.6.2 Máquina de inferência e Gerente de Informações

Neste componente do sistema, as proposições (regras) são definidas e posteriormente são examinadas paralelamente. É na máquina de inferência que são realizadas as operações com conjuntos fuzzy propriamente ditas. Para realizar estas operações existem métodos de inferência fuzzy, os dois mais importantes tipos de métodos de inferência fuzzy são o Método de Mandani (MAMDANI; ASSILIAN, 1975b) e o Método Takagi-Sugeno-Kang (ISHII; SUGENO, 1985).

O gerenciador de informações obtém da base de regras as regras aplicáveis para entradas específicas. Cada antecedente (lado if) tem um grau de pertinência. A ação da regra (lado then) representa a saída difusa da regra. Durante a avaliação das regras, a intensidade da saída é calculada com base nos valores dos antecedentes e então indicadas pelas saídas difusas da regra

### 3.6.3 Base de Regras

Um sistema fuzzy é caracterizado por um conjunto de valores linguísticos, que são representados por regras “if-then” do tipo:

Tabela 3.6: Tabela verdade utilizando o operador max

$\mathcal{A}$	$\mathcal{B}$	$\max(\mathcal{A}, \mathcal{B})$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabela 3.7: Tabela verdade utilizando o complemento de um conjunto  $\mathcal{A}$ 

$\mathcal{A}$	$1 - \mathcal{A}$
0	1
1	0

**If**  $a_1$  is  $T_j^1$  **and**  $a_2$  is  $T_l^2$  **and** ... **and**  $a_n$  is  $T_p^n$   
**Then**  $r'_{\alpha\beta}$  is  $T_q^{lr}$

Estas regras são aplicadas nas variáveis por intermédio de um processo denominado propagação. As regras podem ser fornecidas por especialistas, em forma de sentenças linguísticas, e se constituem em um aspecto fundamental no desempenho de um sistema de inferência fuzzy.

### 3.6.4 Defuzzificador

Processo utilizado para converter o conjunto fuzzy de saída em um valor de saída crisp. No processo de defuzzificação estão contidas as funções de pertinências das variáveis linguísticas de saída. No defuzzificador é que acontece a etapa de relação funcional entre as regiões Fuzzy e o valor esperado. Os resultados fuzzy que são gerados não podem ser utilizado em muitas aplicações, pois são aplicações que necessitam de valores crisp de entrada, para fazer a conversão de valores fuzzy em valores crisp é necessário o processo de defuzzificação.

Existem vários métodos de defuzzificação, dentre os mais conhecidos destacam-se (ROSS, 2004):

- Método da altura (Max-membership principle)
- Centróide (Centroid method)
- Média dos máximos (Mean-max-membership)
- Centro de somas (Center of sums)
- Média Ponderada (Weighted average method)
- Critério Máximo (First of maxima or last of maxima)

## 4 PERSONALIDADES EM AGENTES

O processo de modelagem de *traços de personalidades* humanas descrito em (CARBONELL, 1980) serve para o desenvolvimento do caráter de um agente. O caráter de um agente é um importante aspecto que deve ser considerado em um Sistema Multiagente, pois é a partir deste caráter que o agente irá se comportar.

Segundo (CASTELFRANCHI et al., 1998), um dos objetivos da Inteligência Artificial como ciência é a modelagem da Inteligência Natural. Na natureza e na sociedade agentes possuem personalidades que formam a questão psicológica de um agente através da representação de emoções ou bases cognitivas que reproduzem de forma mais precisa aspectos de uma interação humana.

Com o objetivo de realizar simulações sociais mais realistas, é possível definir características que diferenciam os agentes entre si, como por exemplo, traços de personalidades (CASTELFRANCHI et al., 1997), níveis de poder e obediência, estratégias de negociação, entre outras.

Nos trabalhos (CASTELFRANCHI et al., 1997, 1998) podem ser encontrado as possibilidades de aplicações e vantagens de interações em sistemas multiagentes baseados em personalidades.

### 4.1 Uma Modelagem de Traços de Personalidades de Trocas Sociais

É possível considerar uma sociedade de agentes onde as trocas sociais são baseadas em traços de personalidades de agentes. Nesta seção, apresenta-se a caracterização interna dos agentes proposta por (DIMURO et al., 2006, 2007) para uma modelagem de traços de personalidades para aplicação em trocas sociais em SMA. Na Seção 4.2, apresenta-se uma proposta para um conjunto de traços de personalidades simplificado para ser utilizados como base nesta dissertação.

#### 4.1.1 Traços de Personalidades Relacionados às Trocas Sociais

*Traços de personalidades* são caracterizados por induzirem diferentes atitudes dos agentes em relação às trocas que optam por realizar. Estes traços podem ser considerados em diferentes pontos de vista. Por exemplo, na idéia dos possíveis lucros com as trocas sociais é possível classificar os seguintes traços de personalidades:

- Egoísmo: o agente tem alta probabilidade de realizar trocas que lhe trazem lucros;

- Altruísmo: o agente tem alta probabilidade de realizar trocas que geram lucro ao outro agente;
- Fanatismo: O agente busca sempre o estado de equilíbrio, evitando grandes lucros e perdas no processo de valores de trocas;
- Tolerante: O agente com traço de personalidade tolerante modela um processo de troca mais aberto, aceitando tanto trocas favoráveis, quanto desfavoráveis, aceitando lucros e perdas no processo dos valores de trocas.

Observando a postura perante o tamanho dos valores envolvidos nas trocas, é possível considerar os seguintes traços de personalidades:

- Arrojo: o agente tem alta probabilidade de realizar trocas cujos valores envolvidos são altos;
- Cautela: o agente tem baixa probabilidade de realizar trocas cujos valores envolvidos são altos.

Outro ponto de vista é relacionado à disponibilidade para se envolver em situações de troca. Podem ser considerados os seguintes traços de personalidades:

- Cooperatividade: o agente tem alta probabilidade de propor trocas e/ou aceitar participar em trocas propostas;
- Isolacionismo: o agente tem baixa probabilidade de propor trocas e/ou aceitar participar em trocas propostas;
- Inovatividade: o agente tem alta probabilidade de criar novas possibilidades de trocas;
- Conservadorismo: o agente tem baixa probabilidade de criar novas possibilidades de trocas.

#### **4.1.2 Traços de Personalidades Relacionados à Postura com Relação ao Mecanismo de Regulação**

Considere que existe um mecanismo de regulação de trocas sociais, como por exemplo, o supervisor de equilíbrio introduzido em (DIMURO et al., 2007). Então, os agentes podem apresentar traços de personalidades que determinam diferentes posturas assumidas pelo agente em relação ao mecanismo de regulação, como por exemplo:

- Obediência cega: o agente segue sempre as recomendações do supervisor (aceita 100% das recomendações);
- Obediência eventual: o agente segue ou não as recomendações de acordo com uma probabilidade (aceita 50% das recomendações);
- Desconsideração total das recomendações: o agente não considera as recomendações do supervisor (aceita 0% das recomendações).

### 4.1.3 Traços de Personalidades Relacionados à Avaliação de Resultados de Trocas Virtuais

Como discutido anteriormente, os valores relacionados às trocas sociais assumem dois tipos: valores materiais (valores do investimento e da satisfação associados à realização imediata de uma troca entre dois agentes) e valores virtuais (débitos e créditos adquiridos em trocas anteriores).

Uma importante consideração é que os agentes podem assumir diferentes traços de personalidades e conseqüentemente os agentes podem assumir atitudes diferentes relacionado à avaliação de seus resultados virtuais. Os agentes relatam estas avaliações para os outros agentes, e podem ser observadas também por um supervisor de equilíbrio (se existir). Exemplos deste tipo de traços de personalidades são:

- Realismo: o agente tem alta probabilidade de realizar avaliações realistas de débitos e créditos;
- Super-avaliação: o agente tem alta probabilidade de relatar que possui altos créditos e alta probabilidade de relatar que possui baixos débitos;
- Sub-avaliação: o agente tem alta probabilidade de relatar que possui altos débitos e alta probabilidade de relatar que possui baixos créditos.

## 4.2 Um Conjunto Simplificado de Personalidades de Agentes

Com o propósito de testar a metodologia para avaliação fuzzy de trocas sociais em sistemas multiagentes baseados em personalidades, introduz-se um conjunto simplificado de personalidades. Observa-se entretanto que, embora utilizando a mesma denominação de (DIMURO et al., 2007), estes traços de personalidades podem ter uma significação um pouco distinta da proposta naquele trabalho.

No contexto desta dissertação, um agente *egoísta* é aquele que supervaloriza o investimento na realização de um serviço para outro agente e, ao mesmo tempo, subvaloriza a satisfação por um serviço recebido. Ao contrário, um agente *altruísta* é aquele que subvaloriza o investimento na realização de um serviço, enquanto que supervaloriza a satisfação por um serviço recebido de outro agente.

Um agente *tolerante* é aquele que realiza avaliações de acordo com o senso comum, isto é, de acordo com a média das avaliações realizadas pela população local em situações semelhantes (obtida, por exemplo, de uma análise estatística).

## 4.3 Fator de Personalidade para Avaliação de Valores Materiais

Cada agente possui um *fator* que define a influência de sua personalidade diante de uma avaliação. A representação deste fator será denotada por  $\gamma$ . Este fator, que pode ser de *depreciação*, *superestimação* ou *neutro*, estão definidos de acordo com o tipo de escala utilizada.

O fator neutro é utilizado pelo agente com personalidade tolerante. Isto significa que esta personalidade faz avaliações justas, de acordo com o senso comum, dentro de um limite de tolerância. Seja  $\delta \in (0, 1)$  a tolerância considerada. Então, para uma escala decrescente, define-se que o fator de personalidade tolerante, denotado por  $\gamma_{tol}$ , satisfaz a condição dada pela Eq. (4.1).

$$1 - \delta \leq \gamma_{tol} \leq 1 + \delta \quad (4.1)$$

Por outro lado, o agente egoísta utiliza um fator de depreciação. Considerando uma escala decrescente, define-se que o fator de personalidade egoísta, denotado por  $\gamma_{ego}$ , satisfaz a condição dada pela Eq. 4.2, onde o limite inferior igual a zero significa uma depreciação de 100%.

$$0 \leq \gamma_{ego} \leq 1 - \delta \quad (4.2)$$

Já o agente altruísta utiliza o fator de superestimação. Considerando uma escala decrescente, define-se que o fator de personalidade altruísta, denotado por  $\gamma_{alt}$ , satisfaz a condição dada pela Eq. 4.3, onde o limite superior igual a dois significa uma superestimação de 100%.

$$1 + \delta \leq \gamma_{alt} \leq 2 \quad (4.3)$$

Para uma escala crescente, os fatores de personalidades são definidos como na Eq. 4.4.

$$\begin{cases} 0 < \gamma_{alt} < 1 - \delta \\ 1 - \delta \leq \gamma_{tol} \leq 1 + \delta \\ 1 + \delta < \gamma_{ego} < 2 \end{cases} \quad (4.4)$$

## 5 AVALIAÇÃO FUZZY DE SERVIÇOS

A realização de um serviço por um agente  $\alpha$  para outro agente  $\beta$  implica na geração imediata dos valores materiais de investimento  $r_{\alpha\beta}$  (por parte do agente  $\alpha$  que realizou o serviço) e de satisfação  $s_{\beta\alpha}$  (por parte de  $\beta$  que recebeu o serviço de  $\alpha$ ).

**Definição 5.1** *Em um processo de troca social, um serviço é definido como uma tupla  $\mathbb{S} = (a_1, \dots, a_n)$ , onde cada  $a_i$ , com  $i \in \mathbb{N}$ , é um atributo que representa um aspecto do serviço, a ser analisado no processo de avaliação dos valores materiais gerados pela realização de  $\mathbb{S}$ . Se o processo de avaliação envolve a análise do valor de investimento realizado por um agente  $\alpha$ , então utiliza-se a notação  $\mathbb{S}_r(\alpha)$ . Se o processo de avaliação envolve a análise do valor de satisfação de um agente  $\beta$ , então utiliza-se a notação  $\mathbb{S}_s(\beta)$ .*

O conjunto de atributos é dependente de uma aplicação específica, e pode variar se for considerada a avaliação do valor do investimento do agente que presta o serviço ou a satisfação do agente que recebe o serviço.

A avaliação fuzzy de um serviço é realizada através da composição da avaliação de cada atributo que pertence a este serviço. Os atributos são representados por variáveis lingüísticas, cujo valor é expresso qualitativamente por um termo lingüístico e quantitativamente por uma função de pertinência.

Uma escala para avaliação de um atributo é representada pela função de pertinência  $\mu$  para a variável lingüística que representa o atributo a ser avaliado, como pode ser observado na Fig.5.1. Nesta figura, a escala para avaliação do atributo cujos termos lingüísticos são “termo 1”, “termo 2” e “termo 3”, tem um valor limite igual a  $N \in \mathbb{N}$ .

É possível utilizar dois tipos de escalas para avaliação de um atributo por um agente:

1. **Escala decrescente:** é aquela que quanto maior for a medida no eixo  $x$  pior é a avaliação fuzzy do atributo do serviço.

Na Figura 5.2 pode-se observar uma escala decrescente, onde dois agentes hipotéticos,  $\rho^1$  e  $\rho^2$ , avaliam um atributo do serviço hipotético, com os termos lingüísticos *bom*, *médio* e *ruim*. Observa-se que  $\rho^2$  avalia o atributo (valor representado no eixo do  $x$ ) entre os valores 9 e 10, significando que a avaliação fuzzy deste atributo é considerada *ruim* com grau 1. Já  $\rho^1$  avaliou o atributo com um valor entre 1 e 2, correspondendo à avaliação fuzzy do atributo do serviço como *bom* com grau 1.

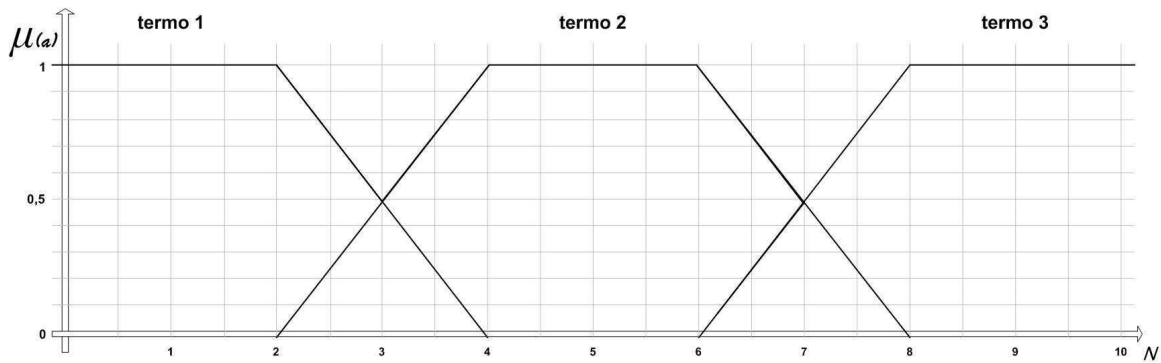


Figura 5.1: Escala para avaliação fuzzy de um atributo de serviço

2. **Escala crescente:** quanto maior for a medida no eixo do  $x$  melhor será a avaliação fuzzy do atributo do serviço.

Na escala crescente da Figura 5.3, o agente  $\rho^1$  avaliou um atributo de serviço como *bom* (com grau 1), sendo o valor no eixo dos  $x$  entre 9 e 10. Por sua vez,  $\rho^2$ , com a avaliação do atributo representado no eixo do  $x$  em torno de um valor muito pequeno, avaliou o serviço como sendo *ruim* (com grau 1).

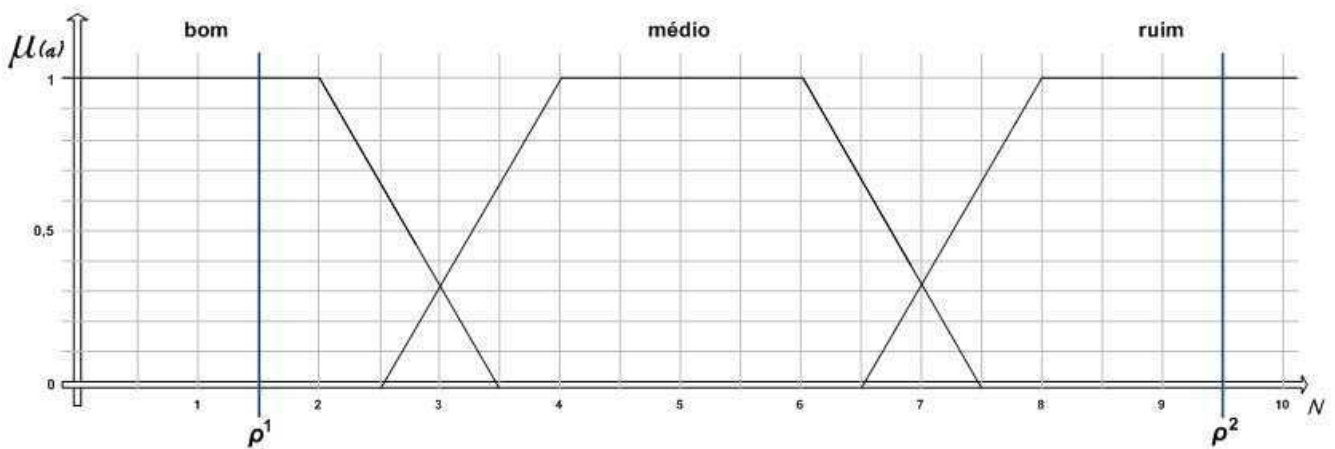


Figura 5.2: Gráfico de agentes executando uma avaliação em uma escala decrescente

Uma escala com termos lingüísticos  $T_1, \dots, T_n$  é denotada por  $T = \langle T_1, \dots, T_m \rangle$ , com  $m \in \mathbb{N}$ .

Denota-se  $T_k \in T$  para significar que o termo  $T_k$  está na escala  $T$ , ou seja  $1 \leq k \leq m$ .

Para a avaliação de um atributo  $a$  utilizando uma escala é necessário proceder a um processo de normalização, que considera o fator de personalidade do agente.

**Definição 5.2** Seja  $V(a)$  o valor medido do atributo  $a$ ,  $N$  o limite superior de uma escala decrescente e  $max$  o valor limite tolerável para o atributo  $a$ , de acordo com o senso comum. Então, o valor normalizado do atributo  $a$ , para um agente com fator de personalidade  $\gamma$ , é denotado por  $V_{nor}(a)$  e definido como:

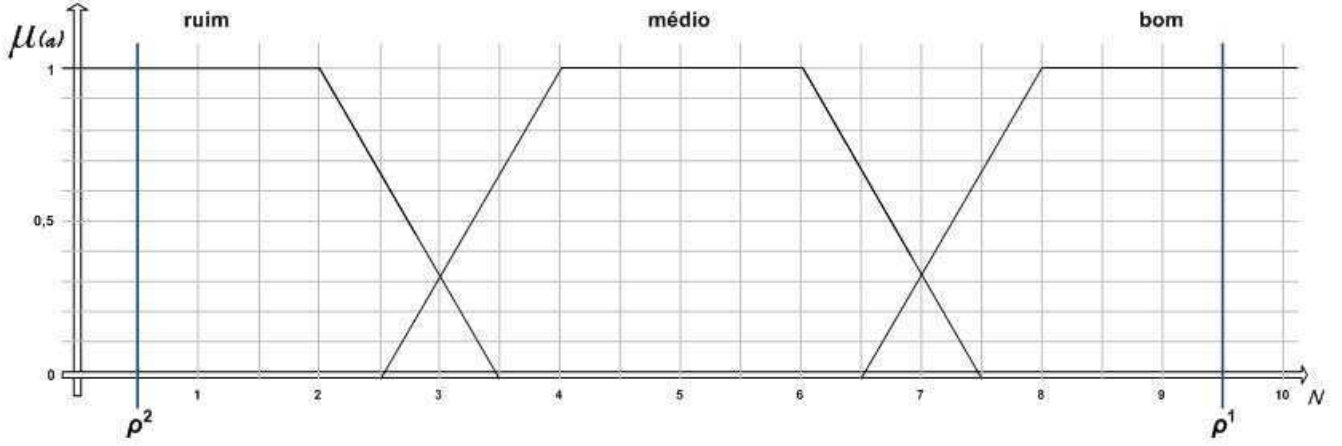


Figura 5.3: Gráfico de agentes executando uma avaliação em uma escala crescente

$$V_{nor}(a) = \min\{N, V'(a)\}, \text{ onde } V'(a) = \frac{V(a) \times N}{max} \times (2 - \gamma). \quad (5.1)$$

O valor normalizado do atributo é então avaliado em uma escala de valores fuzzy do tipo apresentado na Fig. 5.1, obtendo então avaliação fuzzy do atributo, denotada por  $\mu(a)$ .

Considerando um serviço  $\mathbb{S}_r = (a_1, \dots, a_n)$  (ou  $\mathbb{S}_s = (b_1, \dots, b_n)$ ), então é possível obter um conjunto de regras condicionais através do cruzamento de resultados das avaliações fuzzy individuais de seus atributos, utilizando a regra de inferência MAX-MIN (ROSS, 2004).

Seja  $T^i = \langle T_1^i, \dots, T_k^i \rangle$  uma escala para avaliação de um atributo  $a_i$  de um serviço  $\mathbb{S}_r(\alpha) = (a_1, \dots, a_n)$  onde o agente  $\alpha$  presta um serviço para um agente  $\beta$ . Seja  $T^r = \langle T_1^r, \dots, T_m^r \rangle$  a escala para avaliação fuzzy do investimento  $r_{\alpha\beta}$  por parte de  $\alpha$ . Então a avaliação fuzzy do valor de investimento  $r_{\alpha\beta}$  é determinada pela regra de inferência MAX-MIN aplicada sobre uma base de regras do tipo “if ... then” do tipo:<sup>1</sup>

$$\begin{array}{l} \text{If } a_1 \text{ is } T_j^1 \text{ and } a_2 \text{ is } T_l^2 \text{ and } \dots \text{ and } a_n \text{ is } T_p^n \\ \text{Then } r'_{\alpha\beta} \text{ is } T_q^r \end{array}$$

onde  $T_j^1 \in T^1, T_l^2 \in T^2 \dots T_p^n \in T^n, T_q^r \in T^r$ .

Na avaliação de uma regra, primeiramente avalia-se cada condição do tipo  $a_i$  is  $T_j^i$ , com  $i = 1, \dots, n$ , como sendo  $\mu_i(V_{nor}(a_i))$ . A partir desses valores obtém-se a avaliação de  $r'_{\alpha\beta}$  is  $T_q^r$  como sendo  $\min\{\mu_1(V_{nor}(a_1)), \dots, \mu_n(V_{nor}(a_n))\}$ .

O valor fuzzy de investimento  $r_{\alpha\beta}$  é calculado a partir das avaliações de todas as regras deste tipo. Para cada termo  $T_v^r$ , com  $v = 1, \dots, m$ , calcula-se o valor

$$\max\{T_v^r, T_v^{rr}, \dots, T_v^{\omega r}\}, \quad (5.2)$$

<sup>1</sup>Considera-se a t-norma de Gödel (do mínimo).

onde  $\omega \leq k_1 \times \dots \times k_n$ , com  $k_i$ , sendo a cardinalidade da escala  $T^i$  de avaliação de cada atributo  $a_i$ .

Estes valores provocam um corte no termo linguístico  $T_v^r$  e portanto uma região fuzzy em  $T^r$ . Nessa região é aplicado um método de *defuzzificação*, por exemplo o *centróide* (ROSS, 2004), para se obter o valor fuzzy de investimento  $r_{\alpha\beta}$ . De forma análoga se obtém o valor fuzzy da satisfação  $s_{\beta\alpha}$  do agente  $\beta$  pelo recebimento do serviço realizado por  $\alpha$ .

A Figura 5.4 mostra a arquitetura do sistema de avaliação fuzzy de serviços por agentes baseados em personalidades proposta nesta dissertação.

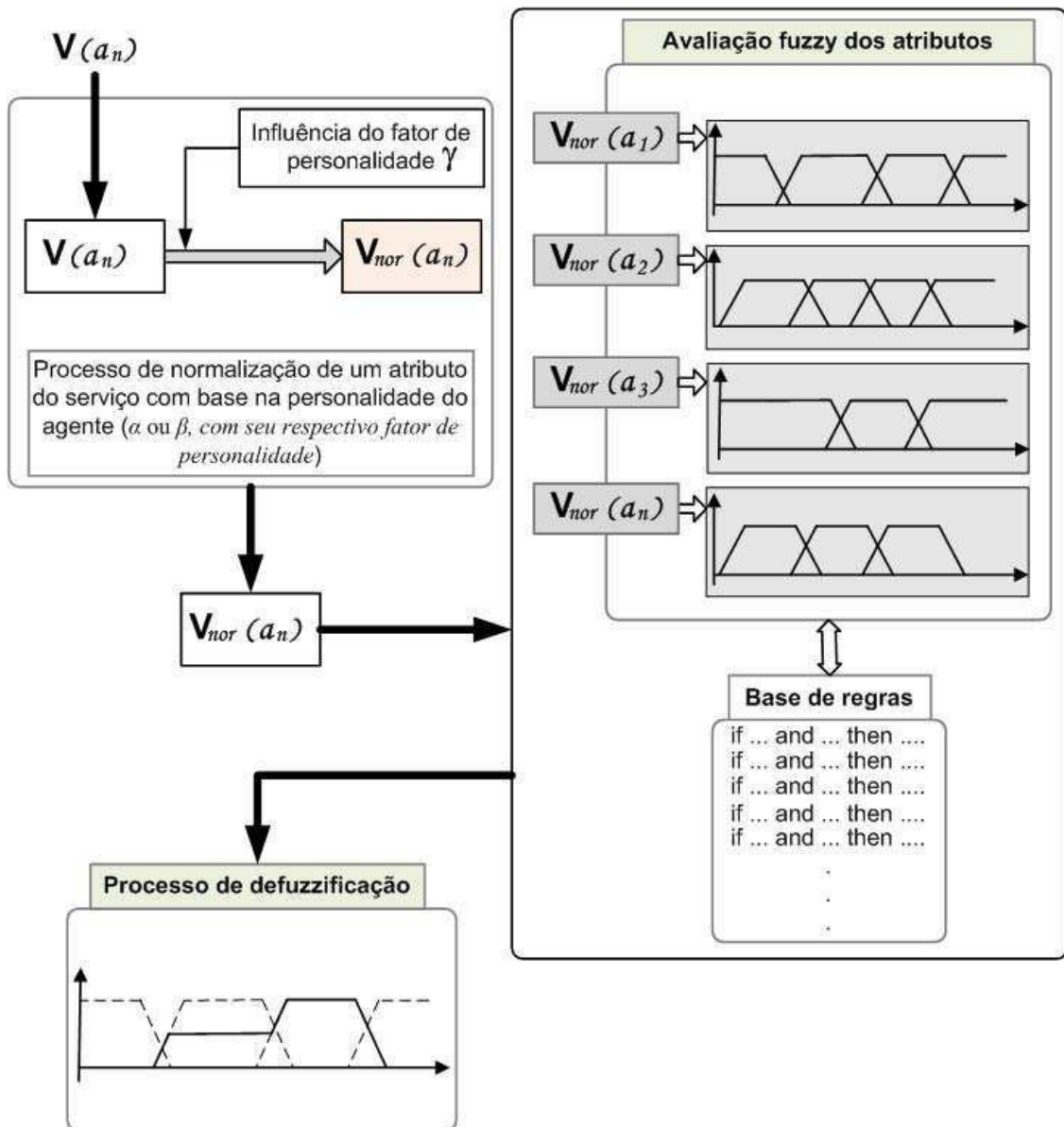


Figura 5.4: Arquitetura do sistema de avaliação fuzzy de serviços por agentes baseados em personalidades

## 5.1 Calculando o Valor Fuzzy de um Atributo

O cálculo do valor fuzzy de um atributo é realizado através do valor da imagem da função  $\mu(a)$ . Para calcular a imagem da função é necessário determinar a equação da reta que passa por dois pontos  $P_1(x_1, y_1)$  e  $P_2(x_2, y_2)$ , dada em Eq. (5.3). Observa-se que as retas podem ser decrescentes ou crescentes, como as retas  $r_1$  e  $r_2$ , respectivamente, da Figura 5.5, onde os pontos  $P_1$  e  $P_2$  podem ser tomados como os extremos das retas.

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (5.3)$$

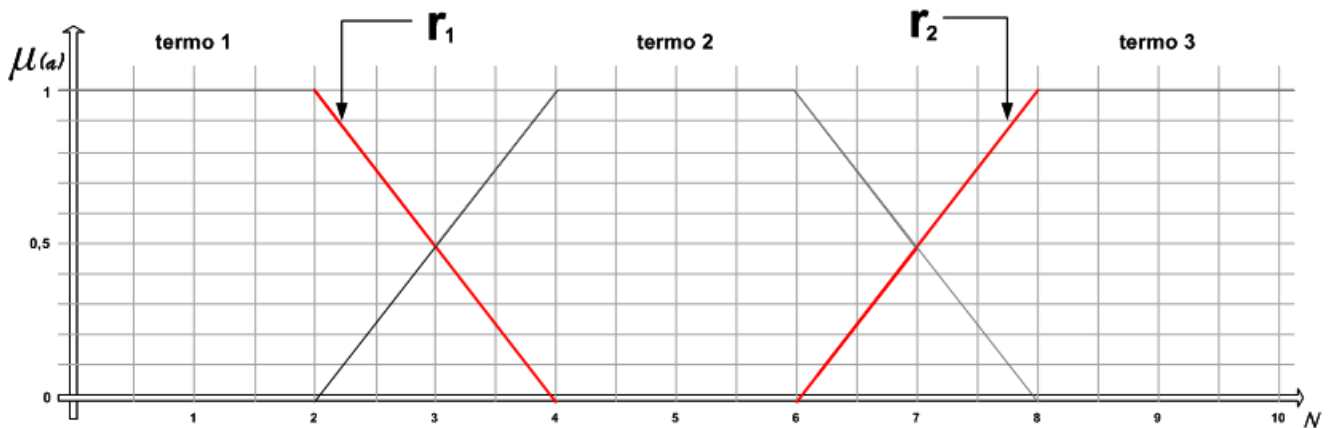


Figura 5.5: Representação geométrica das retas  $r_1$  e  $r_2$

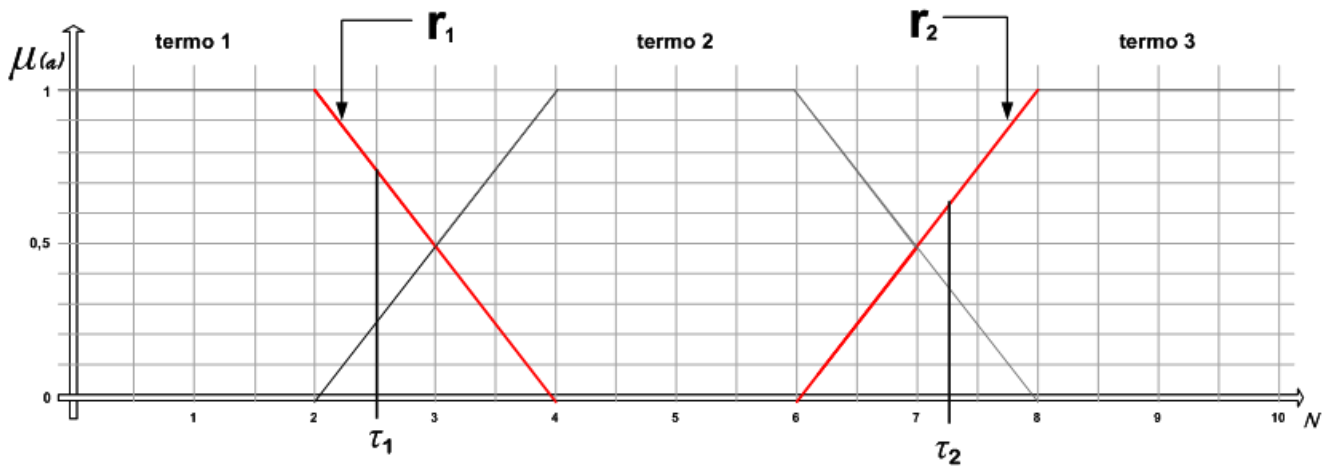


Figura 5.6: Representação geométrica das avaliações dos agentes  $\tau_1$  e  $\tau_2$

Para uma reta decrescente, como a reta  $r_1$  da Figura 5.5, observa-se que  $y_1 = 1$  e  $y_2 = 0$ . Assim tem-se que, neste caso, a Eq. (5.3) transforma-se em  $\frac{y-1}{0-1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}$ , o que resulta em:

$$y = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} \quad (5.4)$$

Para uma reta crescente, como a reta  $r_2$  da Figura 5.5, observa-se que  $y_1 = 0$  e

$y_2 = 1$ . Assim tem-se que, neste caso, a Eq. (5.3) transforma-se em  $\frac{y-0}{1-0} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}$ , ou seja:

$$y = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (5.5)$$

A Figura 5.6 mostra duas avaliações de um mesmo atributo realizadas por dois agentes diferentes,  $\tau_1$  e  $\tau_2$ . O agente  $\tau_1$  executa uma avaliação do atributo de valor  $x_{\tau_1} = 2.5$ , e o agente  $\tau_2$  avalia em  $x_{\tau_2} = 7.25$ . Então, para o agente  $\tau_1$ , utiliza-se a Eq. (5.4) para obter a imagem sobre a reta como calculado na Eq. (5.6).

$$y_{\tau_1} = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} = \frac{4 - 2.5}{4 - 2} = \frac{1.5}{2} = 0.75 \quad (5.6)$$

O valor da imagem de  $\tau_1$  na reta  $r_1$  indica o grau da avaliação do atributo referente ao **termo 1**. Este valor é então **0.75 de termo 1**. Nota-se também que a avaliação do atributo por parte de  $\tau_1$  corta a reta referente ao **termo 2**. O valor da imagem desta função para o **termo 2** é calculado de acordo com a Eq. (5.7), utilizando a Eq. (5.5).

$$y_{\tau_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{2.5 - 2}{4 - 2} = \frac{0.5}{2} = 0.25 \quad (5.7)$$

Tendo sido calculado ambos os valores tem-se que  $\tau_1$  avalia o atributo com o valor fuzzy **0.75 de termo 1 e 0.25 de termo 2**.

Da mesma forma é calculado o valor fuzzy da avaliação do atributo por parte de  $\tau_2$ , de acordo com as equações 5.8 e 5.9.

$$y_{\tau_2} = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} = \frac{8 - 7.25}{8 - 6} = \frac{0.75}{2} = 0.375 \quad (5.8)$$

$$y_{\tau_2} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{7.25 - 6}{8 - 6} = \frac{1.25}{2} = 0.625 \quad (5.9)$$

O valor fuzzy do atributo pela avaliação de  $\tau_2$  é **0.375 de termo 2 e 0.625 de termo**

**3.**

## 6 ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO FUZZY DE VALORES DE TROCAS MATERIAIS NO PRIMEIRO ESTÁGIO DE TROCA

Considere uma pizzaria que o seu principal serviço é o serviço de tele-entrega de pizza. Agentes com diferentes personalidades podem avaliar o serviço desta pizzaria de acordo com dois pontos de vista diferentes:

1. Avaliação de acordo com o ponto de vista do agente  $\alpha$  executa o serviço de entregar a pizza para o agente  $\beta$ , gerando um valor de *investimento*,  $r_{\alpha\beta}$ . Para a avaliação do serviço feito pelo agente  $\alpha$  dois fatores são considerados: “complexidade” ( $cl$ ) e “distância” ( $d$ ).
2. Avaliação de acordo com o ponto de vista do agente  $\beta$ . O agente  $\beta$  é aquele que recebe o serviço prestado pelo agente  $\alpha$ , gerando um valor de *satisfação*,  $s_{\beta\alpha}$ . Para avaliar este serviço dois fatores são considerados: “tempo” ( $t$ ) e “custo” ( $ct$ ).

Neste estudo de caso, tem-se então critérios que serão utilizados para avaliar o valor de *investimento* do agente  $\alpha$  na realização do serviço, e critérios para avaliar o valor de *satisfação* do agente  $\beta$  com o serviço realizado por  $\alpha$ . Estes critérios são os atributos do serviço, e é através da composição da avaliação destes critérios que o processo de avaliação do serviço será realizado.

Para análise do valor de *investimento* considera-se primeiramente o atributo “complexidade” ( $cl$ ), através de uma escala que indique o grau de complexidade da pizza, escala essa formada utilizando aspectos como, por exemplo, tamanho da pizza, sabor, com ou sem borda recheada.<sup>1</sup> O atributo “distância” ( $d$ ) utilizado na avaliação do investimento considera a distância percorrida pelo entregador para fornecer a pizza na residência do cliente (o agente  $\beta$ ).

Para análise do valor do valor de satisfação considera-se o atributo “tempo”( $t$ ), que refere-se ao tempo que a pizzaria demorou para que lhe fosse feito a entrega. Outro atributo que é considerado no processo de avaliação do valor de satisfação é o “custo” ( $ct$ ), que refere-se ao preço (valor) pago agente  $\beta$  para receber o seu pedido.

Assim, tem-se que o serviço pode ser caracterizado como:  $\mathbb{S}_r(\alpha) = \{d, cl\}$  (para análise do investimento de  $\alpha$ ) e  $\mathbb{S}_s(\beta) = \{t, ct\}$  (para análise da satisfação de  $\beta$ ).

<sup>1</sup>Neste trabalho não é detalhado como é montada a escala para os atributos dos serviços. Considera-se apenas que é possível estabelecer critérios para a especificação de uma escala para avaliar um atributo.

São considerados agentes com diferentes *fatores de personalidade* e, portanto, uma análise mais criteriosa sobre as avaliações realizadas pode ser feita. Neste estudo de caso serão analisados o comportamento dos agentes  $\alpha_3$  (agente egoísta com fator de personalidade  $\gamma_{\alpha_3} = 0.3$ ) e  $\beta_{15}$  (agente altruísta com fator de personalidade  $\gamma_{\beta_{15}} = 1.5$ ).

## 6.1 Avaliação Fuzzy do Valor de Investimento

Seja o serviço  $S_r = \{d, cl\}$ , onde  $d$  denota distância e  $cl$  denota complexidade, e as escalas para avaliação fuzzy dos atributos  $d$  e  $cl$ , e do valor do investimento  $r_{\alpha\beta}$ , dadas, respectivamente, como:  $T^d = \langle \text{perto, meio perto, meio longe, longe} \rangle$ ,  $T^{cl} = \langle \text{baixa, média, alta} \rangle$  e  $T^r = \langle \text{pouco, médio, alto} \rangle$ .

O atributo *complexidade* é definido de acordo com níveis de complexidade, que variam de 10 a 100.

A Tabela 6.1 mostra as avaliações feitas por todos os tipos de agentes, com seus respectivos fatores de personalidade. Estas avaliações foram feitas levando em consideração dez diferentes níveis de complexidade. A primeira coluna da Tabela 6.1 mostra o agente e seu respectivo fator de personalidade, que foram determinados de acordo com sua definição introduzida na Seção 4.3, considerando escalas decrescentes. Por exemplo, para uma tolerância de 0, 3, os agentes com índices no intervalo  $(0; 0, 7)$  são egoístas, os com índice no intervalo  $[0, 7; 1, 3]$  são tolerantes e os no intervalo  $(1, 3; 2)$  são altruístas. As outras colunas desta Tabela mostram os valores normalizados, calculados de acordo com o método introduzido no Capítulo 5, do atributo (nível de complexidade) indicado na primeira linha da coluna em questão.

A Figura 6.1 mostra a avaliação fuzzy do atributo complexidade de nível 100 (máximo), realizada por agentes com diferentes fatores de personalidades, onde, por exemplo, o agente  $\alpha_{10}$  é um agente tolerante. Os outros agentes que aparecem na figura são todos altruístas.

Para avaliação fuzzy do atributo complexidade de nível 40, veja a Figura 6.2, onde pode-se observar novamente a avaliação do agente tolerante  $\alpha_{10}$ , e de agentes egoístas e altruístas.

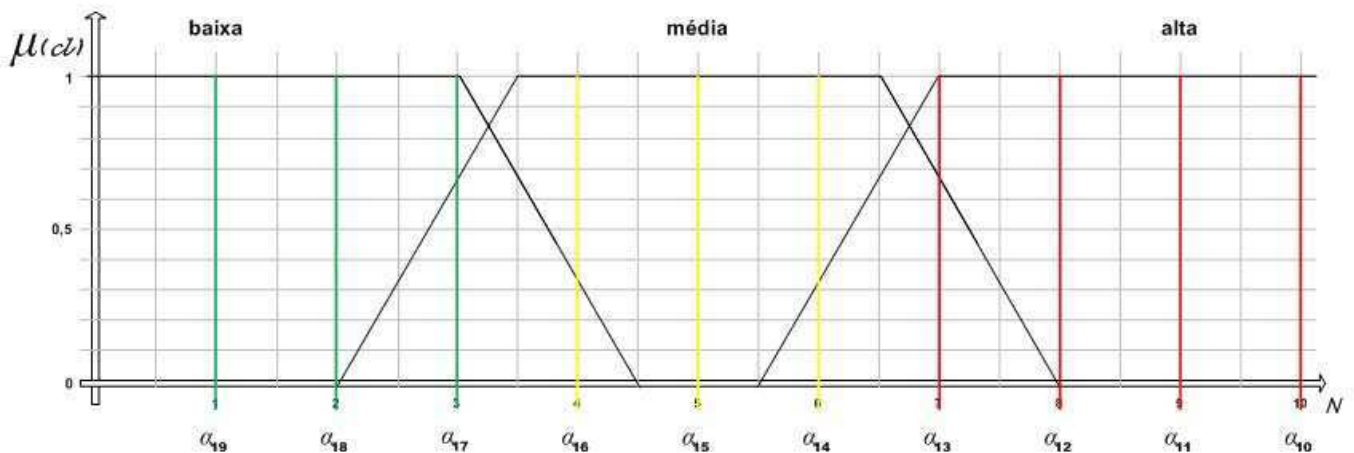


Figura 6.1: Avaliação fuzzy do atributo complexidade de nível igual a 100

Tabela 6.1: Avaliações de diferentes níveis de complexidade conforme os fatores de personalidade dos agentes

Agente	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\alpha_{20} - 2.0$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\alpha_{19} - 1.9$	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$\alpha_{18} - 1.8$	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
$\alpha_{17} - 1.7$	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00
$\alpha_{16} - 1.6$	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00
$\alpha_{15} - 1.5$	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
$\alpha_{14} - 1.4$	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00
$\alpha_{13} - 1.3$	0.70	1.40	2.10	2.80	3.50	4.20	4.90	5.60	6.30	7.00
$\alpha_{12} - 1.2$	0.80	1.60	2.40	3.20	4.00	4.80	5.60	6.40	7.20	8.00
$\alpha_{11} - 1.1$	0.90	1.80	2.70	3.60	4.50	5.40	6.30	7.20	8.10	9.00
$\alpha_{10} - 1.0$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
$\alpha_9 - 0.9$	1.10	2.20	3.30	4.40	5.50	6.60	7.70	8.80	9.90	10.00
$\alpha_8 - 0.8$	1.20	2.40	3.60	4.80	6.00	7.20	8.40	9.60	10.00	10.00
$\alpha_7 - 0.7$	1.30	2.60	3.90	5.20	6.50	7.80	9.10	10.00	10.00	10.00
$\alpha_6 - 0.6$	1.40	2.80	4.20	5.60	7.00	8.40	9.80	10.00	10.00	10.00
$\alpha_5 - 0.5$	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00
$\alpha_4 - 0.4$	1.60	3.20	4.80	6.40	8.00	9.60	10.00	10.00	10.00	10.00
$\alpha_3 - 0.3$	1.70	3.40	5.10	6.80	8.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
$\alpha_2 - 0.2$	1.80	3.60	5.40	7.20	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
$\alpha_1 - 0.1$	1.90	3.80	5.70	7.60	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
$\alpha_0 - 0.0$	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

Para avaliar o atributo distância considera-se uma entrega onde a distância percorrida foi em torno de três quilômetros. Os valores normalizados, de acordo com os fatores de personalidade de alguns agentes estão na tabela 6.2. Como os agentes possuem fatores de personalidades diferentes, vários tipos de avaliações diferentes foram registradas. Por exemplo, o agente altruísta  $\alpha_{19}$  avaliou a distância em 0.20, os resultados estão contidos na Tabela 6.2.

A Figura 6.3 mostra as avaliações fuzzy do atributo distância, quando esta distância é equivalente a três quilômetros. Os valores utilizados na figura são os mesmos que estão na Tabela 6.2.

A Tabela 6.3 mostra valores normalizados, de acordo com os fatores de personalidade, para a uma distância é equivalente a cinco quilômetros. A Figura 6.4 mostra as respectivas avaliações fuzzy do atributo distância. Os valores utilizados na figura são os mesmos que estão na Tabela 6.3.

A Figura 6.5 mostra avaliações para uma distância igual a oito quilômetros.

### 6.1.1 Composição de Regras Condicionais para Avaliação do Valor de Investimento

A base de regras para a avaliação fuzzy do investimento é dada pela Tabela 6.5.

Essas regras podem ser traduzidas como:

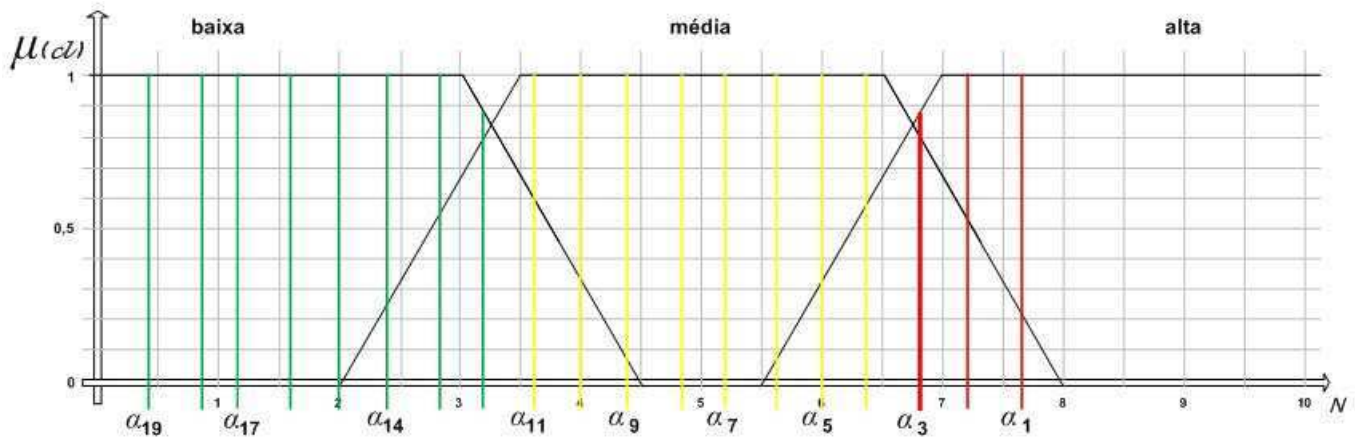


Figura 6.2: Avaliação fuzzy do atributo complexidade de nível igual a 40

Tabela 6.2: Distância percorrida equivalente a três quilômetros

agente	fator	$V_{nor}(d)$
$\alpha_0$	0.0	4.00
$\alpha_1$	0.1	3.80
$\alpha_3$	0.3	3.40
$\alpha_5$	0.5	3.00
$\alpha_7$	0.7	2.60
$\alpha_9$	0.9	2.20
$\alpha_{11}$	1.1	1.80
$\alpha_{13}$	1.3	1.40
$\alpha_{15}$	1.5	1.00
$\alpha_{17}$	1.7	0.60
$\alpha_{19}$	1.9	0.20
$\alpha_{20}$	2.0	0.00

**If** distância is perto **and** complexidade is baixa  
**Then**  $\mathbb{S}_r = \text{pouco}$

**If** distância is perto **and** complexidade is média  
**Then**  $\mathbb{S}_r = \text{pouco}$

**If** distância is perto **and** complexidade is alta  
**Then**  $\mathbb{S}_r = \text{médio}$

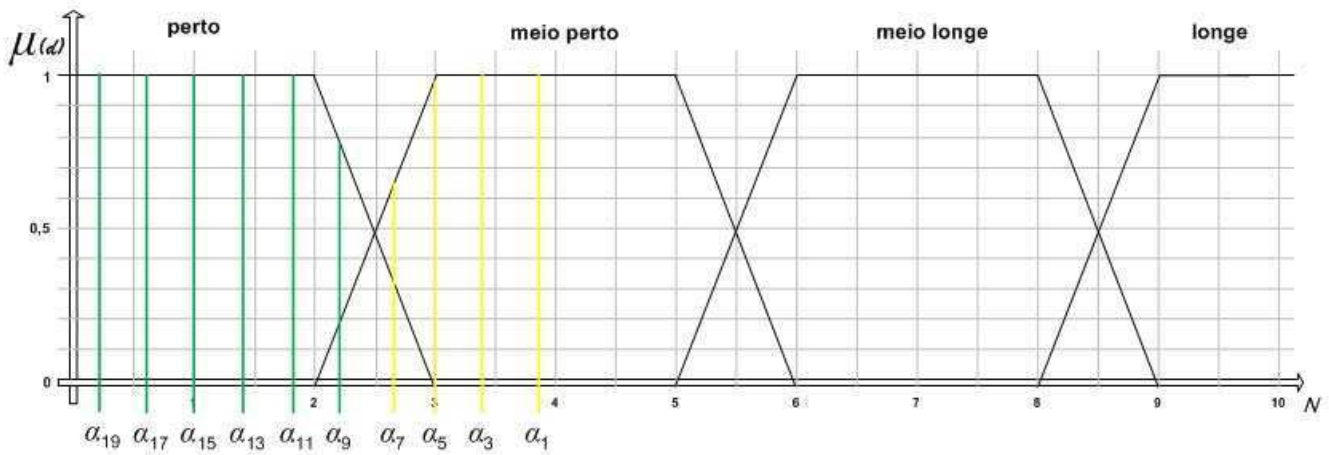


Figura 6.3: Avaliação fuzzy do atributo Distância igual a 3 km

Tabela 6.3: Distância percorrida equivalente a cinco quilômetros

agente	fator	$V_{nor}(d)$
$\alpha_0$	0.0	6.99
$\alpha_1$	0.1	6.33
$\alpha_3$	0.3	5.66
$\alpha_5$	0.5	5.00
$\alpha_7$	0.7	4.33
$\alpha_9$	0.9	3.66
$\alpha_{11}$	1.1	3.00
$\alpha_{13}$	1.3	2.33
$\alpha_{15}$	1.5	1.66
$\alpha_{17}$	1.7	0.99
$\alpha_{19}$	1.9	0.33
$\alpha_{20}$	2.0	0.00

**If** distância **is** meio perto **and** complexidade **is** baixa  
**Then**  $S_r =$  pouco

**If** distância **is** meio perto **and** complexidade **is** média  
**Then**  $S_r =$  médio

**If** distância **is** meio perto **and** complexidade **is** alta  
**Then**  $S_r =$  médio

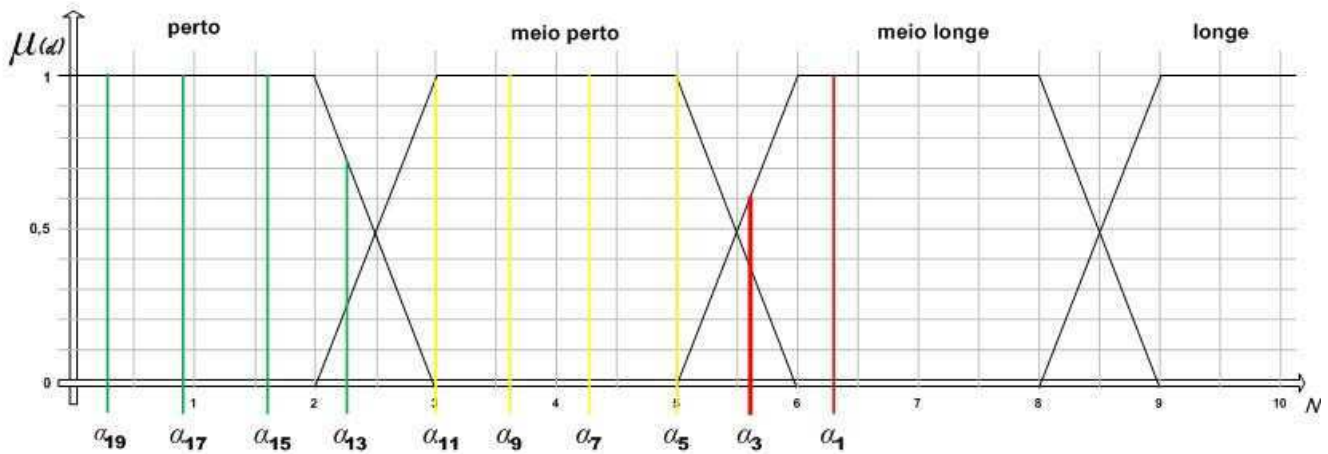


Figura 6.4: Avaliação do fuzzy do atributo Distância igual a 5 km

Tabela 6.4: Distância percorrida equivalente a oito quilômetros

agente	fator	$V_{nor}(d)$
$\alpha_0$	0.0	10.00
$\alpha_1$	0.1	10.00
$\alpha_3$	0.3	9.06
$\alpha_5$	0.5	8.00
$\alpha_7$	0.7	6.93
$\alpha_9$	0.9	5.86
$\alpha_{11}$	1.1	4.79
$\alpha_{13}$	1.3	3.73
$\alpha_{15}$	1.5	2.66
$\alpha_{17}$	1.7	1.59
$\alpha_{19}$	1.9	0.53
$\alpha_{20}$	2.0	0.00

**If** distância **is** meio longe **and** complexidade **is** baixa  
**Then**  $S_r =$  médio

**If** distância **is** meio longe **and** complexidade **is** média  
**Then**  $S_r =$  médio

**If** distância **is** meio longe **and** complexidade **is** alta  
**Then**  $S_r =$  alto

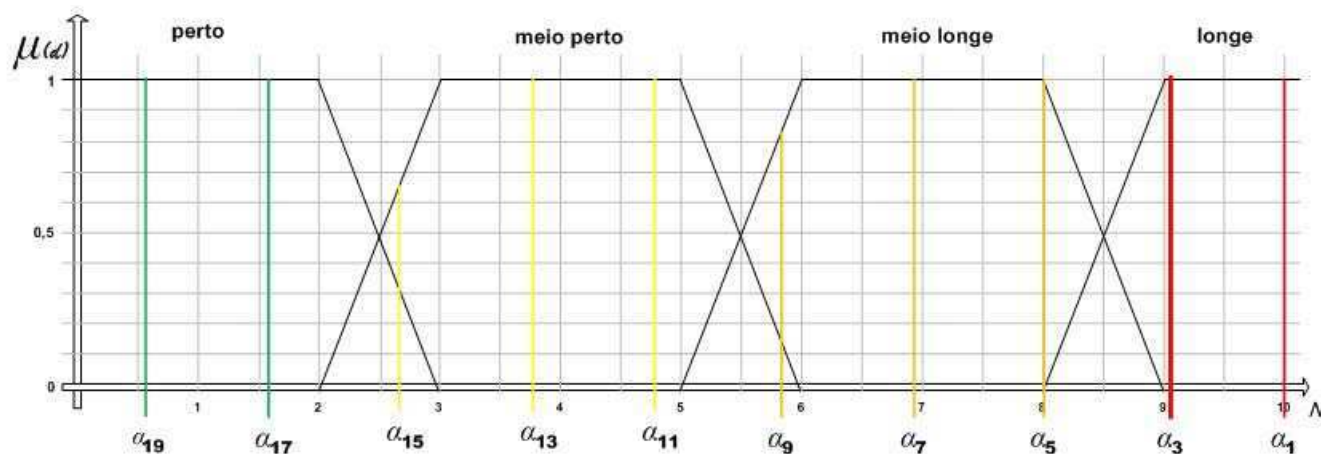


Figura 6.5: Avaliação do fuzzy do atributo Distância igual a 8 km

Tabela 6.5: Avaliação do investimento (Distância  $\times$  Complexidade)

$r_{\alpha\beta}$	baixa	média	alta
perto	<b>pouco</b>	<b>pouco</b>	<b>médio</b>
meio perto	<b>pouco</b>	<b>médio</b>	<b>médio</b>
meio longe	<b>médio</b>	<b>médio</b>	<b>alto</b>
longe	<b>médio</b>	<b>alto</b>	<b>alto</b>

**If** distância **is** longe **and** complexidade **is** baixa  
**Then**  $S_r =$  médio

**If** distância **is** longe **and** complexidade **is** média  
**Then**  $S_r =$  alto

**If** distância **is** longe **and** complexidade **is** alta  
**Then**  $S_r =$  alto

### 6.1.2 Exemplo 1

Consideram-se as avaliações que o agente egoísta  $\alpha_3$  executou para ambos os atributos, complexidade e distância. A complexidade do processo possui valor 40 e a distância percorrida para entrega da pizza é de 5 km. Através da equação de normalização obtém-se os seguintes valores normalizados para complexidade e distância:

- Se  $V(c) = 40 \rightarrow V_{nor}(c) = 6.80$ ;
- Se  $V(d) = 5 \rightarrow V_{nor}(d) = 5.66$

Utilizando a equação das retas por onde a avaliação de  $\alpha_3$  cruza, encontram-se os valores apresentados em 6.1 e 6.2.

$$c_{\alpha'_3} = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} = \frac{8 - 6.8}{8 - 6.5} = \frac{1.2}{1.5} = 0.8 \quad (6.1)$$

$$c_{\alpha''_3} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{6.8 - 5.5}{7 - 5.5} = \frac{1.3}{1.5} = 0.86 \quad (6.2)$$

Através destes valores concluí-se que o valor fuzzy do atributo complexidade, de acordo com o agente  $\alpha_3$  é **0.8 de média e 0.86 de alta**.

Utilizando a mesma metodologia calcula-se o valor fuzzy da avaliação de  $\alpha_3$  para a distância de 5 km.:

$$d_{\alpha'_3} = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} = \frac{6 - 5.66}{6 - 5} = 0.34 \quad (6.3)$$

$$d_{\alpha''_3} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{5.66 - 5}{6 - 5} = 0.66 \quad (6.4)$$

Encontra-se então o valor fuzzy **0.34 de meio perto e 0.66 de meio longe** para o atributo distância.

Avaliando-se com esses valores fuzzy de complexidade e distância as regras aplicáveis da Tabela 6.5, obtém-se o valor de troca fuzzy de investimento utilizando-se a Equação (5.2), obtendo-se:

**If** distância **is** 0,34 de meio perto **and** complexidade **is** 0,8 de média  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,34 \wedge 0,8 = 0,34$  de médio

**If** distância **is** 0,34 de meio perto **and** complexidade **is** 0,86 de alta  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,34 \wedge 0,86 = 0,34$  de médio

**If** distância **is** 0,66 de meio longe **and** complexidade **is** 0,8 de média  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,66 \wedge 0,8 = 0,66$  de médio

**If** distância **is** 0,66 de meio longe **and** complexidade **is** 0,86 de alta  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,66 \wedge 0,86 = 0,66$  de alta

O valor fuzzy final do valor de investimento é obtido através dos máximos valores (máximos dos mínimos). Neste exemplo o agente  $\alpha_3$  avaliou o valor fuzzy de investimento como sendo **0,66 de médio e 0,66 de alto**, gerando a região fuzzy da Figura 6.6.

O valor *crisp* de saída é calculado através do *método do centróide*, cuja fórmula é apresentada na equação 6.5. A equação 6.6 mostra a substituição dos valores e a solução

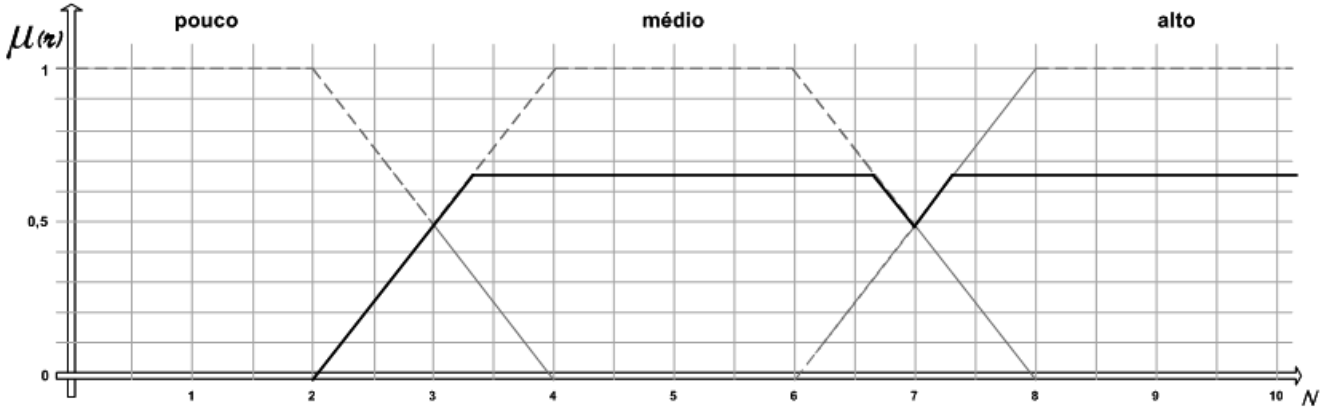


Figura 6.6: Representação geométrica do valor fuzzy de investimento do agente  $\alpha_3$

da equação que resulta em 6.852866.

$$S'_r(\alpha_3) = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i \times \mu(r)_i)}{\sum \mu(r)_i} \quad (6.5)$$

$$\begin{aligned} S'_r(\alpha_3) &= \frac{(3.3 \times 0.66) + (6.7 \times 0.66) + (7 \times 0.5) + (7.3 \times 0.66) + (10 \times 0.66)}{0.66 + 0.66 + 0.5 + 0.66 + 0.66} \quad (6.6) \\ &= 6.852866 \end{aligned}$$

Utilizando outro agente, que naturalmente realizou avaliações diferentes para outras situações, chega-se a outros valores fuzzy porém a metodologia é a mesma utilizada para calcular o serviço de investimento do agente  $\alpha_3$ . Agora serão analisadas as avaliações do agente tolerante  $\alpha_{13}$  para uma distância percorrida de 5 km e para uma complexidade de 100.

De acordo com as equações 6.7 e 6.8:

$$c_{\alpha'_{13}} = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} = \frac{7 - 5.5}{7 - 5.5} = 1.0 \quad (6.7)$$

$$c_{\alpha''_{13}} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{8 - 7}{8 - 6.5} = 0.66 \quad (6.8)$$

tem-se que o valor fuzzy da complexidade, avaliado pelo agente  $\alpha_{13}$ , é **0,66 de média e 1,0 de alta**. A distância percorrida é avaliada por  $\alpha_{13}$  de acordo com as equações 6.9 e 6.10:

$$d_{\alpha'_{13}} = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} = \frac{3 - 2.33}{3 - 2} = 0.67 \quad (6.9)$$

$$d_{\alpha''_{13}} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{2.33 - 2}{3 - 2} = 0.33 \quad (6.10)$$

obtendo-se **0,67 de perto e 0,33 de meio perto**. O valor fuzzy do investimento (avaliado por  $\alpha_{13}$ ) é obtido avaliando-se com esses valores acima as regras aplicáveis da Tabela 6.5, e utilizando-se a Equação (5.2). Obtém-se então:

**If** distância **is** 0,67 de perto **and** complexidade **is** 0,66 de média  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,67 \wedge 0,66 = 0,66$  de pouco

**If** distância **is** 0,67 de perto **and** complexidade **is** 1,0 de alta  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,67 \wedge 1,0 = 0,67$  de médio

**If** distância **is** 0,67 de perto **and** complexidade **is** 1,0 de alta  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,67 \wedge 1,0 = 0,67$  de médio

**If** distância **is** 0,33 de meio perto **and** complexidade **is** 0,66 de média  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,33 \wedge 0,66 = 0,33$  de médio

**If** distância **is** 0,33 de meio perto **and** complexidade **is** 1,0 de alta  
**Then**  $\mathbb{S}_r = 0,33 \wedge 1,0 = 0,33$  de médio

Logo, *valor fuzzy* do serviço de investimento, de acordo com o agente  $\alpha_{13}$  é:

$$\mathbb{S}_r(\alpha_{13}) = \mathbf{0,66 de pouco e 0,67 de médio}$$

Este valor gera a região fuzzy da Figura 6.7 e o cálculo do centróide desta avaliação, que dá o valor crisp do investimento, é apresentado na Equação 6.11.

$$\begin{aligned} \mathbb{S}'_{r,\alpha_{13}} &= \frac{(0 \times 0,66) + (2,7 \times 0,66) + (3 \times 0,5) + (3,3 \times 0,67) + (6,7 \times 0,67)}{0,66 + 0,66 + 0,5 + 0,67 + 0,67} \quad (6.11) \\ &= 3,158861 \end{aligned}$$

## 6.2 Avaliação Fuzzy do Valor de Satisfação

Seja o serviço  $\mathbb{S}_s(\beta) = \{t, ct\}$ , onde  $t$  denota tempo e  $ct$  denota custo, e as escalas para avaliação fuzzy dos atributos  $t$  e  $ct$ , e do valor da satisfação  $s_{\beta\alpha}$  dadas, respectivamente, como:  $T^t = \langle \text{rápido, médio, lento} \rangle$ ,  $T^{cl} = \langle \text{barato, médio, caro} \rangle$ ;  $T^s = \langle \text{insatisfatório, médio, satisfatório} \rangle$ .

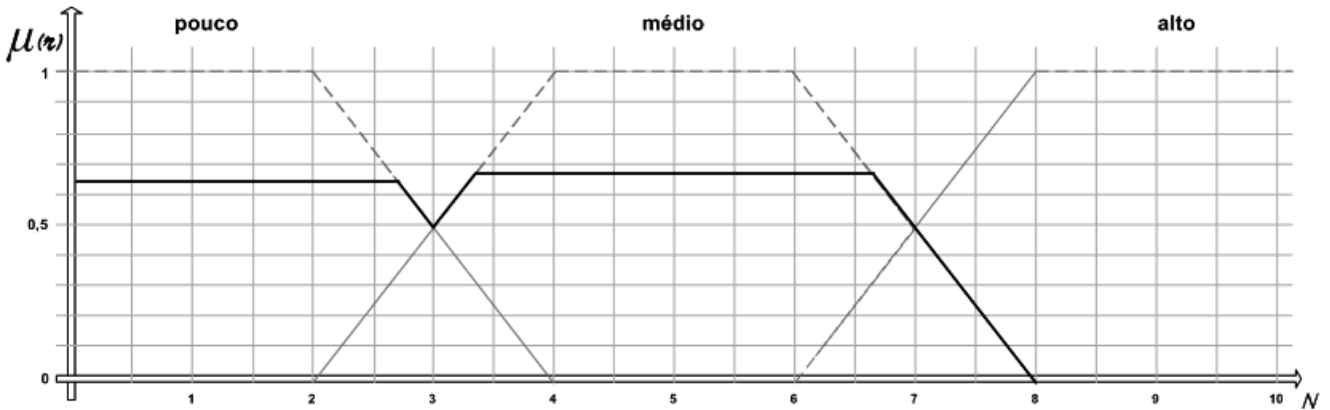


Figura 6.7: Representação geométrica do valor fuzzy do investimento do agente  $\alpha_{13}$

Considere a realização de uma instância de um serviço, cujos atributos para avaliação da satisfação, tempo e custo, são medidos pelos valores:  $V(t) = 30$  e  $V(ct) = 40$ .

As avaliações normalizadas desses atributos, realizadas pelo agente altruísta  $\beta_{15}$  com  $max_t = 60$  e  $max_{ct} = 40$  através da Eq. (5.1), são:  $V_{nor}(t) = 2.5$  e  $V_{nor}(ct) = 3.33$ , conforme pode ser visto nas Tabelas 6.6 e 6.7, respectivamente.

Tabela 6.6: Avaliações de agentes com personalidades diferentes para um tempo igual a 30 minutos

agente	fator	$V_{nor}(t)$
$\beta_0$	0.0	10.0
$\beta_1$	0.1	9.50
$\beta_3$	0.3	8.50
$\beta_5$	0.5	7.50
$\beta_7$	0.7	6.50
$\beta_9$	0.9	5.50
$\beta_{11}$	1.1	4.50
$\beta_{13}$	1.3	3.50
$\beta_{15}$	1.5	2.50
$\beta_{17}$	1.7	1.50
$\beta_{19}$	1.9	0.50
$\beta_{20}$	2.0	0.00

Compare, nas figuras 6.8 e 6.9, as avaliações deste agente com a do agente tolerante  $\beta_{11}$ , com fator de personalidade  $\gamma = 1.1$ , que realiza as avaliações normalizadas realistas  $V_{nor}(t) = 4.50$  e  $V_{nor}(ct) = 5.99$ .

As figuras Fig. 6.8 e Fig. 6.9 mostram, respectivamente, os valores fuzzy das avaliações dos atributos custo e tempo, realizadas por agentes com diferentes fatores de personalidades, onde se pode observar as avaliações fuzzy realizadas pelo agente altruísta  $\beta_{15}$ : “ $t$  is rápido” com grau 0.75 e “ $t$  is médio” com grau 0.25, “ $ct$  is barato” com grau

Tabela 6.7: Avaliações de agentes com personalidades diferentes quando o preço pago foi de 40 reais

agente	fator	$V_{nor}(ct)$
$\beta_5$	0.5	10.00
$\beta_7$	0.7	8.66
$\beta_9$	0.9	7.33
$\beta_{11}$	1.1	5.99
$\beta_{13}$	1.3	4.66
$\beta_{15}$	1.5	3.33
$\beta_{17}$	1.7	1.99
$\beta_{19}$	1.9	0.66

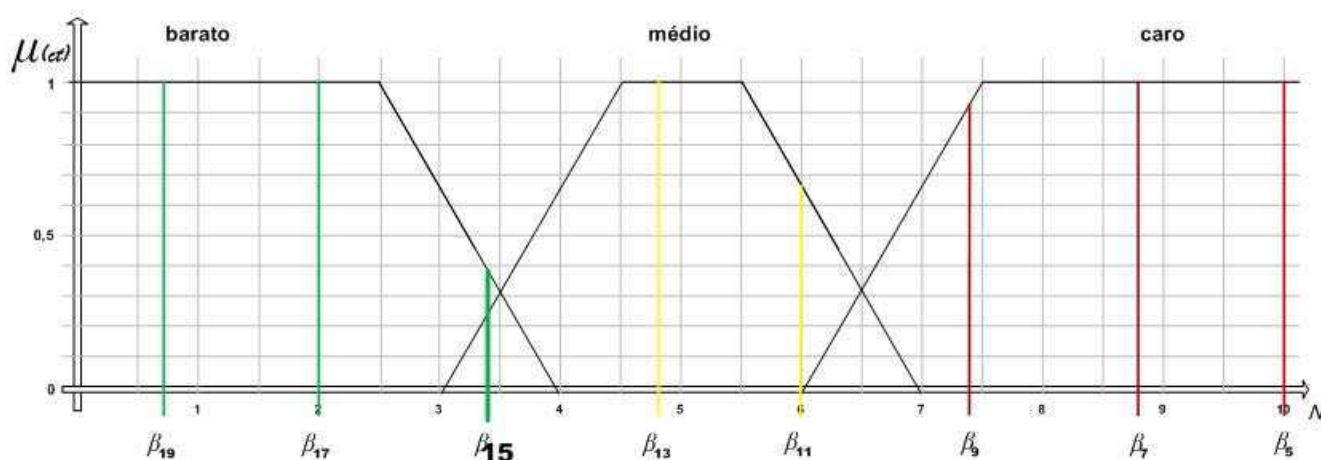


Figura 6.8: Representação gráfica da avaliação fuzzy do atributo custo quando for 40 reais

0.44 e “*ct* is médio” com grau 0.22.

A Tabela 6.8 mostra valores normalizados para avaliações do atributo tempo de 60 minutos, considerando vários fatores de personalidades de agentes. A avaliação fuzzy deste atributo por esses agentes está representada na Figura 6.10.

Tabela 6.8: Avaliações de agentes com personalidades diferentes para um tempo de 60 minutos

agente	fator	$V_{nor}(t)$
$\beta_{11}$	1.1	9.00
$\beta_{13}$	1.3	7.00
$\beta_{15}$	1.5	5.00
$\beta_{17}$	1.7	3.00
$\beta_{19}$	1.9	1.00

### 6.2.1 Composição de Regras Condicionais para Avaliação do Valor de Satisfação

Considerando um serviço  $\mathbb{S}_s = (tempo, custo)$ , então é possível obter um conjunto de regras condicionais através do cruzamento de resultados das avaliações

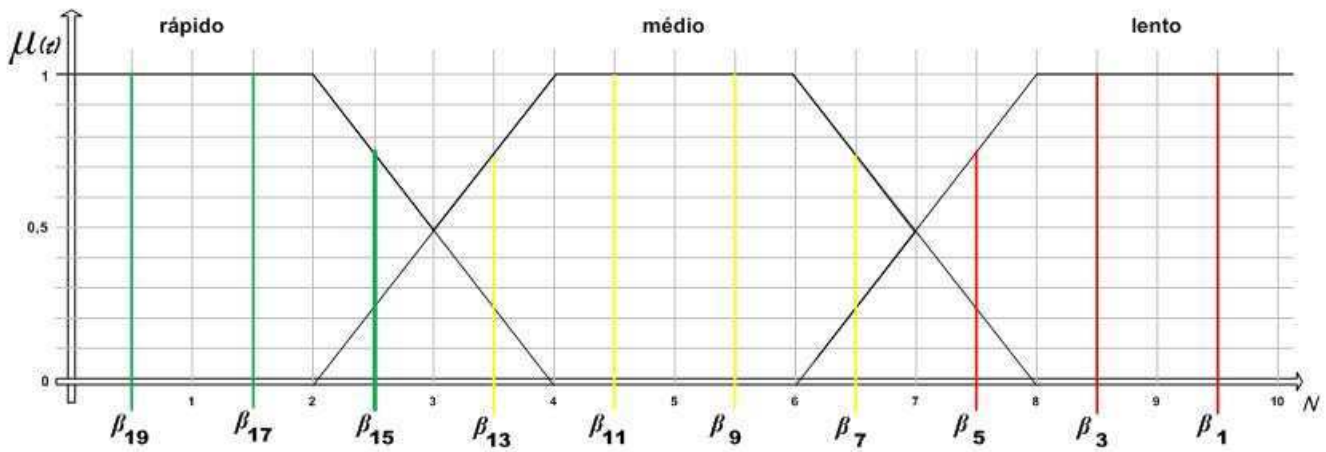


Figura 6.9: Avaliação fuzzy do atributo tempo quando ele equivale a 30 minutos

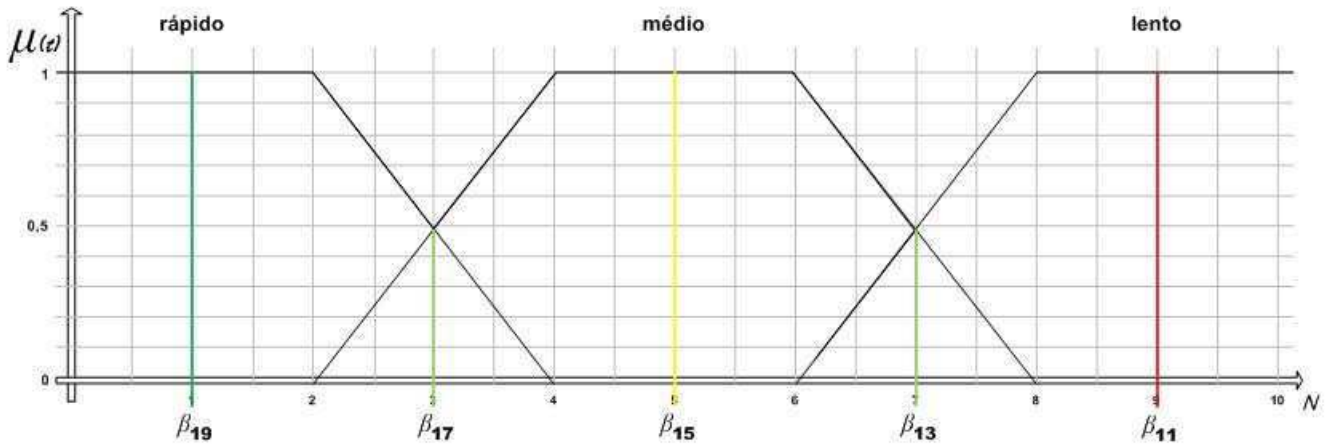


Figura 6.10: Representação gráfica da avaliação fuzzy do atributo tempo quando ele equivale a 60 minutos

Tabela 6.9: Avaliações de agentes com personalidades diferentes quando o preço pago foi de 20 reais

agente	fator	$V_{nor}(ct)$
$\beta_1$	0.1	6.33
$\beta_3$	0.3	5.66
$\beta_5$	0.5	5.00
$\beta_7$	0.7	4.33
$\beta_9$	0.9	3.66
$\beta_{11}$	1.1	3.00
$\beta_{13}$	1.3	2.33
$\beta_{15}$	1.5	1.66
$\beta_{17}$	1.7	0.99
$\beta_{19}$	1.9	0.33

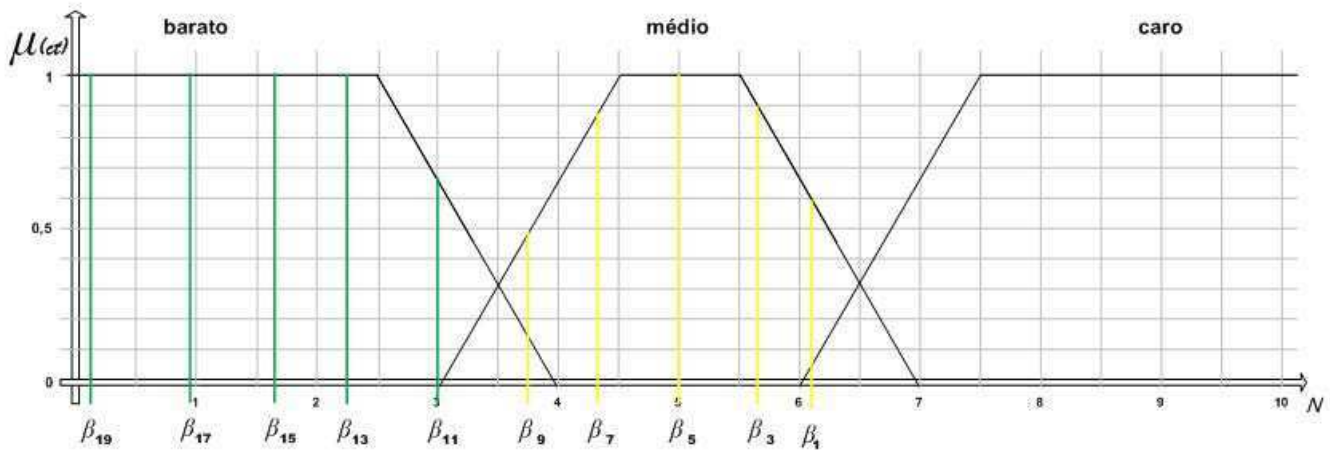


Figura 6.11: Gráfico da avaliação fuzzy do atributo custo quando for 20 reais

individuais dos atributos de  $S$ . A base de regras para avaliação fuzzy da satisfação é dada na Tabela 6.10.

Tabela 6.10: Avaliação fuzzy da satisfação (Preço  $\times$  Tempo)

$s_{\beta\alpha}$	barato	médio	caro
rápido	<b>satisfatório</b>	<b>satisfatório</b>	<b>médio</b>
médio	<b>satisfatório</b>	<b>médio</b>	<b>insatisfatório</b>
lento	<b>médio</b>	<b>insatisfatório</b>	<b>insatisfatório</b>

Essas regras podem ser traduzidas como:

**If** tempo **is** rápido **and** custo **is** barato  
**Then**  $S_s =$  satisfatório

**If** tempo **is** rápido **and** custo **is** médio  
**Then**  $S_s =$  satisfatório

**If** tempo **is** rápido **and** custo **is** caro  
**Then**  $S_s =$  médio

**If** tempo **is** médio **and** custo **is** barato  
**Then**  $S_s =$  satisfatório

**If** tempo **is** médio **and** custo **is** médio  
**Then**  $\mathbb{S}_s = \text{médio}$

**If** tempo **is** médio **and** custo **is** caro  
**Then**  $\mathbb{S}_s = \text{insatisfatório}$

**If** tempo **is** lento **and** custo **is** barato  
**Then**  $\mathbb{S}_s = \text{médio}$

**If** tempo **is** lento **and** custo **is** médio  
**Then**  $\mathbb{S}_s = \text{insatisfatório}$

**If** tempo **is** lento **and** custo **is** caro  
**Then**  $\mathbb{S}_s = \text{insatisfatório}$

### 6.2.2 Exemplo 2

Para uma avaliação do valor de satisfação é necessário que se faça uma avaliação individual dos atributos que compõe o serviço para a satisfação. No exemplo apresentado, os dois atributos que fazem a composição do valor de satisfação são *tempo* e *custo*. Observando os gráficos nota-se que o agente altruísta  $\beta_{15}$  para um *tempo* de 30 minutos avalia este atributo com o valor *0,75 de rápido e 0,25 de médio*. O mesmo agente ( $\beta_{15}$ ) avalia o atributo *custo*, quando o *custo* equivale a quarenta reais, com o valor fuzzy *0,44 de barato e 0,22 de médio*.

Os valores fuzzy de cada atributo são calculados através das equações das retas, como realizado no Exemplo 1 (Seção 6.1.2). Depois de obter os valores fuzzy dos atributos então é calculado o valor fuzzy da satisfação, da mesma forma análoga ao Exemplo 1 (Seção 6.1.2). Tem-se as seguintes regras condicionais para determinar o valor fuzzy de satisfação.

**If** tempo **is** 0,75 de rápido **and** custo **is** 0,44 de barato  
**Then** **is**  $\mathbb{S}_s = 0,44$  de satisfatório

**If** tempo **is** 0,75 de rápido **and** custo **is** 0,22 de médio  
**Then** **is**  $\mathbb{S}_s = 0,22$  de satisfatório

**If** tempo is 0,25 de médio **and** custo is 0,44 de barato  
**Then** is  $S_s = 0,25$  de satisfatório

**If** tempo is 0,25 de médio **and** custo is 0,22 de médio  
**Then** is  $S_s = 0,22$  de médio

Tem-se então que valor fuzzy de satisfação é *0,44 de satisfatório e 0,22 de médio*. A representação deste valor é visualizada no gráfico apresentado na Figura 6.13. O valor crisp, calculado utilizando o método do centróide, é apresentado na equação 6.12.

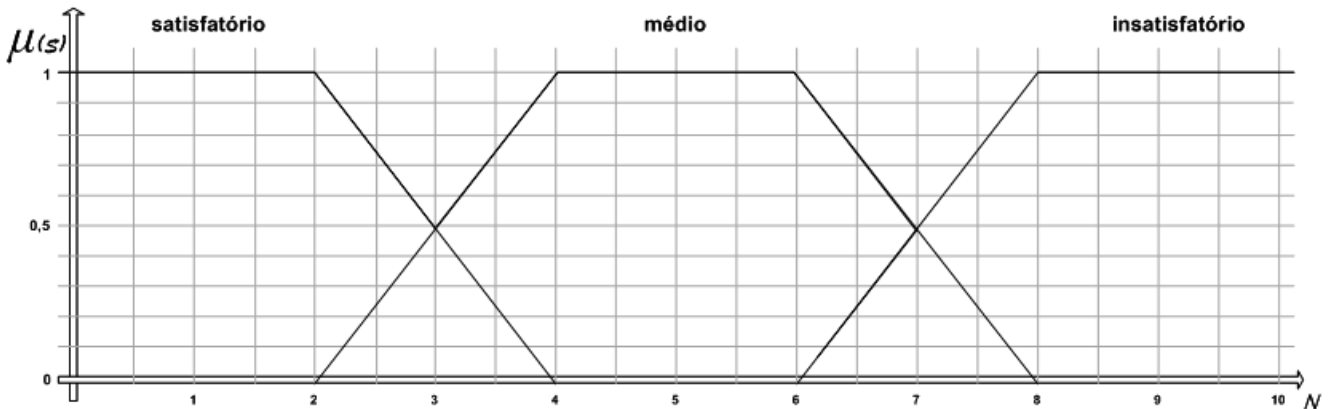


Figura 6.12: Escala para avaliação fuzzy da satisfação

$$S'_s(\beta_{15}) = \frac{(0 \times 0.44) + (3.1 \times 0.44) + (3.5 \times 0.22) + (7.5 \times 0.22)}{0.44 + 0.44 + 0.22 + 0.22} = 2.866667 \quad (6.12)$$

Para dar continuidade na validação da metodologia empregada, será apresentado um avaliação do serviço de satisfação realizada por outro agente. Na avaliação anterior foi utilizado um agente cujo fator de personalidade é 1.5, o que indica que este agente tende a ser um agente do tipo altruísta, em outras palavras, é um agente que faz uma avaliação positivista das situações. Agora será utilizado um agente do tipo egoísta, com o fator de personalidade 0.1, este agente é o  $\beta_1$ .

Quando o tempo de entrega durou 20 minutos a avaliação do agente foi de 6.33, e o custo da pizza foi de R\$ 10,00, e então este agente avaliou o custo em 3.166. Para um tempo de entrega que durou 30 minutos este agente avalia o processo (avaliação normalizada) em 9.50. Para uma pizza que custou R\$ 20,00 este agente avalia o processo em 6.33. Para um tempo de entrega de 60 minutos a avaliação foi de 10 e para um custo de R\$ 40,00 a avaliação foi de 10. Estes valores são apresentados na tabela 6.11.

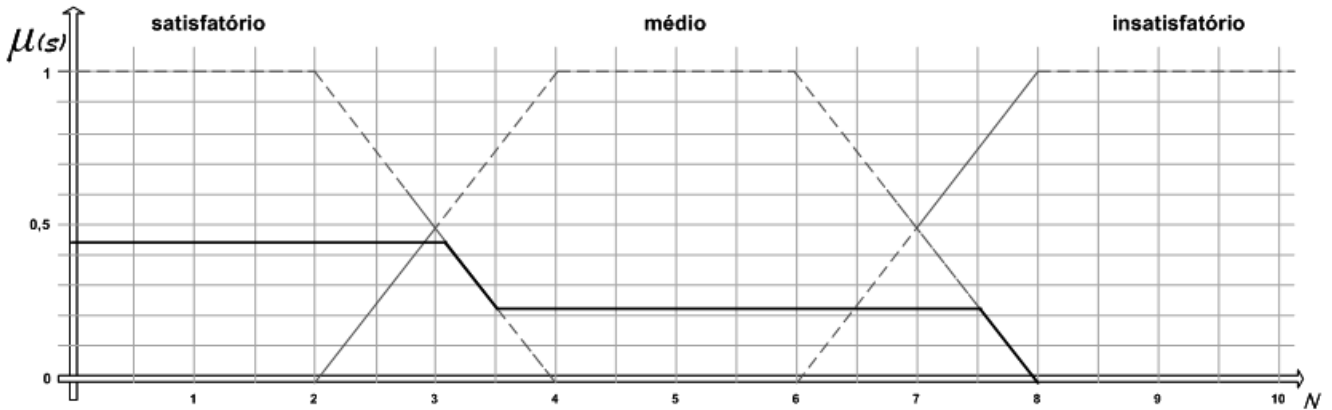


Figura 6.13: Valor fuzzy da satisfação do Agente  $\beta_{15}$

Tabela 6.11: Valores para o agente  $\beta_1$  em atributos diferentes

$V(t)$	$V(ct)$	$V_n(t)$	$V_n(ct)$
20	10	6.33	3.166
30	20	9.50	6.33
60	40	10	10

### 6.3 Equilíbrio Material no Estágio $I_{\alpha\beta}$

Através da composição dos atributos dos serviços, obtém-se três novos subconjuntos fuzzy que representam o estado de equilíbrio da interação. A base de regras para a avaliação fuzzy do equilíbrio material no estágio  $I_{\alpha\beta}$  é dado pela Tabela 6.12. Nesta tabela, pode-se observar a noção de equilíbrio fuzzy <sup>2</sup> (caso em que o investimento da pizzaria e a satisfação do cliente se “igualam” com um certo grau), ou as noções de desequilíbrio fuzzy (casos em que o investimento da pizzaria é “menor” ou “muito menor” que a satisfação do cliente com um certo grau, e vice-versa).

Tabela 6.12: Avaliação fuzzy das equações de equilíbrio material no estágio  $I_{\alpha\beta}$  (Investimento  $\times$  Satisfação)

$I_{\alpha\beta}$	insatisfatório	médio	satisfatório
pouco	$r_\alpha = s_\beta$	$r_\alpha < s_\beta$	$r_\alpha \ll s_\beta$
médio	$r_\alpha > s_\beta$	$r_\alpha = s_\beta$	$r_\alpha < s_\beta$
alto	$r_\alpha \gg s_\beta$	$r_\alpha > s_\beta$	$r_\alpha = s_\beta$

Estas regras podem ser traduzidas como:

**If**  $r_\alpha$  **is** pouco **and**  $s_\beta$  **is** insatisfatório  
**Then**  $I_{\alpha\beta}$  **is**  $r_\alpha = s_\beta$

<sup>2</sup>o termo *equilíbrio* pode ser representado também pela igualdade  $r_\alpha = s_\beta$

**If**  $r_\alpha$  is pouco **and**  $s_\beta$  is médio

**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is  $r_\alpha < s_\beta$

**If**  $r_\alpha$  is pouco **and**  $s_\beta$  is satisfatório

**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is  $r_\alpha \ll s_\beta$

**If**  $r_\alpha$  is médio **and**  $s_\beta$  is insatisfatório

**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is  $r_\alpha > s_\beta$

**If**  $r_\alpha$  is médio **and**  $s_\beta$  is médio

**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is  $r_\alpha = s_\beta$

**If**  $r_\alpha$  is médio **and**  $s_\beta$  is satisfatório

**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is  $r_\alpha < s_\beta$

**If**  $r_\alpha$  is alto **and**  $s_\beta$  is insatisfatório

**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is  $r_\alpha \gg s_\beta$

**If**  $r_\alpha$  is alto **and**  $s_\beta$  is médio

**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is  $r_\alpha > s_\beta$

**If**  $r_\alpha$  is alto **and**  $s_\beta$  is satisfatório

**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is  $r_\alpha = s_\beta$

Utilizando os agentes que foram utilizados nos exemplos apresentados anteriormente, agora é possível calcular o equilíbrio entre a primeira troca no primeiro estágio ( $I_{\alpha\beta}$ ). Dado os seguintes valores:

- $\alpha_3 = r_{I_{\alpha\beta}}$  is 0.66 de *médio* **and**  $r_{I_{\alpha\beta}}$  is 0.66 de *alto*;
- $\beta_{15} = r_{I_{\alpha\beta}}$  is 0.44 de *satisfatório* **and**  $r_{I_{\alpha\beta}}$  is 0.22 de *médio*.

tem-se que

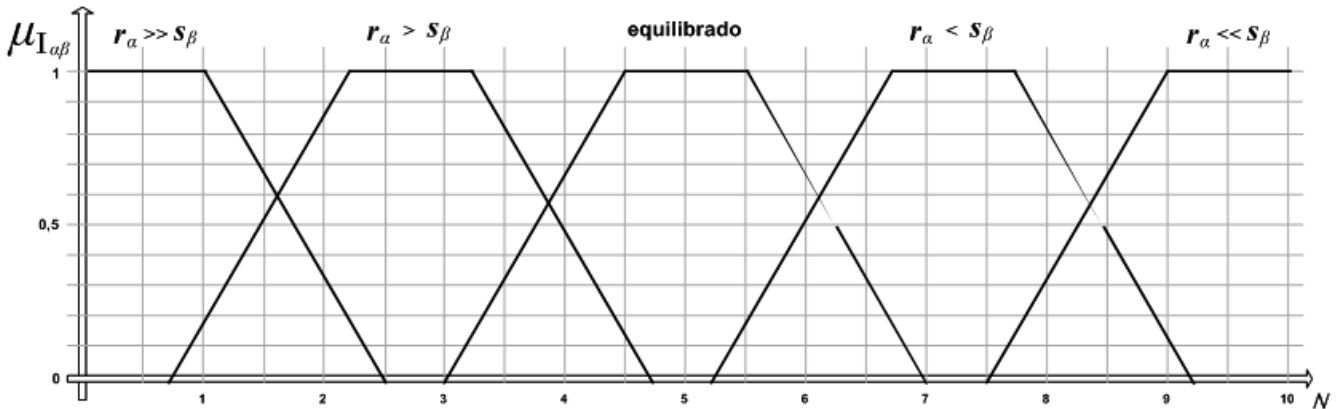


Figura 6.14: Escala do equilíbrio fuzzy de uma troca material no estágio  $I_{\alpha\beta}$

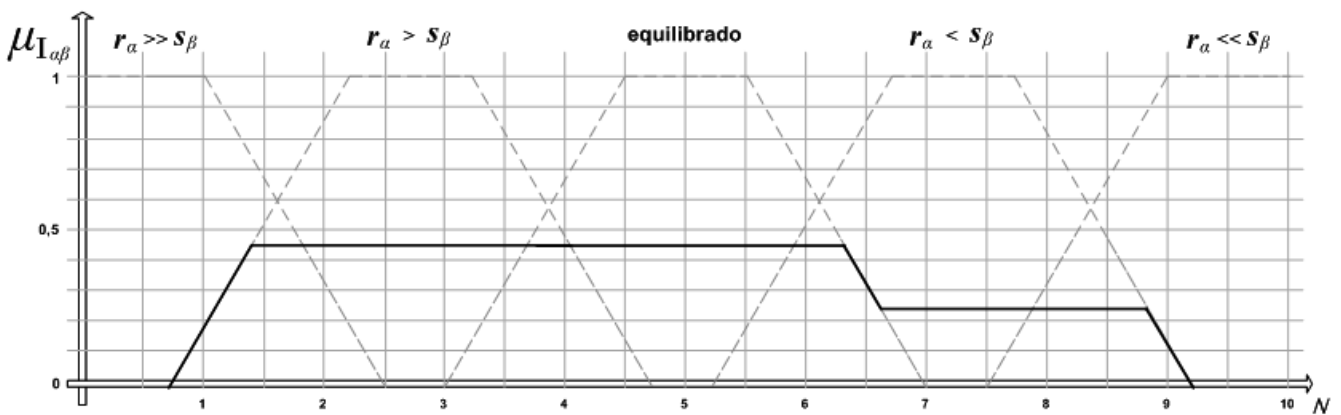


Figura 6.15: Equilíbrio da troca material no estágio  $I_{\alpha\beta}$  entre o agente  $\alpha_3$  e o agente  $\beta_{15}$

**If**  $r_{\alpha_3}$  is 0,66 de médio **and**  $s_{\beta_{15}}$  is 0,44 de satisfatório  
**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is 0,44 de  $r_{\alpha} < s_{\beta}$

**If**  $r_{\alpha_3}$  is 0,66 de médio **and**  $s_{\beta_{15}}$  is 0,22 de médio  
**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is 0,22 de  $r_{\alpha} = s_{\beta}$

**If**  $r_{\alpha_3}$  is 0,66 de alto **and**  $s_{\beta_{15}}$  is 0,44 de satisfatório  
**Then**  $I_{\alpha\beta}$  is 0,44 de  $r_{\alpha} = s_{\beta}$

**If**  $r_{\alpha_3}$  **is** 0,66 de alto **and**  $s_{\beta_{15}}$  **is** 0,22 de médio  
**Then**  $I_{\alpha\beta}$  **is** 0,22 de  $r_{\alpha} > s_{\beta}$

Dados os valores fuzzy de investimento e satisfação obtidos respectivamente como “ $r_{\alpha\beta}$  **is** médio” com grau 0.66 e “ $r_{\alpha\beta}$  **is** alto” com grau 0.66, e “ $s_{\beta\alpha}$  **is** satisfatório” com grau 0.44 e “ $s_{\beta\alpha}$  **is** médio” com grau 0.22.

Utilizando estes valores aplicados na Tabela 6.12, tem-se que o valor fuzzy da equação de equilíbrio material da etapa  $I_{\alpha\beta}$  é calculado como na Eq. 5.2, obtendo-se: “ $I_{\alpha\beta}$  **is**  $r_{\alpha\beta} < s_{\beta\alpha}$ ” com grau 0.44 e “ $I_{\alpha\beta}$  **is**  $r_{\alpha\beta} = s_{\beta\alpha}$ ” com grau  $\max\{0.22, 0.44\} = 0.44$  e “ $I_{\alpha\beta}$  **is**  $r_{\alpha\beta} > s_{\beta\alpha}$ ” com grau 0.22, gerando a região fuzzy da Fig. 6.15.

## 7 ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO FUZZY DE SERVIÇOS EM TROCAS SOCIAIS NO SEGUNDO ESTÁGIO DE TROCA

Considere agora que uma pizzaria recebeu um grande financiamento, aumentou sua rede de tele-entregas, criou sabores de pizza e outros produtos exclusivos. Agora necessita fazer uma campanha publicitária para que o nome desta pizzaria fique bem lembrado pelos consumidores devido a qualidade do produto. Depois de algumas reuniões com os sócios da pizzaria, funcionários e fornecedores ficou decidido que a pizzaria contrataria uma agência de publicidade e propaganda, empresa de serviços que planeja, executa, distribui e controla a propaganda comercial dos seus clientes.

Após algumas reuniões com agências de publicidade diferentes e com propostas e valores diferentes, decidiram então em contratar os serviços da agência “Pub Mark S.A.”. A questão é que agora os agentes do tipo  $\alpha$  vão avaliar um serviço que lhes foi prestado, esta avaliação é exatamente o *valor de satisfação* do agente no segundo estágio de uma troca social. Já os agentes do tipo  $\beta$  analisarão o processo utilizado pela “Pub Mark S.A.” para executarem seu processo de avaliação, que resultará no *valor de investimento* no segundo estágio de uma troca social.

### 7.1 Avaliação Fuzzy de Investimento

Seja o serviço  $S_r = \{ab, tp\}$ , onde  $ab$  denota “abrangência” e  $tp$  denota “produção” (tempo gasto em produção), e as escalas para avaliação fuzzy dos atributos  $ab$  e  $tp$ , e do valor do investimento  $r_{\beta\alpha}$ , dadas, respectivamente, como:  $T^{ab} = \langle \text{municipal, regional, estadual} \rangle$ ;  $T^{tp} = \langle \text{devagar, médio, rápido} \rangle$  e  $T^r = \langle \text{pouco, médio, alto} \rangle$ .

A variável lingüística “abrangência” indica a dimensão geográfica da campanha publicitária da pizzaria. Quando a abrangência for *municipal* a campanha atingirá somente o município em que está localizada a pizzaria, quando for *regional* a campanha publicitária atingirá os municípios ao redor do município da pizzaria com o objetivo de atrair o público das cidades que ficam perto do município aonde está localizado a matriz da pizzaria. Uma abrangência *estadual* é uma estratégia de marketing que engloba todo o estado em que está localizado o município, já preparando outras cidades importantes do estado para abertura de lojas filiais em outras cidades de considerável importância.

A variável lingüística “tempo de produção” considera o tempo que a empresa publicitária levou para analisar, projetar e executar a campanha de marketing da pizzaria.

Diz-se que o tempo é *devagar* quando a campanha demorou muito para ser colocada em prática, *médio* é quando a empresa colocou a campanha em prática em um tempo razoável e *rápido* é quando a empresa foi super eficiente e colocou a campanha de marketing da pizzeria em um tempo muito bom.

No contrato da pizzeria com a agência publicitária estava previsto que o raio máximo de abrangência de uma campanha seria de 1000Km, porém isso dependeria da verba destinada para a abrangência. Com um valor que a agência havia direcionado para este processo, foi possível que a campanha atingisse uma abrangência de 410Km.

Portanto, concretamente tem-se uma variável lingüística denominada “abrangência”, que possui os termos lingüísticos, *municipal*, *regional* e *estadual*. O valor bruto,  $V(ab)$  analisado foi a abrangência de 410km. A Tabela 7.1 mostra valores normalizados da avaliação do atributo abrangência relativa a 410 km, para agentes com diferentes fatores de personalidades, e as respectivas avaliações estão na Figura 7.1.

Tabela 7.1: Abrangência geográfica da publicidade relativa a 410 km

agente	fator	$V_{nor}(ab)$
$\beta_0$	0.0	8.20
$\beta_1$	0.1	7.79
$\beta_2$	0.2	7.38
$\beta_3$	0.3	6.97
$\beta_4$	0.4	6.56
$\beta_5$	0.5	6.15
$\beta_6$	0.6	5.74
$\beta_7$	0.7	5.33
$\beta_8$	0.8	4.92
$\beta_9$	0.9	4.51
$\beta_{10}$	1.0	4.10
$\beta_{11}$	1.1	3.69
$\beta_{12}$	1.2	3.28
$\beta_{13}$	1.3	2.87
$\beta_{14}$	1.4	2.46
$\beta_{15}$	1.5	2.05
$\beta_{16}$	1.6	1.64
$\beta_{17}$	1.7	1.23
$\beta_{18}$	1.8	0.82
$\beta_{19}$	1.9	0.41
$\beta_{20}$	2.0	0.00

Na Tabela 7.2 é possível visualizar as avaliações dos agentes para um processo de produção que durou 30 dias. O valor bruto  $V(tp) = 30$  (tempo necessário para a produção do projeto foi exatamente 1 mês, ou 30 dias) e o valor máximo aceitável para a produção total da campanha é de 180 dias.

Será analisada a avaliação feita pelo agente egoísta  $\beta_3$ , que avaliou o atributo “abrangência” ( $ab$ ) com 6,97, ou seja,  $V_{nor}(ab) = 6.97$ . Este mesmo agente avaliou o atributo “produção” ( $p$ ) com 2,83, ou seja,  $V_{nor}(p) = 2.83$ .

Aplicando-se a equação da reta, obteve-se então que o agente  $\beta_3$  considera o atributo “abrangência” com o valor fuzzy **0.64 de estadual e 0.02 de regional**.

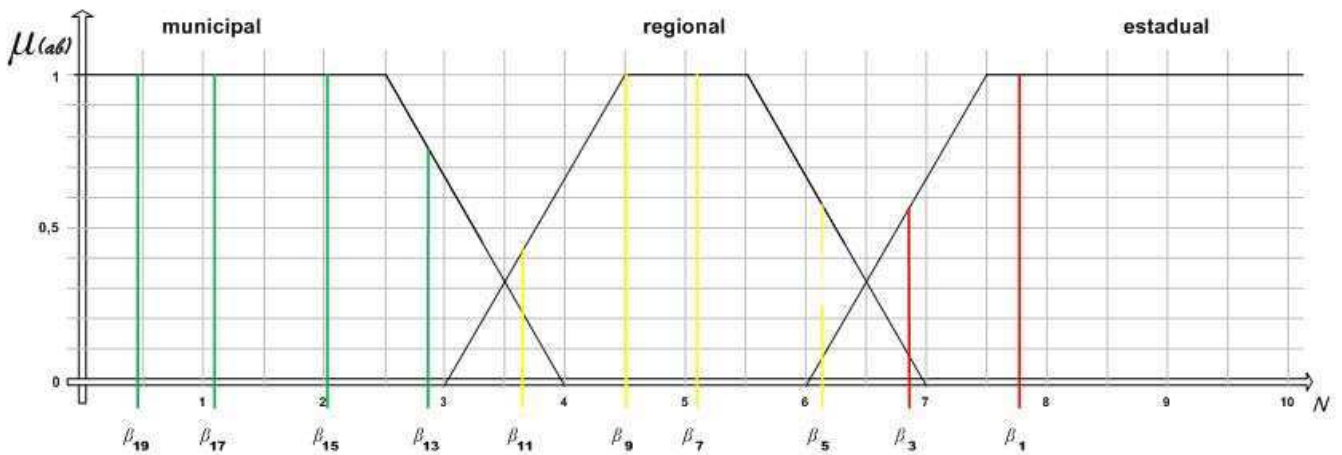


Figura 7.1: Avaliação do atributo Abrangência que alcançou 410km

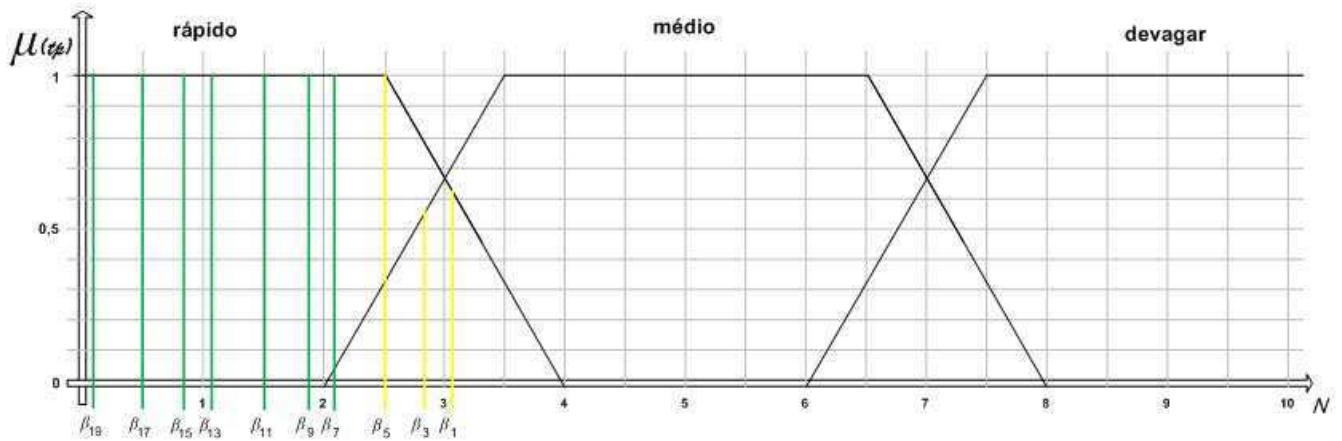


Figura 7.2: Avaliação fuzzy do tempo de produção da campanha

Com a mesma metodologia, a avaliação fuzzy do agente  $\beta_3$  para o atributo “produção” foi **0.78 de rápido e 0.55 de médio**.

A base de regras para a avaliação fuzzy do valor de investimento é dado pela Tabela 7.3.

Para calcular o avaliação fuzzy do investimento é utilizada a escala  $T^r = \langle \text{pouco, médio, alto} \rangle$ .

Essas regras podem ser traduzidas em:

**If** abrangência **is** municipal **and** produção **is** devagar  
**Then**  $S_r = \text{pouco}$

**If** abrangência **is** municipal **and** produção **is** médio  
**Then**  $S_r = \text{pouco}$

Tabela 7.2: 30 dias foi o tempo gasto para produzir o projeto publicitário

agente	fator	$V_{nor}(tp)$
$\beta_0$	0.0	3.17
$\beta_1$	0.1	3.17
$\beta_2$	0.2	3.00
$\beta_3$	0.3	2.83
$\beta_4$	0.4	2.67
$\beta_5$	0.5	2.50
$\beta_6$	0.6	2.33
$\beta_7$	0.7	2.17
$\beta_8$	0.8	2.00
$\beta_9$	0.9	1.83
$\beta_{10}$	1.0	1.67
$\beta_{11}$	1.1	1.50
$\beta_{12}$	1.2	1.33
$\beta_{13}$	1.3	1.17
$\beta_{14}$	1.4	1.00
$\beta_{15}$	1.5	0.83
$\beta_{16}$	1.6	0.67
$\beta_{17}$	1.7	0.50
$\beta_{18}$	1.8	0.33
$\beta_{19}$	1.9	0.17

Tabela 7.3: Avaliação fuzzy do investimento (Abrangência  $\times$  Produção)

$r_{\beta\alpha}$	devagar	médio	rápido
municipal	<b>pouco</b>	<b>pouco</b>	<b>médio</b>
regional	<b>pouco</b>	<b>médio</b>	<b>alto</b>
estadual	<b>médio</b>	<b>alto</b>	<b>alto</b>

**If** abrangência is municipal **and** produção is rápido  
**Then**  $S_r =$  médio

**If** abrangência is regional **and** produção is devagar  
**Then**  $S_r =$  pouco

**If** abrangência is regional **and** produção is médio  
**Then**  $S_r =$  médio

**If** abrangência **is** regional **and** produção **is** rápido  
**Then**  $S_r = \text{médio}$

**If** abrangência **is** estadual **and** produção **is** devagar  
**Then**  $S_r = \text{médio}$

**If** abrangência **is** estadual **and** produção **is** médio  
**Then**  $S_r = \text{alto}$

**If** abrangência **is** estadual **and** produção **is** rápido  
**Then**  $S_r = \text{alto}$

Através dos valores fuzzy aplicados a base de regras apresentada na Tabela 7.3, utiliza-se a composição MAX-MIN para determinar o valor fuzzy do serviço de investimento:

**If** abrangência **is** 0.64 de estadual **and** produção **is** 0.78 de rápido  
**Then**  $S_r = 0,64 \wedge 0,78 = 0,78$  de alto

**If** abrangência **is** 0.64 de estadual **and** produção **is** 0.55 de médio  
**Then**  $S_r = 0,64 \wedge 0,55 = 0,55$  de alto

**If** abrangência **is** 0.02 de regional **and** produção **is** 0.78 de rápido  
**Then**  $S_r = 0,02 \wedge 0,78 = 0,78$  de médio

**If** abrangência **is** 0.02 de regional **and** produção **is** 0.55 de médio  
**Then**  $S_r = 0,02 \wedge 0,55 = 0,78$  de médio

Assim tem-se que o valor fuzzy do investimento, de acordo com o agente egoísta  $\beta_3$ , para a realização do seu serviço é “ $r_{\beta\alpha}$  **is** 0.78 de médio **and** 0.55 de alto”.

## 7.2 Avaliação Fuzzy de Satisfação

Seja o serviço  $S_s = \{q, rt\}$ , onde  $q$  denota “qualidade” e  $rt$  denota “retorno”, e as escalas para avaliação fuzzy dos atributos  $q$  e  $rt$ , e do valor de satisfação  $s_{\alpha\beta}$ , dadas, respectivamente, como:  $T^q = \langle \text{ruim, razoável, boa} \rangle$ ;  $T^{rt} = \langle \text{negativo, neutro, positivo} \rangle$  e  $T^s = \langle \text{insatisfatório, médio, satisfatório} \rangle$ .

A variável lingüística “qualidade” indica que a campanha foi considerada boa, razoável ou ruim, de acordo com o agente que avalia a campanha.

A variável lingüística “retorno” indica a aceitação da campanha publicitária pelos agentes. Esta aceitação está diretamente relacionada com o que o grau que a campanha atingiu. Caso tenha sido um grau baixo a campanha foi considerada negativa, se a campanha de marketing publicitário melhorou nem piorou a imagem da pizzaria então esta publicidade obteve um retorno neutro e se a campanha publicitária obteve resultados que melhorou o faturamento e a imagem da pizzaria então o retorno da campanha foi positivo.

A Tabela 7.4 mostra os agentes com diferentes personalidades e suas respectivas avaliações para a qualidade da campanha publicitária. A análise da qualidade da campanha foi executada através de uma pesquisa com alguns clientes, sendo que o cliente preenchia uma ficha com alguns critérios e no final, através da soma dos valores dado para estes critérios a pesquisa alcança a sua pontuação final. A maior pontuação que o teste conseguiria atingir são 300 pontos, porém nenhum cliente somou os 300 pontos em sua pesquisa. Na Tabela 7.4 é possível visualizar os agentes e os resultados de suas avaliações para uma pontuação de 100 (o valor bruto  $V(q)$  foi de 100 pontos). As respectivas avaliações pelos agentes estão na Figura 7.3.

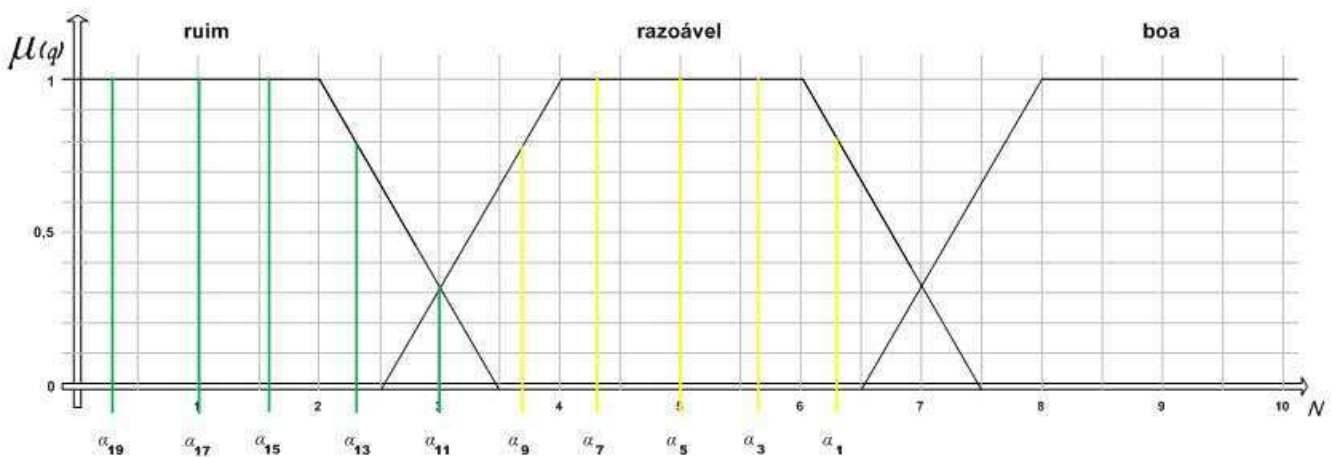


Figura 7.3: Avaliação fuzzy da qualidade da campanha com pontuação igual a 100

Na Tabela 7.5 visualiza-se a informação que equivale a um “retorno” igual a 35, sendo que a maior avaliação da variável “retorno” poderia ser de 100. Lembrando que esta variável pode levar em consideração o faturamento da pizzaria depois da campanha publicitária em execução. Se o faturamento se manteve assim como era antes da pizzaria investir na campanha então é porque a pizzaria está diminuindo seu faturamento. O valor bruto  $V(rt)$  analisado é 35. As respectivas avaliações fuzzy dos agentes podem ser observadas na Figura 7.4.

Tabela 7.4: Qualidade da campanha publicitária

agente	fator	$V_{nor}(q)$
$\alpha_1$	0.1	6.33
$\alpha_2$	0.2	6.00
$\alpha_3$	0.3	5.67
$\alpha_4$	0.4	5.33
$\alpha_5$	0.5	5.00
$\alpha_6$	0.6	4.67
$\alpha_7$	0.7	4.33
$\alpha_8$	0.8	4.00
$\alpha_9$	0.9	3.67
$\alpha_{10}$	1.0	3.33
$\alpha_{11}$	1.1	3.00
$\alpha_{12}$	1.2	2.67
$\alpha_{13}$	1.3	2.33
$\alpha_{14}$	1.4	2.00
$\alpha_{15}$	1.5	1.67
$\alpha_{16}$	1.6	1.33
$\alpha_{17}$	1.7	1.00
$\alpha_{18}$	1.8	0.67
$\alpha_{19}$	1.9	0.33

Como esta é uma análise hipotética não é necessário entrar nos detalhes referentes ao preço pago pela campanha, valor do faturamento mensal da pizzaria, enfim a negociação entre ambas as partes não faz parte deste estudo.

A Tabela 7.6 mostra o resultado do cruzamento entre os termos lingüísticos das variáveis *qualidade* e *retorno*. A base de regras para a avaliação fuzzy do valor de satisfação é dado pela Tabela 7.6.

Para o agente egoísta  $\alpha_3$ , a avaliação normalizada do atributo qualidade resultou em 5.67, já a do atributo retorno 5.95. Utilizando uma metodologia análoga, obtém-se o valor fuzzy da satisfação do agente  $\alpha_3$ , que resulta em **médio** (com grau igual a 1), isto é, “ $s_{\alpha\beta}$  is 1.0 de médio”. Observa-se que, na avaliação do agente  $\alpha_3$ , o atributo qualidade é avaliado como razoável (com grau igual a 1) e o retorno como neutro (com grau igual a 1).

O valor *crisp* de saída é calculado através do *método do centróide*, cuja fórmula é apresentada na equação 6.5. A equação 6.6 mostra a substituição dos valores e a solução da equação que resulta em .

### 7.3 Equilíbrio Material no Estágio $II_{\alpha\beta}$

A base de regras para a avaliação fuzzy do equilíbrio material no estágio  $II_{\alpha\beta}$  é dado pela Tabela 7.7.

Dados os valores fuzzy de investimento e satisfação obtidos respectivamente como “ $r_{\beta\alpha}$  is 0.78 de médio **and** 0.55 de alto”, e “ $s_{\alpha\beta}$  is 1.0 de médio”, através da composição

Tabela 7.5: Avaliação do retorno que a campanha promoveu

agente	fator	$V_{nor}(rt)$
$\alpha_1$	0.1	6.65
$\alpha_2$	0.2	6.30
$\alpha_3$	0.3	5.95
$\alpha_4$	0.4	5.60
$\alpha_5$	0.5	5.25
$\alpha_6$	0.6	4.90
$\alpha_7$	0.7	4.55
$\alpha_8$	0.8	4.20
$\alpha_9$	0.9	3.85
$\alpha_{10}$	1.0	3.50
$\alpha_{11}$	1.1	3.15
$\alpha_{12}$	1.2	2.80
$\alpha_{13}$	1.3	2.45
$\alpha_{14}$	1.4	2.10
$\alpha_{15}$	1.5	1.75
$\alpha_{16}$	1.6	1.40
$\alpha_{17}$	1.7	1.05
$\alpha_{18}$	1.8	0.70
$\alpha_{19}$	1.9	0.35

Tabela 7.6: Avaliação da satisfação (Qualidade  $\times$  Retorno)

$s_{\alpha\beta}$	ruim	razoável	boa
negativo	<b>insatisfatório</b>	<b>insatisfatório</b>	<b>médio</b>
neutro	<b>insatisfatório</b>	<b>médio</b>	<b>satisfatório</b>
positivo	<b>médio</b>	<b>satisfatório</b>	<b>satisfatório</b>

MAX-MIN obtém-se:

**If**  $r_{\beta\alpha}$  **is** 0.78 de médio **and**  $s_{\alpha\beta}$  **is** 1 de médio **then**  $II'_{\alpha\beta}$  **is**  $0.78 \wedge 1 = 0.78$  de equilíbrio

**If**  $r_{\beta\alpha}$  **is** 0.55 de alto **and**  $s_{\alpha\beta}$  **is** 1 de médio **then**  $II''_{\alpha\beta}$  **is**  $0.55 \wedge 1 = 0.55$  de  $r_{\beta} > s_{\alpha}$

e o valor fuzzy da equação de equilíbrio material da etapa  $II_{\alpha\beta}$  é calculado como: “ $II_{\alpha\beta}$  **is** 0.78 de  $r_{\beta} = s_{\alpha}$  **and** 0.55 de  $r_{\beta} > s_{\alpha}$ ”. Uma representação geométrica deste valor fuzzy de equilíbrio é mostrado através da Figura 7.5.

Tabela 7.7: Avaliação fuzzy das equações de equilíbrio material no estágio  $II_{\alpha\beta}$  (Investimento  $\times$  Satisfação)

$II_{\alpha\beta}$	insatisfatório	médio	satisfatório
pouco	$r_{\beta} = s_{\alpha}$	$r_{\beta} < s_{\alpha}$	$r_{\beta} \ll s_{\alpha}$
médio	$r_{\beta} > s_{\alpha}$	$r_{\beta} = s_{\alpha}$	$r_{\beta} < s_{\alpha}$
alto	$r_{\beta} \gg s_{\alpha}$	$r_{\beta} > s_{\alpha}$	$r_{\beta} = s_{\alpha}$

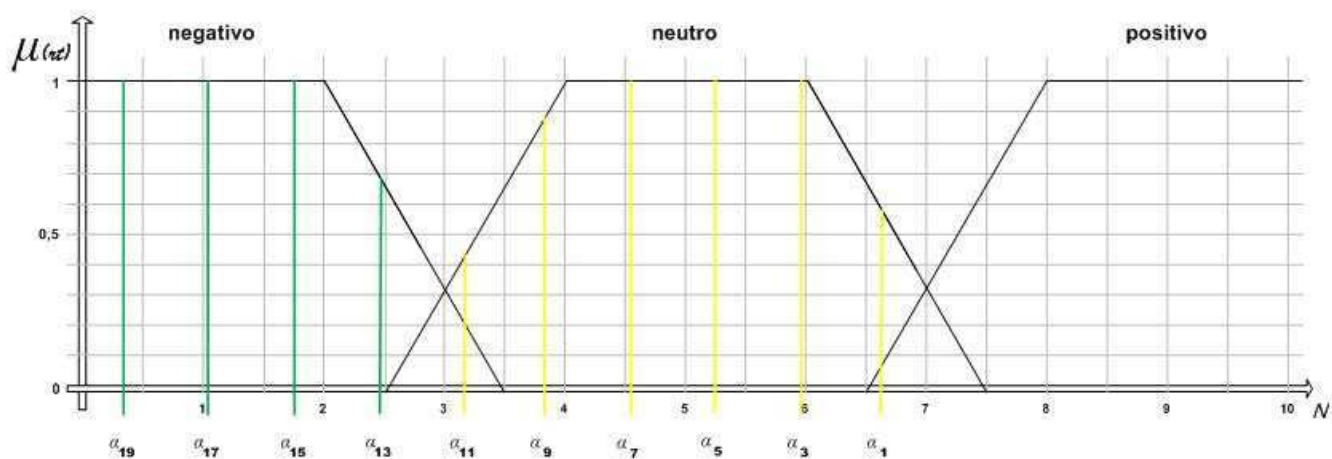


Figura 7.4: Avaliação fuzzy do retorno, igual a 35, da pizzaria após o início da campanha

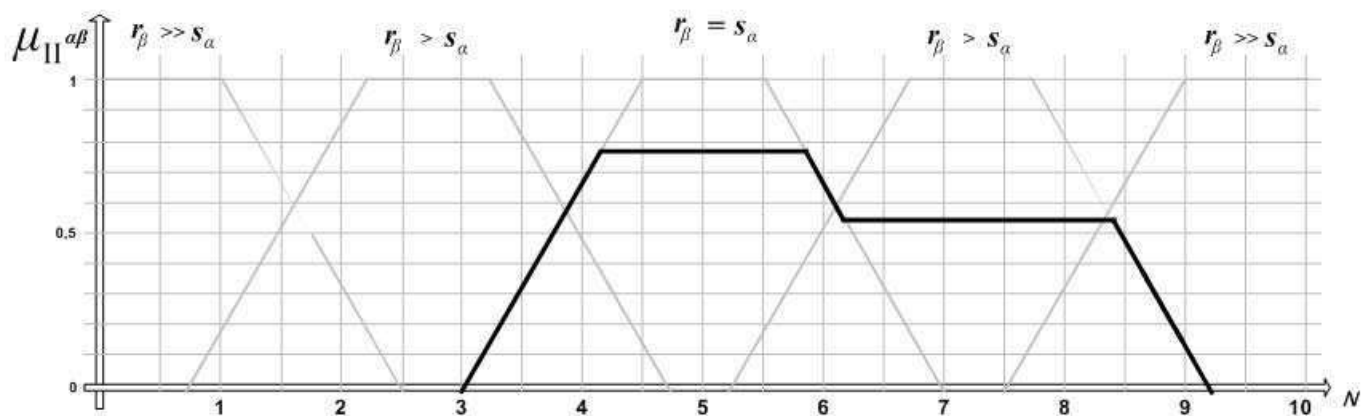


Figura 7.5: Equilíbrio material fuzzy no estágio  $II_{\alpha\beta}$

## 8 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A Teoria dos Valores de Trocas Sociais proposta em (PIAGET, 1995) têm sido utilizada como base para aplicações em Sistemas Multiagente (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005; DIMURO et al., 2007; GRIMALDO; LOZANO; BARBER, 2008; RODRIGUES; LUCK, 2006b, 2007).

Uma particularidade dos valores de trocas sociais é que eles são de natureza qualitativa, que representam conceitos subjetivos. O problema é que uma representação computacional destes valores de trocas, ou de qualquer critério subjetivo, não é trivial. Em (RODRIGUES; LUCK, 2007, 2006b) foi apresentada uma metodologia para avaliação de serviços em processos de trocas sociais, visando uma sistemática para a seleção de parceiros e interações cooperativas no contexto de serviços em bioinformática. Em (GRIMALDO; LOZANO; BARBER, 2008), valores de trocas foram utilizados para incorporação de sociabilidade como meio de melhorar mecanismos de coordenação em um ambiente de um bar virtual. Em ambos os trabalhos, não há uma representação qualitativa, subjetiva, para os valores materiais gerados nas avaliações das trocas realizadas.

Já em (DIMURO; COSTA; PALAZZO, 2005) foi apresentada uma abordagem para a representação dos valores de trocas através de técnicas da Matemática Intervalar (MOORE, 1979), e em (DIMURO et al., 2007) foram considerados processos de trocas sociais em sistemas multiagentes baseados em personalidades. Embora a representação baseada na Matemática Intervalar possa ser considerada um meio termo entre uma representação puramente qualitativa e puramente quantitativa, ela não é capaz de capturar a subjetividade da avaliação realizada por agentes baseados em personalidades.

Uma abordagem coerente para a representação destes valores qualitativos é a Lógica Fuzzy. Esta abordagem vem sendo utilizada nas mais diversas áreas do conhecimento (MITRA; PAL, 2005), e muitos produtos do nosso uso diário são baseados em um sistema fuzzy, mostrando que esta é uma teoria já consolidada.

A principal contribuição desta dissertação foi a proposta de uma abordagem baseada na Lógica Fuzzy para a avaliação dos valores de trocas materiais (investimento e satisfação) gerados nos dois estágios de trocas sociais, com aplicação em sistemas multiagentes baseados em personalidades.

Para tanto, introduziu-se uma definição de serviço para cada um dos agentes envolvidos na troca (o agente que executa o serviço e o que recebe este serviço). Através da definição de fatores de personalidades, adotou-se um critério que possibilitou obter agentes com vários traços de personalidades, apesar de no trabalho constar uma generalização para apenas três traços de personalidades. Foi definido um processo de

normalização para avaliação de atributos que compõe um serviço, inspirado no processo de fuzzificação, que é influenciado pelos fatores de personalidades.

A metodologia definida para a avaliação fuzzy de serviços é genérica, podendo ser empregada tanto para avaliação do investimento como da satisfação. Analisou-se também a equação de equilíbrio material fuzzy associada a dois estágios de um processo de troca social. Estudos de casos simplificados possibilitou avaliar a potencialidade da proposta.

Observa-se, entretanto, que vários outros atributos poderiam ser considerados, tanto para avaliação do investimento como da satisfação, mostrando a flexibilidade da proposta. Além disso, a abordagem pode ser aplicada na avaliação subjetiva, imprecisa ou vaga, de qualquer outro tipo de serviço realizáveis por agentes.

Como trabalhos futuros tem-se: (i) avaliação do balanço fuzzy de trocas em um processo envolvendo diversos estágios de trocas consecutivos no tempo; (ii) avaliação dos valores de troca virtuais (débito e crédito), o que poderá ser realizado através de modificadores lingüísticos (ROSS, 2004).

Ainda, com a avaliação fuzzy de valores virtuais será possível completar a análise fuzzy das três equações de equilíbrio.

Desta forma, torna-se viável também desenvolver um modelo de agente fuzzy baseado em personalidades, isto é, um agente que é capaz de fazer avaliações fuzzy de trocas sociais baseadas em personalidades, e que poderá ser incorporado no simulador de trocas sociais desenvolvido em (DIMURO et al., 2007; PEREIRA et al., 2008).

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, L.; COELHO, H. Decisions Based upon Multiple Values: The BVG Agent Architecture. In: BARAHONA, P.; ALFERES, J. J. (Ed.). **Proc. of Progress in Artificial Intelligence, 9th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA '99, Évora, Portugal**. Berlin: Springer, 1999. n.1965, p.297–311. (Lecture Notes in Computer Science).

BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. **Tópicos de Lógica Fuzzy com Aplicações em Biomatemática**. Campinas, SP: UNICAMP/IMECC, 2006. (Coleção IMECC - Textos didáticos, v.5).

BOJADZIEV, G.; BOJADZIEV, M. **Fuzzy sets, fuzzy logic, applications**. River Edge, NJ, USA: World Scientific Publishing Co., Inc., 1996.

CARBONELL, J. G. Towards a Process Model of Human Personality Traits. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, v.15, n.1,2, p.49–74, 1980.

CARLSSON, C.; FULLER, R. **Fuzzy Reasoning in Decision Making and Optimization**. Heidelberg: Physiva-Verlag Springer, 2002.

CASTELFRANCHI, C.; DIGNUM, F.; JONKER, C.; TREUR, J. Deliberate Normative Agents: Principles and Architecture. In: JENNINGS, N. R.; LESPERANCE, Y. (Ed.). **Proc. of the 6th Intl. Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, ATAL'99, Orlando, 1999**. Berlin: Springer, 2000. n.1757, p.364–378. (Lecture Notes in Artificial Intelligence).

CASTELFRANCHI, C.; ROSIS, F.; FALCONE, R.; PIZZUTILLO, S. A Testbed for investigating personality-based multiagent cooperation. In: HOEK, W. van der; LESPERANCE, Y.; SCHERL, R. (Ed.). **Proc. of the Symposium on Logical Approaches to Agent Modeling and Design**. Aix-en-Provence: [s.n.], 1997. p.23–35.

CASTELFRANCHI, C.; ROSIS, F.; FALCONE, R.; PIZZUTILLO, S. Personality traits and social attitudes in multiagent cooperation. **Applied Artificial Intelligence**, London, v.12, p.649–675, 1998.

COSTA, A. C. R. The Piagetian Theory of Social Exchanges and its Application to Learning Environment. **Informática na Educação: Teoria e Prática**, Porto Alegre, RS, Brazil, v.6, n.2, p.77–90, 2003.

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R. Qualitative Markov Decision Processes and the Coordination of Social Exchanges in Multi-Agent Systems. In: GMYTRASIEWICZ, P.; PARSONS, S. (Ed.). **Proc. of the Workshop on Game Theoretic and Decision Theoretic Agents (at IJCAI'05)**. Edinburgh: [s.n.], 2005.

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R. Exchange Values and Self-Regulation of Exchanges in Multi-Agent Systems: the provisory, centralized model. In: BRUECKNER, S.; SERUGENDO, G. M.; HALES, D.; ZAMBONELLI, F. (Ed.). **Proc. of Engineering Self-Organising Systems: Revised Selected Papers of the 3rd Intl. Work., ESOA'05**, Utrecht, 2005. Berlin: Springer, 2006. n.3910, p.75–89. (Lecture Notes in Artificial Intelligence).

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R. Interval-based Markov Decision Processes for Regulating Interactions Between Two Agents in Multi-Agent Systems. In: DONGARRA, J.; MADSEN, K.; WASNIEWSKI, J. (Ed.). **Applied Parallel Computing: Selected Papers of the 7th International Conference, PARA'04**, Lyngby, 2004. Berlin: Springer, 2006. n.3732, p.102–111. (Lecture Notes in Computer Science).

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R.; GONÇALVES, L. V.; HÜBNER, A. Centralized Regulation of Social Exchanges between Personality-based Agents. In: NORIEGA, P.; VÁZQUEZ-SALCEDA, J.; BOELLA, G.; BOISSIER, O.; DIGNUM, V.; FORMARA, N.; MATSON, E. (Ed.). **Coordination, Organizations, Institutions and Norms in Multi-Agent Systems II. Revised selected papers from the COIN workshops held in AAMAS 2006 (Hakodate, Japan) and in ECAI 2006, (Riva del Garda, Italy)**. Berlin: Springer, 2007. n.4386, p.338–355. (Lecture Notes in Artificial Intelligence).

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R.; GONÇALVES, L. V.; HÜBNER, A. Regulating Social Exchanges Between Personality-Based Non-transparent Agents. In: GELBUKH, A. F.; GARCÍA, C. A. R. (Ed.). **Advances in Artificial Intelligence, 5th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, MICAI, Apizaco, Mexico, November 13-17, 2006**. Berlin: Springer, 2006. p.1105–1115. (Lecture Notes in Computer Science, v.4293).

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R.; GONÇALVES, L. V.; HÜBNER, A. Centralized Regulation of Social Exchanges Between Personality-Based Agents. In: NORIEGA, P.; VÁZQUEZ-SALCEDA, J.; BOELLA, G.; BOISSIER, O.; DIGNUM, V.; FORNARA, N.; MATSON, E. (Ed.). **Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems II**. Berlin: Springer, 2007. p.338–355. (Lecture Notes in Computer Science, v.4386).

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R.; GONÇALVES, L. V.; HÜBNER, A. Interval-Valued Hidden Markov Models for Recognizing Personality Traits in Social Exchanges in Open Multiagent Systems. **Tema – Tendências em Matemática Aplicada e Computacional**, São Carlos, v.9, n.1, 2008.

DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R.; PALAZZO, L. A. M. Systems of Exchange Values as Tools for Multi-Agent Organizations. **Journal of the Brazilian Computer Society**, Porto Alegre, v.11, n.1, p.31–50, 2005. (Special Issue on Agents' Organizations).

GRIMALDO, F.; LOZANO, M.; BARBER, F. Coordination and sociability for intelligent virtual agents. In: SICHMAN, J.; PADGET, J.; OSSOWSKI, S.; NORIEGA, P. (Ed.). **Coordination, Organization, Institutions and Norms in Agent systems III, Revised selected papers from the COIN workshops 2007**. Berlin: Springer, 2008. n.4870, p.58–70. (Lecture Notes in Artificial Intelligence).

HAACK, S. **Filosofia das Lógicas**. 1.ed. São Paulo: UNESP, 2002. Tradução: Cezar Augusto Mortari e Luiz Henrique de Araújo Dutra.

HOMANS, G. C. **The Human Group**. New York: Harcourt, Brace & World, 1950.

ISHII, K.; SUGENO, M. A Model of Human Evaluation Process Using Fuzzy Measure. **Int. Journal of Man-Machine Studies**, London, v.22, p.19–38, 1985.

JENNINGS, N. R. Coordination Techniques for Distributed Artificial Intelligence. In: O'HARE, G. M. P.; JENNINGS, N. R. (Ed.). **Foundations of Distributed Artificial Intelligence**. West Sussex: John Wiley & Sons, 1996.

LESSER, V. R. Cooperative Multiagent Systems: A Personal View of the State of the Art. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, Piscataway, NJ, USA, v.11, n.1, p.133–142, 1999.

LÓPEZ, F. L.; LUCK, M.; D'INVERNO, M. Constraining autonomy through norms. In: **Proc. of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, AAMAS '02**. Bologna: ACM Press, 2002. p.674–681.

MAMDANI, E.; ASSILIAN, S. An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. **International Journal of Man-Machine Studies**, London, v.7, n.1, p.1–13, 1975.

MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic controller. **Int. Journal of Man-Machine Studies**, London, v.7, p.1–13, 1975.

MITRA, S.; PAL, S. K. Fuzzy Sets in Pattern Recognition and Machine Intelligence. **Fuzzy Sets and Systems**, Amsterdam, v.156, p.381–386, 2005.

MIZUMOTO, M.; ZIMMERMAN, H. J. Comparison of Fuzzy Reasoning Methods. **Fuzzy Sets and Systems**, Amsterdam, v.8, p.253–283, 1982.

MOORE, R. E. **Methods and Applications of Interval Analysis**. Philadelphia: SIAM, 1979.

NGUYEN, H. T.; WALKER, E. A. **A First Course in Fuzzy Logic**. 3.ed. New York: Chapman & Hall/Crc, 2006.

PEREIRA, D. R.; GONÇALVES, L. V.; DIMURO, G. P.; COSTA, A. C. R. Towards the Self-regulation of Personality-based Social Exchange Processes in Multiagent Systems. In: ZAVERUCHA, G.; COSTA, A. L. (Ed.). **Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Artificial Intelligence**. Berlin: Springer, 2008. n.5249, p.113–123. (Lecture Notes in Artificial Intelligence).

PIAGET, J. **Sociological Studies**. London: Routledge, 1995.

RODRIGUES, M. R. **Um Sistema de Valores de Troca para Suporte às Interações em Sociedades Artificiais**. 2003. Dissertação de Mestrado — Programa de Pós-Graduação em Computação - UFRGS, Porto Alegre.

RODRIGUES, M. R. **Social Techniques for Effective Interactions in Open Cooperative Systems**. 2007. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade de Southampton, Southampton, UK.

RODRIGUES, M. R.; COSTA, A. C. R. Using Qualitative Exchange Values to Improve the Modelling of Social Interactions. In: HALES, D.; EDMONDS, B.; NORLING, E.; ROUCHIER, J. (Ed.). **Proc. of IV Work. on Agent Based Simulations, MABS'03, Melbourne, 2003**. Berlin: Springer, 2004. n.2927, p.57–72. (Lecture Notes in Artificial Intelligence).

RODRIGUES, M. R.; COSTA, A. C. R.; BORDINI, R. A System of Exchange Values to Support Social Interactions in Artificial Societies. In: **Proc. II Intl Conf. on Autonomous Agents and Multiag. Systems, AAMAS'03**. Melbourne: ACM Press, 2003. p.81–88.

RODRIGUES, M. R.; LUCK, M. Evaluating Dynamic Services in Bioinformatics. In: KLUSCH, M.; ROVATSOS, M.; PAYNE, T. R. (Ed.). **Proc. of Cooperative Information Agents X, 10th International Workshop, CIA 2006, Edinburgh, UK, September 11-13, 2006**. Berlin: Springer, 2006. n.3891, p.183–197. (Lecture Notes in Computer Science).

RODRIGUES, M. R.; LUCK, M. Analysing Partner Selection through Exchange Values. In: ANTUNES, L.; SICHTMAN, J. (Ed.). **Proc. of VI Work. on Agent Based Simulations, MABS'05, Utrecht, 2005**. Berlin: Springer, 2006. n.3891, p.24–40. (Lecture Notes in Artificial Intelligence).

RODRIGUES, M. R.; LUCK, M. Cooperative Interactions: an Exchange Values Model. In: NORIEGA, P.; VÁZQUEZ-SALCEDA, J.; BOELLA, G.; BOISSIER, O.; DIGNUM, V.; FORNARA, N.; MATSON, E. (Ed.). **Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems II**. Berlin: Springer, 2007. n.4386, p.356–371. (Lecture Notes in Artificial Intelligence).

ROSS, T. J. **Fuzzy Logic, with Engineering Applications**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2004.

WALSH, W. E.; WELLMAN, M. P. A market protocol for decentralized task allocation. In: **Proc. of the Third International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-98)**. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 1998. p.325–332.

WOOLDRIDGE, M. **An Introduction to Multi-Agent Systems**. New York: Wiley, 2002.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, Amsterdam, v.3, n.8, p.338–353, 1965.

ZADEH, L. A. Fuzzy logics and approximate reasoning. **Synthese**, [S.l.], v.30, p.407–428, 1975.

ZADEH, L. A. A Theory of Approximate Reasoning. In: HAYES, J. E.; MIKULICH, L. I. (Ed.). **Machine Intelligence**. New York: Ellis Horwood/John Wiley, 1979. p.149–196.