

ANDRÉ BITTENCOURT DO VALLE

**UTILIZAÇÃO DE LÓGICA IMPRECISA NO GERENCIAMENTO DA QUALIDADE  
DE PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Tecnologia da construção.

Orientador: Prof. CARLOS ALBERTO PEREIRA SOARES – D. Sc.

NITERÓI  
2009



ANDRÉ BITTENCOURT DO VALLE

**UTILIZAÇÃO DE LÓGICA IMPRECISA NO GERENCIAMENTO DA QUALIDADE  
DE PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Tecnologia da construção.

Aprovada em 1º de dezembro de 2009

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. CARLOS ALBERTO PEREIRA SOARES, D. Sc. - Orientador  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. ORLANDO CELSO LONGO, D. Sc.  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. WAINER DA SILVEIRA E SILVA, Ph. D.  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. PAULO PAVARINI RAJ, Ph. D.  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

---

Profa. ILDA MARIA DE PAIVA ALMEIDA SPRITZER, D. Sc.  
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

NITERÓI  
2009

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha família,  
que sempre me apoiou.

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Agradeço especialmente ao meu orientador, Prof. Carlos Alberto Pereira Soares, por sua dedicação e confiança no meu trabalho.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTO ESPECIAL .....</b>	<b>4</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	12
1.2 OBJETIVOS .....	21
1.3 RELEVÂNCIA E RESULTADOS .....	21
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
<b>2. METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>24</b>
2.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	24
2.3 MÉTODO CIENTÍFICO .....	26
2.4 METODOLOGIA.....	26
<b>2.4.1 Pesquisa e Análise.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.2 Desenvolvimento.....</b>	<b>27</b>
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	27
<b>3. PROBLEMAS COM INCERTEZAS .....</b>	<b>28</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	28
3.2 RACIOCÍNIO APROXIMADO.....	29
3.3 TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY.....	29
3.4 CONJUNTOS BINÁRIOS X CONJUNTOS FUZZY .....	34
3.5 PROPRIEDADES DOS CONJUNTOS FUZZY .....	39
<b>4 GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DE PROJETOS.....</b>	<b>43</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	43
4.2 OS PROCESSOS DE GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DE ACORDO COM O PMBOK.....	45
4.3 O MÉTODO ROSE PARA DETERMINAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE PARA PROJETOS .....	48
4.4 EXEMPLO DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ROSE.....	54
<b>5 UTILIZANDO LÓGICA FUZZY NO GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DE PROJETOS.....</b>	<b>62</b>

5.1 INTRODUZINDO A LÓGICA FUZZY NO MÉTODO DE ROSE .....	62
5.2 UTILIZANDO LÓGICA IMPRECISA NO CONTROLE DA QUALIDADE .....	86
<b>5.2.1 Aplicações de gráficos de Pareto .....</b>	<b>86</b>
<b>5.2.2 Introduzindo a Lógica Fuzzy No gráfico de pareto.....</b>	<b>88</b>
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>90</b>
6.1 CONCLUSÕES .....	90
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	91
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>93</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASQ	American Society for Quality
CDQ	Custo da Qualidade
CMMI	Capability Maturity Model Integrated
CPM	Critical Path Method
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EAR	Estrutura Analítica de Riscos
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
GQT	Gerenciamento da Qualidade Total
ISO	International Organization Standardization
OPM3	Organizational Project Management Maturity Model
PDCA	Plan-Do-Check-Action
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Interseção entre horas de trabalho e a incerteza relacionada .....	15
Figura 1.2: Grau de incerteza do projeto em função do tempo .....	17
Figura 3.1: Um conjunto binário .....	36
Figura 3.2: Um conjunto impreciso .....	36
Figura 3.3: Definição de meia idade utilizando em conjuntos binários .....	37
Figura 3.4: Definição de meia idade utilizando em conjuntos <i>fuzzy</i> .....	38
Figura 3.5: União e interseção .....	42
Figura 4.1: Modelo do processo básico do sistema de gestão da qualidade da ABNT NBR ISO 10005 .....	44
Figura 4.2: O modelo proposto por Rose .....	49
Figura 5.1: Utilização de conjuntos binários para representar importância .....	63
Figura 5.2: Utilização de conjuntos <i>fuzzy</i> para representar importância .....	64
Figura 5.3: nível de aderência $\mu_x(x)$ .....	65
Figura 5.4: Categorias múltiplas combinadas.....	66
Figura 5.5: O sistema <i>fuzzy</i> proposto.....	68
Figura 5.6: Exemplo de função de pertinência de temperatura. ....	69
Figura 5.6: Variável de entrada C12.....	71
Figura 5.7: Variável de entrada C13.....	72
Figura 5.8: Variável de entrada C14.....	73
Figura 5.9: Variável de entrada C15.....	74
Figura 5.10: Variável de entrada C23.....	75
Figura 5.11: Variável de entrada C24.....	76
Figura 5.12: Variável de entrada C25.....	77
Figura 5.13: Variável de entrada C34.....	78
Figura 5.14: Variável de entrada C35.....	79
Figura 5.15: Variável de entrada C45.....	80
Figura 5.16: Variável de saída C1 .....	81
Figura 5.17: Variável de saída C2 .....	82
Figura 5.18: Variável de saída C3 .....	83
Figura 5.19: Variável de saída C4 .....	84
Figura 5.20: Variável de saída C5 .....	85
Figura 6.1: Gráfico de Pareto .....	87
Figura 6.2: Gráfico de Pareto cumulativo .....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Função de pertinência $\mu_B(x)$ , relacionada com números grandes, e função de pertinência $\mu_A(x)$ , relacionada com números pares .....	39
Tabela 3.2: Função de pertinência $\mu_C(x)$ : negação ou complemento de $\mu_B(x)$ .....	40
Tabela 3.3 - Função de pertinência $\mu_D(x)$ : união entre $\mu_B(x)$ e $\mu_C(x)$ .....	41
Tabela 3.4 - Função de pertinência $\mu_E(x)$ : interseção entre $\mu_B(x)$ e $\mu_C(x)$ .....	42
Tabela 4.1: Priorização dos clientes .....	50
Tabela 4.2: Priorização das necessidades de acordo com a ótica de um cliente .....	51
Tabela 4.3: Priorização balanceada das necessidades e clientes .....	52
Tabela 5.1: Matriz de priorização de clientes utilizando funções de pertinência $\mu(x)$ .....	66
Tabela 5.2: Função de pertinência de importância $\mu(x)$ .....	67
Tabela 5.3: Estatísticas do projeto .....	67
Tabela 5.4: Variáveis de entrada .....	70
Tabela 5.5: Variáveis de saída .....	71
Tabela 5.6: Variável de entrada C12 .....	72
Tabela 5.7: Variável de entrada C13 .....	73
Tabela 5.8: Variável de entrada C14 .....	74
Tabela 5.9: Variável de entrada C15 .....	75
Tabela 5.10: Variável de entrada C23 .....	76
Tabela 5.11: Variável de entrada C24 .....	77
Tabela 5.12: Variável de entrada C25 .....	78
Tabela 5.13: Variável de entrada C34 .....	79
Tabela 5.14: Variável de entrada C35 .....	80
Tabela 5.15: Variável de entrada C45 .....	81
Tabela 5.16: Variável de saída C1 .....	82
Tabela 5.17: Variável de saída C2 .....	83
Tabela 5.18: Variável de saída C3 .....	84
Tabela 5.19 – Variável de saída C4 .....	85
Tabela 5.20 – Variável de saída C5 .....	86

## RESUMO

O moderno gerenciamento de projetos vem se beneficiando da utilização de uma série de técnicas matemáticas, tais como o método de Monte Carlo, redes neurais e lógica *fuzzy*. Uma das nove áreas de conhecimento de gerenciamento de projetos, de acordo com as melhores práticas do PMI, é o gerenciamento da qualidade. O presente trabalho apresenta uma extensão do método de Kenneth Rose, no qual matrizes de priorização são utilizadas para o desenvolvimento de um índice balanceado de necessidades e clientes, que pode ser interpretado como um índice de qualidade. Através do uso de conjuntos imprecisos (*fuzzy sets*) e da lógica *fuzzy*, o método de Rose é aperfeiçoado, com o uso de graus de importância representados a um nível de pertinência do conjunto *fuzzy*. O nível de aderência  $\mu_x$  (x) ao qual o caso é considerado pertencente ao conjunto *fuzzy* de “Importância” é expresso por uma função contínua. Além disso, é apresentada uma proposta para a utilização da lógica *fuzzy* no controle da qualidade de projetos. Para a metodologia da pesquisa, são utilizados conceitos abordados em pesquisas experimentais. Finaliza com conclusões e recomendações sobre o tema.

Palavras-chave: Administração de projeto; Métodos Monte Carlo; Rede neural; Lógica fuzzy.

## **ABSTRACT**

The modern science of project management has been enjoying the use of a series of mathematical techniques, such as the Monte Carlo method, neural networks and fuzzy logic. One of the nine knowledge areas of project management, in accordance with best practices of PMI, is quality management. This work presents an extension of the Kenneth Rose method, in which arrays are used to prioritize the development of a balanced content and customer needs, which can be interpreted as an quality index. Through the use of fuzzy sets and fuzzy logic, the Rose method is enhanced through the use of degrees of importance representing the level of relevance of the fuzzy set. The adherence level  $\mu_x(x)$  to which the case is considered as belonging to the fuzzy set of "Importance" is expressed by a continuous function. For the research methodology, the concepts discussed are used in experimental research. Ends with conclusions and recommendations about the subject.

Key-words: Project management, Monte Carlo methods, neural network, fuzzy logic.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O raciocínio aproximado desempenha uma função importante no pensamento humano, bem como na pesquisa e significado de várias ciências empíricas. Embora a ênfase estatística ou probabilística seja adequada na análise de boa parte dos dados, percebe-se que na maioria das vezes o conhecimento de certos dados ou fatos não é somente estatístico, envolvendo formas aproximadas de raciocínio.

Notam-se alguns exemplos corriqueiros na área da engenharia, como as declarações a seguir:

"essa espaçonave foi projetada usando o talento dos engenheiros e componentes altamente confiáveis, desta forma o sucesso desta missão a Marte é bastante possível".

"baseado em nossa experiência anterior, pode-se, com bom nível de acerto, rejeitar esta requisição".

A área de gerenciamento de projetos vem se utilizando da análise sistemática da informação imprecisa, já que esta procura classificar as variedades de raciocínio subjetivo, para desta forma codificar as regras de avaliação do valor dos dados admitidos em tal raciocínio, determinar graus de possibilidade para suas conclusões e investigar a racionalidade destas regras.

Para modelar o processo cognitivo humano, a teoria das possibilidades vem sendo desenvolvida e seus resultados tem se provado de grande valor na análise de dados originários da subjetividade, pensamento e raciocínio aproximado humanos, como os encontrados na maioria dos projetos, aliado ao importante papel que a incerteza e exatidão representam no processo humano de tomada de decisão.

A teoria *fuzzy*, proposta por Lofti Asker Zadeh em 1965, é composta de um grupo de conceitos e técnicas que proporcionaram uma precisão matemática ao processo cognitivo humano, até então impreciso e ambíguo de acordo com o padrão matemático clássico. Em 1973, Zadeh propôs a teoria da *lógica fuzzy*.

A teoria dos conjuntos imprecisos proporciona uma transição gradual do realismo dos fenômenos rigorosos, quantitativos e precisos para a concepção vaga, qualitativa e imprecisa.

Os modelos matemáticos tradicionais procuram exprimir as restrições operacionais através de distribuição de probabilidades, abordagem esta não muito correta em muitos casos, já que em sua maioria não existem dados numéricos que possam dar subsídio às análises dos gerentes de projeto ou mesmo algumas restrições do projeto, baseadas em análises subjetivas, nem sempre são representáveis corretamente de forma probabilística. Por exemplo, normalmente se define, no gerenciamento de riscos do projeto, a qualificação destes em grandezas como “pequeno”, “médio” ou “alto”, e estas grandezas nem sempre representáveis corretamente de forma probabilística.

Além disso, a incerteza da teoria *fuzzy* é de natureza diferente da teoria probabilística. O objeto da teoria *fuzzy* é uma incerteza subjetiva que você pode não determinar mesmo depois da ocorrência do evento.

O mesmo problema se aplica quando se refere à qualidade nos projetos. Segundo o PMBOK (2008), “O gerenciamento da qualidade do projeto inclui os processos e as atividades da organização executora que determinam as políticas de qualidade, os objetivos e as responsabilidades, de modo que o projeto satisfaça às necessidades para as quais foi empreendido. Implementa o sistema de gerenciamento da qualidade por meio de políticas e procedimentos com atividades de melhoria contínua de processos realizadas durante todo o projeto, conforme apropriado”.

No entanto, nem sempre os *stakeholders* do projeto compartilham dos mesmos conceitos relacionados à percepção da qualidade nos projetos. Por este ponto de vista, uma simples caneta esferográfica pode ser considerada como tendo

mais qualidade do que uma sofisticada caneta tinteiro que tem um custo mil vezes maior.

Outro exemplo pode ser verificado quando se tem *feedback* na execução dos projetos. É normal ouvir que: “a qualidade do projeto está boa” ou “os riscos da alternativa B são baixos”

Isto indica que estas incertezas não estão ligadas a probabilidades e sim a possibilidades maiores ou menores de ocorrência, dependendo do grau de confiabilidade da previsão.

Desta forma, a teoria dos conjuntos imprecisos permite uma avaliação mais natural das incertezas envolvidas, por meio da atribuição de um grau de possibilidade baseada em experiências acumuladas relativas à determinada variável. O conceito de possibilidade permite desta forma, analisar o sistema considerando distribuições possibilísticas associadas às variáveis imprecisas, como riscos e qualidade.

Embora aparentemente o tema gerenciamento de projetos seja relativamente recente, análises históricas mostram que o conceito de gerenciamento de projetos pode ser mais antigo do que parece.

Por exemplo, em algum momento do século 3 A.C., trabalhadores da grande pirâmide de Quéops assentaram a última pedra no seu lugar, representando um marco para esta maravilha da humanidade. Apesar da falta de ferramentas sofisticadas, eles foram capazes de erguer e assentar 2.300.000 blocos de pedra, cada um pesando de 2 a 70 toneladas, montando uma estrutura do tamanho de um moderno edifício de 40 andares.

A construção desta pirâmide se encaixaria no que hoje denominados “mega projetos”, e a história mostra inúmeros casos onde foi requerido um número considerável de recursos humanos e materiais.

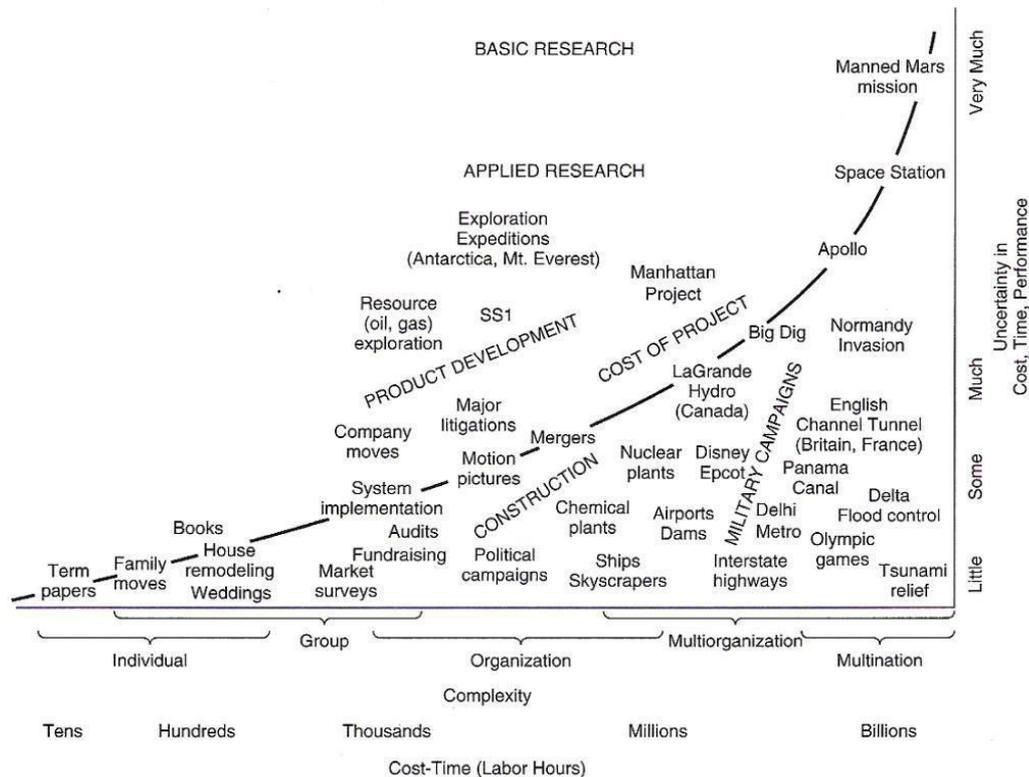


Figura 1.1: Interseção entre horas de trabalho e a incerteza relacionada

Fonte: NICHOLAS (2008)

A figura 1.1, apresentada por NICHOLAS (2008), exibe uma interessante relação: a interseção entre horas de trabalho e incerteza, com diversos exemplos de projetos. Em geral, verifica-se que modelos clássicos, que sempre funcionaram muito bem para a análise de fenômenos naturais simples e isolados, não eram adequados para os problemas contemporâneos, com suas complexidades, interatividades e subjetividades humanas.

A partir de uma determinada época, passaram-se a usar ferramentas matemáticas determinísticas e probabilísticas desenvolvidas na teoria de sistemas convencional para modelar problemas como um circuito elétrico, um sistema espacial e componentes que obedecem leis físicas bem definidas como as leis de Newton ou a lei de Ohm. Tentou-se estender estes conceitos a sistemas como processos biológicos e sócio-econômicos, mas os resultados obtidos foram desanimadores, dado que estes sistemas, principalmente os últimos, são adaptativos por natureza e sujeitos à subjetividade humana.

Avanços na ciência e na tecnologia tornaram nossa sociedade muito complexa, e com isso, os processos de decisão se tornaram crescentemente vagos e difíceis de analisar. O cérebro humano possui algumas características especiais que o permitem aprender e raciocinar em ambientes vagos e imprecisos. Também tem a habilidade de chegar a decisões baseado em dados imprecisos e qualitativos, em contraste à matemática e lógica convencionais, que necessitam de dados precisos e quantitativos.

Para lidar com a complexidade, pode-se aumentar a quantidade de incerteza permitida sacrificando-se algumas informações precisas em favor de um resumo vago, mas que defina a situação de forma mais clara. Exemplificando, é mais intuitivo e fácil de entender uma informação como "é da altura de um prédio de 10 andares" do que dar o comprimento exato de 34,58 metros para certas análises.

Para isso, define-se o gerenciamento de projetos como a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através de processos, usando conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas do gerenciamento de projetos que recebem entradas e geram saídas. Estes processos são definidos como um conjunto de ações e atividades relacionadas de forma a se obter resultados, produtos ou serviços, e são divididos em:

- Processos de gerenciamento de projetos, cujo objetivo é iniciar, planejar, executar, monitorar e controlar, e finalizar um projeto.
- Processos orientados ao produto, que especificam e criam o produto do projeto.

Os processos de gerenciamento de projetos são divididos em cinco grupos:

- Processos de iniciação: definem e autorizam o projeto ou uma de suas fases
- Processos de planejamento: definem os objetivos e a ação necessária para alcançá-los

- Processos de execução: integram os recursos humanos e materiais para a realização do projeto
- Processos de monitoramento e controle: responsáveis pela monitoração do progresso do projeto
- Processos de encerramento: finalizam o projeto, formalizando a aceitação do produto, serviço ou resultado.

A partir do estudo do projeto, verifica-se que diversos aspectos dos projetos contêm uma forte presença de incertezas. Isto pode ser verificado por meio da análise do PMBOK (2008).

Em sua página 5, encontra-se a seguinte afirmação: “Por outro lado, devido à natureza exclusiva dos projetos, pode haver incertezas quantos aos produtos, serviços ou resultados criados pelo projeto.” Posteriormente, na página 21, “A influência das partes interessadas, os riscos e as incertezas (conforme ilustrado na Figura 2-2) são maiores durante o início do projeto. Estes fatores caem ao longo da vida do mesmo.” Esta influência pode ser vista na figura 1.2.

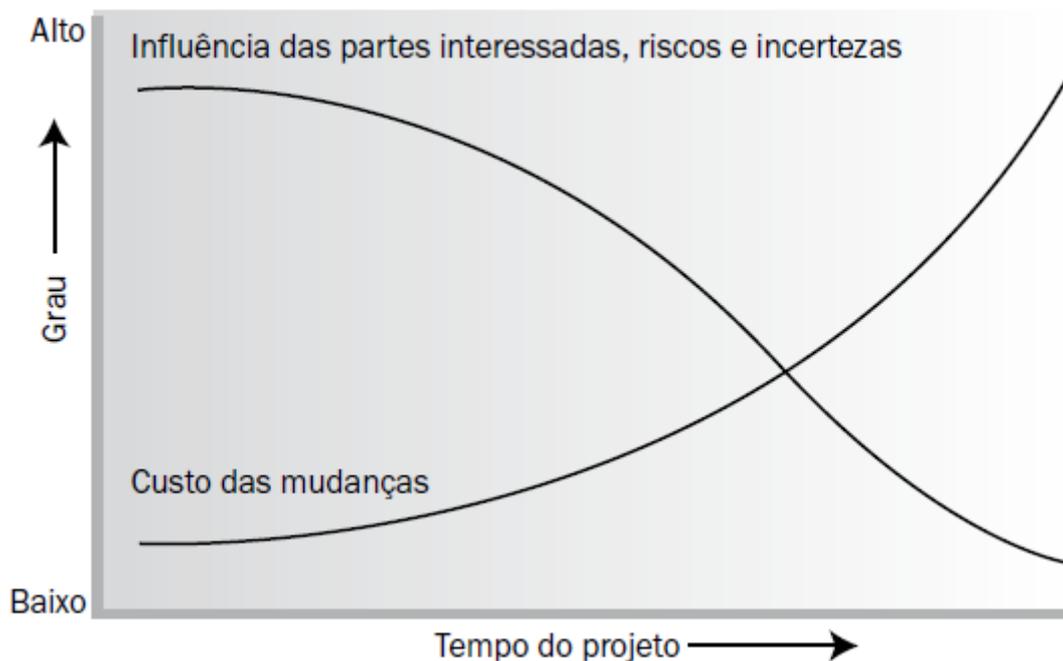


Figura 1.2: Grau de incerteza do projeto em função do tempo

Fonte: PMI (2008)

Na página 151, acha-se “As estimativas de duração podem incluir reservas para contingências, (às vezes chamadas de reservas de tempo ou buffers) no cronograma geral do projeto para considerar as incertezas do cronograma.”

Posteriormente, na página 155, “O caminho crítico restrito por recursos é conhecido como a corrente crítica. O método da corrente crítica adiciona buffers de duração que são atividades sem trabalho do cronograma para gerenciar as incertezas.”

Na página 173, tem-se que “As estimativas de custos podem incluir reservas de contingências (algumas vezes chamadas de subsídios para contingências) para considerar os custos das incertezas. A reserva para contingências pode ser uma porcentagem do custo estimado, um número fixado ou pode ser desenvolvida através do uso de métodos de análise quantitativa.”

Na página 275, tem-se que “O risco do projeto tem origem na incerteza existente em todos os projetos. Os riscos conhecidos são aqueles que foram identificados e analisados, possibilitando o planejamento de respostas. Determinados riscos não podem ser gerenciados de forma proativa, o que sugere que a equipe do projeto deveria criar um plano de contingência. Um risco do projeto que já ocorreu também pode ser considerado um problema.”

Já na página 276, “As organizações percebem o risco como o efeito da incerteza nos objetivos organizacionais e do projeto. As organizações e as partes interessadas estão dispostas a aceitar vários graus de riscos, o que é chamado de tolerância a riscos.”

Na página 284, verifica-se que “A incerteza nas premissas do projeto deve ser avaliada como causas potenciais de risco do projeto.”

Na página 290, foi relatado que “Os projetos de um tipo comum ou recorrente tendem a ter riscos melhor entendidos. Os projetos que usam tecnologias de ponta ou pioneiras, ou que são altamente complexos, tendem a ter mais incertezas, o que pode ser avaliado através do exame da declaração do escopo do projeto.”

Já na página 293, “Os riscos do projeto podem ser categorizados por fontes de risco (por exemplo, usando a EAR), área afetada do projeto (por exemplo,

usando a EAP) ou outra categoria útil (por exemplo, fase do projeto) para determinar as áreas do projeto mais expostas aos efeitos da incerteza. O agrupamento dos riscos por causas-raiz comuns pode resultar no desenvolvimento de respostas aos riscos eficazes.”

Posteriormente, verifica-se que na página 294, “O processo de Realizar a análise quantitativa dos riscos analisa o efeito desses eventos de riscos e pode ser usado para atribuir uma classificação numérica a esses riscos individualmente ou para avaliar o efeito agregado de todos os riscos que afetam o projeto. Também apresenta uma abordagem quantitativa para a tomada de decisões na presença de incertezas.”

Na página 297, “As distribuições de probabilidades contínuas, amplamente usadas em modelagem e simulação (Seção 11.4.2.2), representam a incerteza em valores tais como durações de atividades do cronograma e custos de componentes do projeto.”

Na página 298, “A análise de sensibilidade ajuda a determinar quais riscos têm mais impacto potencial no projeto. Examina a extensão com que a incerteza de cada elemento do projeto afeta o objetivo que está sendo examinado quando todos os outros elementos incertos são mantidos em seus valores de linha de base. Uma representação típica da análise de sensibilidade é o diagrama de tornado, que é usado para comparar a importância relativa e o impacto de variáveis que têm um alto grau de incerteza com aquelas que são mais estáveis.”

Na página 299, “A simulação de um projeto utiliza um modelo que converte as incertezas especificadas de maneira detalhada no seu possível impacto nos objetivos do projeto.”

Finalmente, na página 304, “Essa estratégia pode ser selecionada para riscos com impactos positivos quando a organização deseja garantir que a oportunidade seja concretizada. Procura eliminar a incerteza associada com um determinado risco positivo, garantindo que a oportunidade realmente aconteça.

Logo, existe um conjunto apreciável de áreas nas quais a lógica *fuzzy* pode ser utilizada em projetos.

Um estudo inicial foi realizado sobre a obra do Prof. Lofti A. Zadeh, criador da lógica *fuzzy*. Em 1999, ZADEH publicou um importante estudo sobre a representação do conhecimento em lógica *fuzzy*. Neste estudo, concluiu que um dos objetivos da lógica *fuzzy* é proporcionar uma estrutura para a representação e inferência do conhecimento em ambientes de incerteza e imprecisão, e que muitos destes ambientes são aplicações do mundo real, nas quais se incluem os projetos.

Outro importante estudo foi realizado por EHIKIOYA (1999), na qual foi sugerido um modelo para a caracterização da qualidade da informação utilizando lógica imprecisa. Este estudo mostrou-se bastante valioso no gerenciamento de projetos, já que freqüentemente gerente de projeto toma decisões que estão relacionadas com o nível de confiança na qualidade das informações.

Na área de gerência de tempo do projeto, diversos estudos foram realizados utilizando-se a lógica imprecisa. BOJADZIEV (1997) demonstrou a utilização da lógica imprecisa para previsão do tempo do projeto, denominado de *Fuzzy PERT*. O mérito deste trabalho foi reconhecer que o método PERT clássico requer a representação binária (*crisp*) do tempo de cada atividade, sendo que esta informação nem sempre está disponível de forma precisa.

CHEN (2001) desenvolveu um estudo para a utilização da lógica imprecisa (*Fuzzy PERT*) para a determinação de possíveis caminhos críticos múltiplos. Até então, a despeito do desenvolvimento do *Fuzzy PERT*, nenhum desenvolvimento tinha conseguido encontrar múltiplos caminhos críticos em uma rede imprecisa de projeto.

VON ALTROCK (1997) relacionou os principais problemas relacionados com o seqüenciamento e desenvolvimento de cronogramas, e a utilização de lógica imprecisa nestes processos.

Na área de recursos humanos, SHIPLEY (1999) propôs um modelo para a utilização de lógica *fuzzy* para a seleção de pessoas para um projeto. Em um cenário descrito, nenhum dos candidatos satisfaz exatamente o nível de habilidades necessárias para as tarefas, e o mecanismo de decisão é restringido pela incerteza inerente à importância relativa de cada habilidade e a classificação dos potenciais membros da equipe.

Na área de riscos, um importante estudo foi realizado por KANGARI (1999), no qual se reconhece que a maior parte dos modelos de análise de riscos são baseados em técnicas quantitativas que requerem dados numéricos. O problema é que em muitos casos, tais dados não estão disponíveis ou a informação relacionada aos fatores de incerteza não é numérica. O estudo relacionou uma abordagem para a estimativa de riscos de projetos utilizando a teoria dos conjuntos imprecisos.

Na área de custos, BOJADZIEV (1997) demonstrou a utilização de lógica *fuzzy* para o desenvolvimento de estimativas de orçamentos.

O esperado ineditismo do tema foi comprovado principalmente pela inexistência de bibliografia específica, que abordasse o tema sob a ótica proposta por este trabalho. Contudo, foi possível encontrar bibliografia sobre assuntos correlatos ao tema, conforme acima apresentado, cujos conceitos contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## 1.2 OBJETIVOS

### **Objetivo principal:**

O objetivo deste trabalho é aplicar lógica *fuzzy*, por meio de métodos numéricos e analíticos, para modelar a incerteza em uma das nove áreas de conhecimento de gerenciamento de projetos: o gerenciamento da qualidade.

### **Objetivos específicos:**

- desenvolver um conjunto de modelos que complementem a aplicação da lógica *fuzzy*;
- contribuir para o esclarecimento de diversos aspectos relacionados à incerteza no gerenciamento de projetos.

## 1.3 RELEVÂNCIA E RESULTADOS

A tese beneficiará os profissionais que lidam com a gestão da qualidade de projetos de engenharia. Sabe-se que freqüentemente, estes projetos entregam resultados que não atendem às necessidades dos clientes. Isso normalmente acontece por causa de um fraco planejamento de qualidade. Adicionalmente a este

fato, em muitos casos os gerentes de projeto inserem crenças e desejos individuais no processo de planejamento, causando grandes distorções.

A tese possibilitará mecanismos para uma gestão mais eficaz das incertezas associadas a este tipo de atividade.

Isto será possível por meio de uma modelagem mais adequada de incertezas associadas às variáveis do sistema que não são probabilísticas, já que os modelos tradicionais tratam as restrições de projeto como grandezas probabilísticas, pois são baseados em dados históricos obtidos normalmente de ativos organizacionais.

Também é importante ressaltar que os estudos realizados neste trabalho utilizaram distribuições de possibilidades baseadas na teoria dos conjuntos imprecisos, usando representações mais corretas para uma série de restrições encontradas nos projetos.

Como resultado tem-se uma extensão ao método de Kenneth Rose, no qual matrizes de priorização são utilizadas para o desenvolvimento de um índice balanceado de necessidades e clientes, que pode ser interpretado como um índice de qualidade. Assim, por meio do uso dos conjuntos imprecisos (*fuzzy sets*) e a lógica *fuzzy*, o método de Rose é aperfeiçoado, através do uso de graus de importância representados a um nível de pertinência do conjunto *fuzzy*. Além disso, é apresentada uma proposta para a utilização da lógica *fuzzy* no controle da qualidade de projetos.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta tese apresenta um corpo principal contendo 6 (seis) capítulos. No corrente capítulo faz-se a apresentação do trabalho, são relacionados seus objetivos, comenta-se a relevância da abordagem do tema para a construção civil, bem como os resultados e impactos da pesquisa e, finaliza-se, apresentando a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo apresenta-se a metodologia da pesquisa que foi utilizada no desenvolvimento do trabalho, classificando-a conforme as formas existentes, identificadas durante o processo de revisão bibliográfica. Define-se o método científico utilizado, comenta-se sobre os canais de comunicação na ciência, e são

colocados alguns conceitos e esclarecimentos que devem ser considerados em pesquisas experimentais. Em seguida, relatam-se as etapas da metodologia da pesquisa utilizada, ou seja, a etapa de pesquisa e análise, constando de revisão bibliográfica e pesquisa de campo e a de desenvolvimento do trabalho.

No terceiro capítulo foi desenvolvida a base teórica sobre a teoria dos conjuntos *fuzzy*.

No quarto capítulo foi desenvolvida a base teórica sobre o gerenciamento da qualidade em projetos, incluindo as ferramentas propostas por ROSE (2005).

No quinto capítulo, são desenvolvidos modelos para a utilização de lógica *fuzzy* no gerenciamento da qualidade do projeto.

No quinto capítulo, é apresentado o modelo computacional utilizado para a realização de simulações sobre os casos estudados.

No sexto capítulo apresenta-se a conclusão do trabalho.

## 2. METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo descreve a metodologia de pesquisa utilizada, na qual é efetuada a classificação das formas existentes durante a revisão bibliográfica, definindo-se em seguida o método científico utilizado, bem como conceitos importantes considerados em pesquisas.

O objetivo principal de uma pesquisa é encontrar respostas para questões levantadas, por meio do uso de procedimentos científicos, devidamente fundamentados e com metodologias construídas para tal.

Neste trabalho, é utilizada a lógica *fuzzy* no gerenciamento da qualidade de projetos. O problema central objeto de análise consiste na escassez de métodos numéricos e analíticos para modelar a incerteza nesta área de conhecimento em gerenciamento de projetos.

A hipótese básica é que dada a natureza única dos projetos, eles se baseiam inicialmente em dados imprecisos, que podem ser modelados utilizando-se lógica *fuzzy*.

### 2.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com SILVA (2000), podem existir várias formas de classificação da pesquisa, conforme a lista abaixo:

a) Quanto a sua natureza:

- Básica: esta pesquisa tem como objetivo a geração de novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência, sem, no entanto, se preocupar com as aplicações práticas.

- Aplicada: esta pesquisa tem como objetivo obter conhecimentos para a solução de problemas específicos, com aplicação prática.

b) Quanto à forma de abordagem do problema:

- Quantitativa: considera questões mensuráveis, convertendo em números opiniões e informações para classificá-los e analisá-los, e necessitando utilizar recursos e técnicas estatísticas.
- Qualitativa: são exploratórias, fazendo emergir aspectos subjetivos e motivações não explícitas, não necessitando de métodos e técnicas estatísticas.

c) Conforme seus objetivos:

- Exploratória: é um estudo preliminar em que o maior objetivo é se tornar familiar com o fenômeno a ser investigado, de maneira que o estudo principal a seguir será planejado com grande entendimento e precisão. Pode envolver levantamento bibliográfico e entrevistas com agentes envolvidos com o problema pesquisado, levando às formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.
- Descritiva: tem como objetivo descrever as características de um fenômeno ou mesmo descrever as relações existentes entre variáveis pesquisadas, envolvendo a coleta padronizada de dados.
- Explicativa: tem como objetivo a identificação dos fatores que contribuem para a ocorrência de fenômenos, apresentando-se em geral sob a forma de pesquisa experimental.

d) Conforme os procedimentos técnicos:

- Bibliográfica: elaborada com base em materiais previamente publicados, tais como livros e periódicos.
- Documental: realizada a partir de material sem tratamento analítico.
- Experimental: a partir de um objeto de estudo, são estudadas as variáveis que podem influenciá-lo, determinando as formas de controle e os seus efeitos.

É importante ressaltar que diversas formas de classificação podem ser simultaneamente aplicadas a uma pesquisa, desde que atenda aos seus requisitos.

Desta forma, classifica-se a pesquisa a ser realizada como aplicada, qualitativa, explicativa e experimental.

## 2.3 MÉTODO CIENTÍFICO

Para alcançar os objetivos desejados, torna-se necessário utilizar um método científico, ou seja, um conjunto de procedimentos técnicos e intelectuais.

Segundo GIL (1999), os métodos científicos normalmente empregados são: dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico.

Será utilizado o método indutivo para o desenvolvimento da metodologia descrita neste capítulo, já que esta pode ser fundamentada na experiência, conforme SILVA e MENEZES (2000, p.26).

## 2.4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos é descrita a seguir:

### 2.4.1 Pesquisa e Análise

Inicialmente foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica, por meio de levantamento bibliográfico sobre a literatura, disponível em livros, periódicos ou portais científicos, sobre a aplicação de lógica *fuzzy* em engenharia, negócios, finanças e gestão.

O escopo desta etapa visou determinar o “estado da arte”, ou seja, a determinação do que já seria conhecido sobre o assunto, que questionamentos ainda não teriam sido respondidos, bem como as dificuldades teóricas ou metodológicas encontradas.

A revisão bibliográfica teve como objetivo:

- A obtenção de informações sobre a situação atual do tema pesquisado.
- O conhecimento das publicações existentes sobre o tema.

- A verificação de opiniões existentes sobre o tema.

#### **2.4.2 Desenvolvimento**

A etapa de desenvolvimento foi iniciada com:

- Revisão do método proposto por ROSE (2005) para o gerenciamento da qualidade de projetos.
- Desenvolvimento de um novo método de inferência utilizando lógica *fuzzy* para o estabelecimento de uma função de pertinência relacionada com a qualidade.
- Desenvolvimento de simulações computacionais utilizando o método.
- Análise e comparação dos resultados.

#### **2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dada a natureza teórica do trabalho, espera-se que este seja o primeiro de uma série de trabalhos que possibilitem uma melhor compreensão da natureza imprecisa no gerenciamento de projetos. Tal compreensão tem uma importância vital para o desenvolvimento do gerenciamento de projetos como ciência, e desta forma poderá contribuir para a melhoria dos seus processos.

### **3. PROBLEMAS COM INCERTEZAS**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Tem-se verificado que modelos clássicos, que sempre funcionaram muito bem para a análise de fenômenos naturais simples e isolados, não eram adequados para os problemas contemporâneos, com suas complexidades, interatividades e subjetividades humanas.

A partir de uma determinada época, passaram-se a usar ferramentas matemáticas determinísticas e probabilísticas desenvolvidas na teoria de sistemas convencional para modelar problemas como um circuito elétrico, um sistema espacial e componentes que obedecem leis físicas bem definidas como as leis de Newton ou a lei de Ohm. Tentou-se estender estes conceitos a sistemas como processos biológicos e sócio-econômicos, mas os resultados obtidos foram desanimadores, dado que estes sistemas, principalmente os últimos, são adaptativos por natureza e sujeitos à subjetividade humana.

Avanços na ciência e na tecnologia tornaram nossa sociedade muito complexa, e com isso, os processos de decisão se tornaram crescentemente vagos e difíceis de analisar. O cérebro humano possui algumas características especiais que o permitem aprender e raciocinar em ambientes vagos e imprecisos. Também tem a habilidade de chegar a decisões baseado em dados imprecisos e qualitativos, em contraste à matemática e lógica convencionais, que necessitam de dados precisos e quantitativos.

Para lidar com a complexidade, pode-se aumentar a quantidade de incerteza permitida sacrificando-se algumas informações precisas em favor de um resumo vago, mas que defina a situação de forma mais clara.

### 3.2 RACIOCÍNIO APROXIMADO

O raciocínio aproximado desempenha uma função central no pensamento humano, assim como na pesquisa e significado de várias ciências empíricas. Embora a ênfase probabilística ou estatística seja suficiente na análise da maioria dos dados, o conhecimento ou o significado de certos fatos ou dados nunca é somente probabilístico, mas também envolve alguma forma de raciocínio aproximado ou vago. Como ZADEH (1965) observou, "é verdadeiramente óbvio que certos raciocínios humanos são mais aproximados que precisos em sua natureza".

O senso comum traz a mensagem que fazer algo incerto é ruim. No entanto, em nossa vida cotidiana, lida-se continuamente com a ambigüidade. Segundo MUKAIADONO (2001), "é impossível viver sem ambigüidade. A realidade é um conjunto de ambigüidades".

A análise sistemática da informação imprecisa é sem dúvida uma importante tarefa da teoria lógica humana. Mais especificamente, a teoria lógica humana procura classificar as variedades de raciocínio subjetivo, para codificar as regras de avaliação do valor dos dados admitidos em tal raciocínio, determinar graus de possibilidade para suas conclusões e investigar a racionalidade destas regras.

A teoria das possibilidades vem de fato sendo desenvolvida com o interesse explícito de modelar o processo cognitivo humano. Esse tipo de análise tem provado ser de grande valor na análise de dados originários da subjetividade, pensamento e raciocínio aproximado humanos.

Por exemplo, a determinação se um projeto de arquitetura é bonito ou não é algo subjetivo. Raramente existe consenso sobre o assunto. A definição de "beleza" é clara, e pode ser obtida em um dicionário. No entanto, é impossível decidir qual o grau de beleza de um projeto, já que isso depende das pessoas que o estão julgando. O significado de uma palavra é essencialmente ambíguo.

### 3.3 TEORIA DOS CONJUNTOS FUZZY

O advento da era da computação estimulou uma rápida expansão no uso de técnicas quantitativas para a análise de sistemas econômicos, urbanos, sociais, biológicos, etc., nos quais o comportamento dinâmico é mais determinante que o

estático. No momento, a maior parte das técnicas empregadas para a análise de sistemas centrados no homem ("humanísticos") são adaptações de métodos que foram desenvolvidos durante um longo período de tempo para sistemas mecânicos, como por exemplo, sistemas físicos governados pelas leis da mecânica, eletromagnetismo e termodinâmica.

O sucesso observado desses métodos em desvendar os segredos da natureza e nos possibilitar a cada vez construir melhores máquinas inspirou uma crença generalizada de que as mesmas técnicas ou similares podiam ser aplicadas com eficácia similar à análise de sistemas humanos. Como exemplo, o sucesso da moderna teoria de controle no projeto de sistemas espaciais extremamente precisos estimulou o seu uso em análises teóricas de sistemas econômicos e biológicos.

Analogamente, a eficiência das técnicas de simulação computacional na análise de sistemas físicos deixou em evidência o uso de modelos matemáticos baseados em computadores para os propósitos de previsão, planejamento econômico e administração.

Essencialmente, pode-se dizer que as técnicas convencionais de análise de sistemas são intrinsecamente inadequadas para o manuseio de sistemas humanísticos, ou para qualquer sistema cuja complexidade seja comparável à dos sistemas humanísticos. A verdade é que os computadores não são apropriados para o reconhecimento de padrões e de abstração; estas tarefas são muito mais apropriadas para serem realizadas por seres humanos.

A base para esta posição se apóia no que pode ser chamado de princípio de incompatibilidade. Informalmente, a essência desse princípio é que como a complexidade de um sistema aumenta, a habilidade humana em fazer afirmações precisas e até significativas sobre seu comportamento diminui até que um limite é alcançado, e abaixo deste a precisão e a significância se tornam quase características mutuamente exclusivas. *Em outras palavras, quanto mais e olha de perto um problema real, mais imprecisa se torna a sua solução.*

Uma característica importante da técnica imprecisa é que o pensamento humano utiliza como elementos chave não números, mas rótulos de conjuntos imprecisos, ou seja, classes de objetos nos quais a transição de membro para não-

membro é gradual ao invés de abrupta. De fato, a penetração da incerteza no processo de pensamento humano sugere que parte significativa da lógica que suporta o raciocínio humano não é binária ou multivalorada, mas uma lógica com verdades imprecisas, conexões imprecisas e regras imprecisas de inferência. É essa imprecisa e - até agora - não tão bem entendida lógica que desempenha um papel básico naquele que pode ser uma das mais importantes faces do pensamento humano: a habilidade de sintetizar informações. Ou seja, extrair das coleções de massas de dados que atingem o cérebro humano aquelas que são relevantes para o desempenho da tarefa em questão.

Para muitos propósitos, uma caracterização aproximada de uma coleção de dados é suficiente porque a maioria das tarefas básicas desempenhadas pelos humanos não requer um alto grau de precisão em sua execução. O cérebro humano leva vantagem por sua tolerância com a imprecisão codificando as informações em níveis de relevância das tarefas em rótulos de conjuntos imprecisos que possuem uma relação aproximada com os dados originais. Desta forma, o fluxo de informações que chega ao cérebro é eventualmente reduzido à idéia de que é necessário efetuar uma tarefa específica com um grau mínimo de precisão. Desta forma, a habilidade em manipular conjuntos imprecisos e a conseqüente capacidade de síntese constitui uma das mais importantes características da mente humana.

Vistas desta perspectiva, as técnicas tradicionais de análise não são bem adequadas para se lidar com sistemas “humanísticos” porque falham em lidar com a realidade da imprecisão do pensamento e ambientes humanos. Assim, para se lidar com esses sistemas realisticamente, torna-se necessário adotar um novo enfoque, não mais baseado no formalismo e rigor matemáticos, mas uma metodologia tolerante a imprecisões e dados parciais.

Este enfoque em questão possui três características distintas:

- **O uso das chamadas variáveis lingüísticas ao invés das numéricas.**

A habilidade em sintetizar informações desempenha um papel essencial na caracterização do fenômeno complexo. No caso dos seres humanos, a habilidade de sintetizar informações acha sua mais pronunciada manifestação no uso das linguagens naturais. Desta forma, cada palavra  $x$  em uma linguagem natural  $L$  pode

ser vista como uma descrição sintetizada de um subconjunto  $M(x)$  de um universo  $U$ , com  $M(x)$  representando o sentido de  $x$ .

Exemplificando, as cores de um objeto podem ser classificadas como uma variável, seus valores, verde, vermelho, branco, etc., podem ser interpretados como rótulos de subconjuntos imprecisos de um universo de objetos. Neste sentido, o atributo cor é uma variável imprecisa, ou seja, uma variável cujos valores são rótulos de conjuntos imprecisos. É importante notar que a caracterização do valor da variável cor por um rótulo natural como vermelho é muito menos precisa que o valor numérico do comprimento de onda desta cor. Mais genericamente, os valores podem ser sentenças em uma linguagem específica, e neste caso pode-se dizer que a variável é linguística. Para ilustrar, os valores da variável imprecisa altura poderiam ser expressos como *alto*, *mais ou menos alto*, *pouco alto*, *muito alto*, *extremamente alto*, etc.

A razão para o uso das variáveis lingüísticas é proporcionar meios apropriados para uma caracterização apropriada de fenômenos bastante complexos ou mal definidos. Desta forma, afastando-se do uso de variáveis quantificadas e buscando o uso de descrições lingüísticas como as empregadas pelos seres humanos, será adquirida a capacidade de lidar com sistemas que são muito complexos, e desta forma, insusceptíveis de análise em termos matemáticos convencionais.

- **Caracterização de relações simples entre variáveis por declaração condicionais imprecisas.**

Na ênfase quantitativa de análise, a interdependência entre duas variáveis  $x$  e  $y$  é caracterizada por uma tabela que pode ser expressa por declarações condicionais, como por exemplo:

SE  $x$  é 5 ENTÃO  $y$  é 10, etc.

A mesma técnica pode ser empregada na lógica imprecisa, exceto pelo fato de  $x$  e  $y$  serem variáveis imprecisas;

SE  $x$  é *pequeno* ENTÃO  $y$  é *muito grande*, etc.

As declarações condicionais imprecisas da forma de SE  $A$  ENTÃO  $B$ , onde  $A$  e  $B$  são termos com significado impreciso, são utilizadas habitualmente em nosso vocabulário. No caso anterior, as relações entre as variáveis imprecisas  $x$  e  $y$  é bastante simples no sentido que pode ser caracterizado por um par de declarações condicionais da forma de SE  $A$  ENTÃO  $B$ , onde  $A$  e  $B$  são rótulos de conjuntos imprecisos representando os valores de  $x$  e  $y$ , respectivamente. No caso de relações mais complexas, a caracterização da dependência de  $x$  em  $y$  pode requerer o uso de algoritmos imprecisos, o que será discutido a seguir.

- **Caracterização de relações complexas por algoritmos imprecisos.**

A definição de uma função imprecisa pelo uso de declarações condicionais imprecisas é análoga à definição de uma função "normal"  $f$  por uma tabela de pares  $(x, f(x))$ , no qual  $x$  é um valor genérico do argumento de  $f$  e  $f(x)$  é o valor da função. Como uma função "normal" pode ser mais bem definida através de um algoritmo do que através de uma tabela, uma função imprecisa também pode ser expressa de uma maneira mais eficiente através de um algoritmo impreciso, ao invés de uma coleção de declarações condicionais imprecisas.

Essencialmente, um algoritmo impreciso é uma seqüência ordenada de instruções (como um programa de computador) no qual as instruções podem conter rótulos de conjuntos imprecisos, como por exemplo:

- Reduza  $x$  um pouco se  $y$  é grande
- Aumente  $x$  muito se  $y$  é extremamente pequeno
- Se  $x$  é pequeno, então pare; senão aumente  $x$  em 2

Implementando instruções deste tipo em um algoritmo, torna-se possível dar uma caracterização algorítmica imprecisa para uma grande variedade de fenômenos complexos. A vantagem desta caracterização é que, embora seja incerta em sua natureza, pode ser perfeitamente adequada para os propósitos de uma série de tarefas específicas, como funções objetivo, restrições, desempenho de sistemas, etc.

### 3.4 CONJUNTOS BINÁRIOS X CONJUNTOS FUZZY

Um conjunto pode ser definido como uma coleção de objetos que são bem especificados e possuem algumas características comuns. Estes objetos podem representar algum conceito abstrato, ou podem ser uma coleção de algumas propriedades físicas, podendo ser finitos ou infinitos, enumeráveis ou não enumeráveis.

A representação de um conjunto binário pode ser feita de várias maneiras, mas a forma mais usual é:

- para um conjunto finito:

$$E = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \quad (3.1)$$

- para um conjunto infinito:

$$E = \{a_1, a_2, \dots, a_n, \dots\} \quad (3.2)$$

Em um conjunto um elemento como  $a_i$  é chamado de membro.

Um subconjunto é uma coleção de alguns membros de um conjunto. Por exemplo, dado um conjunto  $E$ ,

$$E = \{a, b, c, d, e, f, g\} \quad (3.3)$$

um subconjunto  $A$  de  $E$  pode ser escrito como:

$$A = \{b, c, d, e\} \quad (3.4)$$

Um conjunto  $A$  e um subconjunto  $E$  também podem ser representados da seguinte forma:

$$E = \begin{matrix} & a & b & c & d & e & f & g \\ = & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix} \quad (3.5)$$

$$A = \begin{matrix} & a & b & c & d & e & f & g \\ = & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{matrix} \quad (3.6)$$

Os números 0 e 1 definem a participação de cada elemento do subconjunto, onde 1 significa que o elemento pertence ao subconjunto e 0 significa que não pertence. Se  $x$  é um elemento de  $A$ , denota-se a correspondente função como:

$$\forall x \in E \quad \mu_A(x) \in \{0,1\} \quad (3.7)$$

A função  $\mu_A(x)$  é chamada de função característica ou função de pertinência do conjunto.

Os conjuntos *fuzzy* diferem dos binários por terem uma função característica não somente com valores iguais a 0 (não pertence) ou 1 (pertence), mas com qualquer valor entre 0 e 1. Desta forma, a função característica dos conjuntos imprecisos é definida como:

$$\forall x \in E \quad \mu_A(x) \in [0,1] \quad (3.8)$$

Exemplificando, seja um conjunto  $E$ :

$$E = \{ a, b, c, d, e, f, g \} \quad (3.9)$$

um subconjunto  $A$  poderia ser descrito como:

$$A = \begin{matrix} & a & b & c & d & e & f & g \\ & 0.51 & 0.65 & 1 & 0 & 0.11 & 0 & 0.99 \end{matrix} \quad (3.10)$$

Graficamente, as representações para os conjuntos binários e imprecisos são exibidas a seguir:

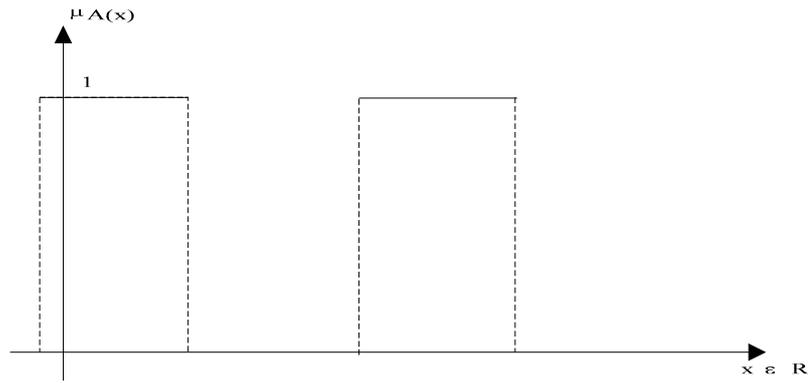


Figura 3.1: Um conjunto binário

Fonte: MUKAIDONO (2001)

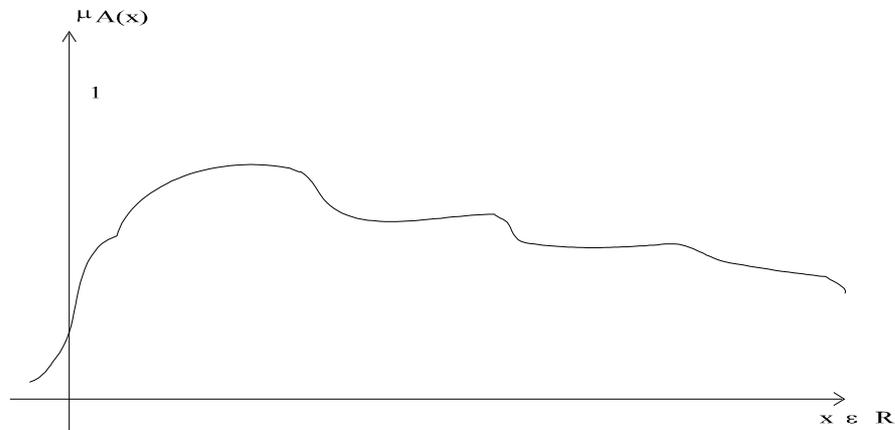


Figura 3.2: Um conjunto impreciso

Fonte: MUKAIDONO (2001)

Por exemplo, imagine que a definição de meia idade inclua todas as pessoas que tenham entre 35 e 65 anos. No caso dos conjuntos binários, só existem duas possibilidades:

- SIM: pertencer ao conjunto
- NÃO: não pertencer ao conjunto



Figura 3.3: Definição de meia idade utilizando em conjuntos binários

Fonte: MUKAIDONO (2001)

O problema desta definição é que uma pessoa que tenha 34 anos, 11 meses e 29 dias de idade não faz parte deste conjunto, enquanto que no dia do seu aniversário, “milagrosamente” passa a fazer parte desta fase da vida. Obviamente que um só dia de diferença em nada modifica a participação de uma pessoa neste grupo, mas é assim interpretada pela teoria dos conjuntos binários.

No caso dos conjuntos *fuzzy*, não existem fronteiras definidas, e sim graus variados de pertinência ao conjunto “meia idade”.

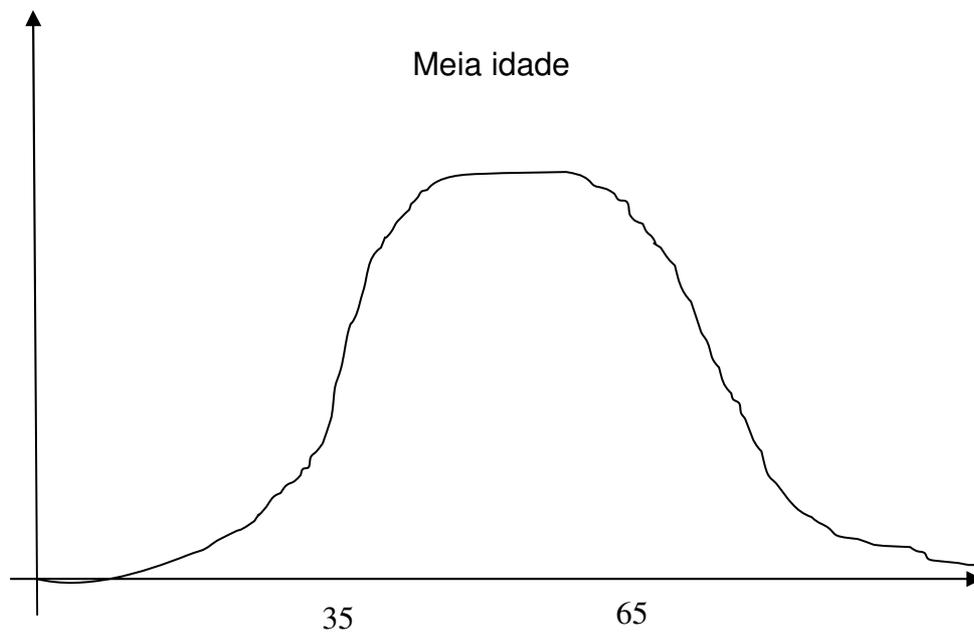


Figura 3.4: Definição de meia idade utilizando em conjuntos *fuzzy*

Fonte: MUKAIDONO (2001)

Ou seja, alguém que possua 25 anos é considerado de meia idade com um baixo índice de pertinência.

Além de operações convencionais como intersecção, união e complemento, usuais em conjuntos binários, os conjuntos imprecisos podem ser objeto de diversos outros tipos de operação. Em adição aos operadores algébricos anteriormente citados, utiliza-se operadores semânticos como "bom", "muito", etc. Por exemplo, para um conjunto impreciso com uma função característica  $\mu_A(x)$ , o operador "muito A" é caracterizado pela função característica:

$$\mu_{\text{muito } A}(x) = \mu_A(x+k), \quad x \geq k \quad (3.11)$$

Os conjuntos imprecisos são freqüentemente considerados de forma equivocada como uma forma de probabilidade. Embora possam ter valores semelhantes, é importante ressaltar que os graus de pertinência não são probabilidades. Uma diferença importante é dada pela soma das probabilidades em um conjunto universo finito, que deve ser igual a 1, fato que nem sempre ocorre com os graus de pertinência.

### 3.5 PROPRIEDADES DOS CONJUNTOS FUZZY

Seja  $X$  um espaço de pontos (objetos), com um elemento genérico de  $X$  denotado por  $x$ . Deste modo, seja  $X = \{x\}$ .

Um conjunto impreciso  $A$  em  $X$  é caracterizado por uma função característica (ou de pertinência)  $f_A(x)$  que associa com cada ponto em  $X$  um número real no intervalo  $[0,1]$ , com o valor de  $f_A(x)$  em  $x$  representando o "grau de pertinência" de  $x$  em  $A$ . Desta forma, quanto mais perto o valor de  $f_A(x)$  da unidade, maior o grau de pertinência de  $x$  em  $A$ . Quando  $A$  é um conjunto no sentido ordinário do termo, sua função característica pode assumir apenas dois valores: 0 e 1, com  $f_A(x) = 1$  ou 0 se  $x$  pertence ou não a  $A$ . Assim, neste caso  $f_A(x)$  se reduz à familiar função característica de um conjunto  $A$ .

Segundo KUKAIDONO (2001), imagine o caso de um jogo de dados. Cada jogada de um dado pode gerar seis resultados: 1, 2, 3, 4, 5 ou 6. O conjunto de jogadas que contém um resultado par contém três valores: 2, 4 ou 6. Um hipotético conjunto de jogadas que contém um resultado "grande" poderá ser composto pelos resultados: 4, 5 ou 6. Um conjunto *fuzzy* pode representar estes valores intermediários usando uma função de pertinência  $\mu_B(x)$ , o que pode ser visto na tabela 3.1:

Tabela 3.1: Função de pertinência  $\mu_B(x)$ , relacionada com números grandes, e função de pertinência  $\mu_A(x)$ , relacionada com números pares

Número da face do dado: $x$	$\mu_A(x)$	$\mu_B(x)$
1	0	0
2	1	0,2
3	0	0,4
4	1	0,6
5	0	0,8
6	1	1

Fonte: MUKAIDONO (2001)

Poderia ser notado que, embora a função característica de um conjunto impreciso se pareça com uma função probabilística quando  $X$  é um conjunto discreto, existem diferenças essenciais entre esses conceitos, que ficarão mais claras quando forem enunciadas as funções de pertinência e suas propriedades básicas. De fato, a noção de um conjunto impreciso é completamente não estatística em sua essência.

Pode-se começar com diversas definições envolvendo conjuntos imprecisos que são extensões óbvias das definições correspondentes para os conjuntos ordinários.

- Um conjunto impreciso é vazio se e somente se sua função característica é identicamente zero em  $X$ .
- Dois conjuntos imprecisos  $A$  e  $B$  são iguais, escritos como  $A = B$ , se e somente se  $f_A(x) = f_B(x)$  para todos os  $x$  em  $X$ .
- O complemento, ou negação, de um conjunto impreciso  $A$  é denotado por  $A'$  e é definido por:

$$f_{A'} = 1 - f_A \quad (3.12)$$

Por exemplo, a função  $\mu_{C(x)}$  é a negação ou complemento de  $\mu_{B(x)}$ , conforme exibido na tabela 3.2:

Tabela 3.2: Função de pertinência  $\mu_{C(x)}$ : negação ou complemento de  $\mu_{B(x)}$

Número da face do dado: $x$	$\mu_{B(x)}$	$\mu_{C(x)}$
1	0	1
2	0,2	0,8
3	0,4	0,6
4	0,6	0,4
5	0,8	0,2
6	1	0

Fonte: MUKAIDONO (2001)

Como no caso dos conjuntos ordinários, a noção de conter desempenha um papel central no caso dos conjuntos imprecisos. Esta noção e as relacionadas noções de união e intersecção são definidas a seguir.

- $A$  está contido em  $B$  se e somente se  $f_a \leq f_b$ . Simbolicamente:

$$A \subset B \Leftrightarrow f_a \leq f_b \quad (3.13)$$

- União: a união de dois conjuntos imprecisos  $A$  e  $B$  com respectivas funções de pertinência  $f_a(x)$  e  $f_b(x)$  é um conjunto impreciso  $C$ , escrito como  $C = A \cup B$ , cuja função de pertinência se relaciona com as de  $A$  e de  $B$  por:

$$f_c(x) = \text{Max}[f_a(x), f_b(x)], \quad x \in X \quad (3.14)$$

ou, na forma abreviada,

$$f_c = f_a \vee f_b \quad (3.15)$$

A função  $\cup$  tem a propriedade associativa, isto é,  $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$

Tabela 3.3 - Função de pertinência  $\mu_D(x)$ : união entre  $\mu_B(x)$  e  $\mu_C(x)$

Número da face do dado: x	$\mu_B(x)$	$\mu_C(x)$	$\mu_D(x)$
1	0	1	1
2	0,2	0,8	0,8
3	0,4	0,6	0,6
4	0,6	0,4	0,6
5	0,8	0,2	0,8
6	1	0	1

Fonte: MUKAIDONO (2001)

A noção de intersecção pode ser definida em uma maneira análoga.

- Intersecção: a intersecção de dois conjuntos imprecisos  $A$  e  $B$  com respectivas funções características  $f_a(x)$  e  $f_b(x)$  é o conjunto impreciso  $C$ , escrito como  $C = A \cap B$ , e cuja função característica relaciona-se com as de  $A$  e  $B$  por:

$$f_c(x) = \text{Min}[f_a(x), f_b(x)], \quad x \in X \quad (3.16)$$

ou, na forma abreviada,

$$f_c = f_a \wedge f_b \quad (3.17)$$

Tabela 3.4 - Função de pertinência  $\mu_E(x)$ : intersecção entre  $\mu_B(x)$  e  $\mu_C(x)$

Número da face do dado: x	$\mu_B(x)$	$\mu_C(x)$	$\mu_E(x)$
1	0	1	0
2	0,2	0,8	0,2
3	0,4	0,6	0,4
4	0,6	0,4	0,4
5	0,8	0,2	0,2
6	1	0	0

Fonte: MUKAIDONO (2001)

A intersecção e a união de dois conjuntos imprecisos no  $R^1$  é exibida a seguir, na figura (2.5.1). A função característica da união é composta dos segmentos de curva 1 e 2. Já a intersecção é composta dos segmentos 3 e 4.

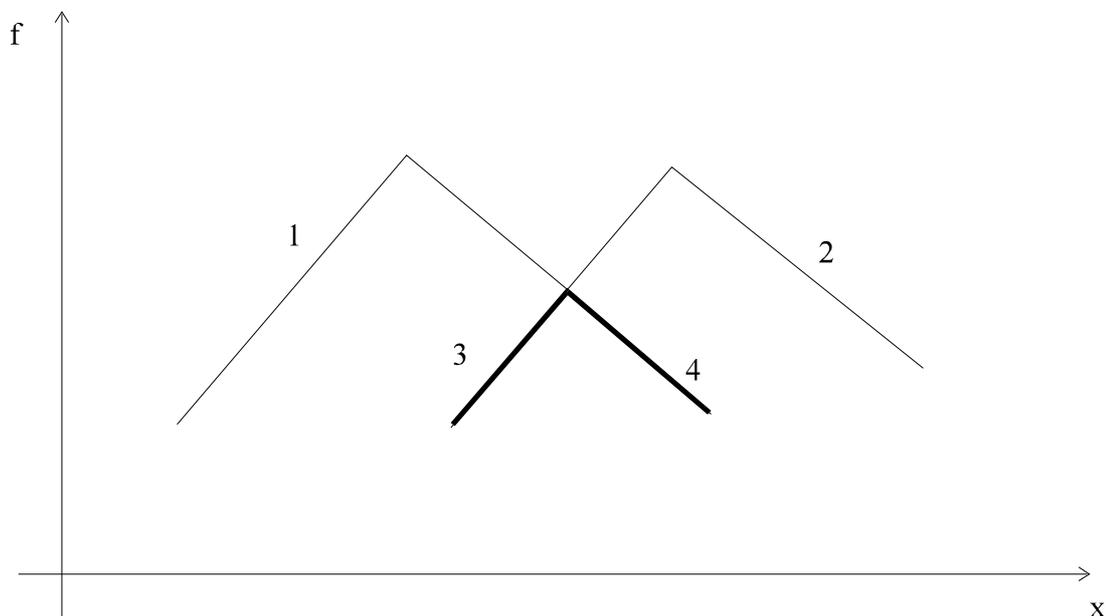


Figura 3.5: União e intersecção

Fonte: MUKAIDONO (2001)

## 4 GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DE PROJETOS

### 4.1 INTRODUÇÃO

A palavra qualidade tem múltiplos significados. Conforme MARSHALL JUNIOR (apud GARVIN, 2002), “existem cinco abordagens principais para a definição de qualidade: transcendental, baseada no produto, baseada no usuário, baseada na produção e baseada no valor”.

- Transcendental

(...) uma condição de excelência que implica ótima qualidade, distinta de má qualidade... Qualidade é atingir ou busca o padrão mais alto em vez de se contentar com o malfeito ou fraudulento (TUCHMAN, 1980)

- Baseada no produto

Qualidade refere-se às quantidades de atributos sem preço presentes em cada unidade do atributo com preço (LEFFLER, 1982)

- Baseada na produção

Qualidade [quer dizer] conformidade com as exigências (CROSBY, 1979)

- Baseada no valor

Qualidade quer dizer o melhor para certas condições do cliente. Estas condições são: a) o verdadeiro uso; e b) o preço de venda do produto (FEIGENBAUM, 1961)

Embora tenham sido desenvolvido originalmente para utilização em organizações manufatureiras ou de processos repetitivos, os sistemas de gestão de qualidade voltaram-se com o tempo para setores voltados para o desenvolvimento de produtos ou serviços exclusivos, onde a elaboração projetizada ganhava força.

Na área normativa, a ISO e a ABNT publicaram uma série de normas relacionadas com a gestão de qualidade em projetos. A norma ABNT NBR ISO 10006:2006 - Sistemas de gestão da qualidade - Diretrizes para a gestão da qualidade em empreendimentos fornece um guia sobre os elementos do sistema da qualidade, conceitos e práticas para os quais a implementação é importante, e tem impacto, suplementando as diretrizes dadas na NBR ISO 9004-1. Estas diretrizes são para aplicáveis a projetos, independentemente de do seu tamanho ou complexidade, e indicam que existem dois aspectos a considerar para a aplicação da qualidade na gerência de Projeto: a qualidade do processo do projeto e a qualidade do produto do projeto.

Já a norma ABNT NBR ISO 10005 - Sistemas de gestão da qualidade - Diretrizes para planos da qualidade - foi preparada para atender à necessidade de diretrizes para os planos de qualidade, no contexto de um sistema de gestão da qualidade previamente estabelecido ou em caso de uma atividade de gerenciamento independente. A idéia central é que os planos da qualidade sejam uma forma específica de relacionar requisitos de um processo, produto, projeto ou contrato, a métodos e práticas de trabalho que levem à realização do produto.

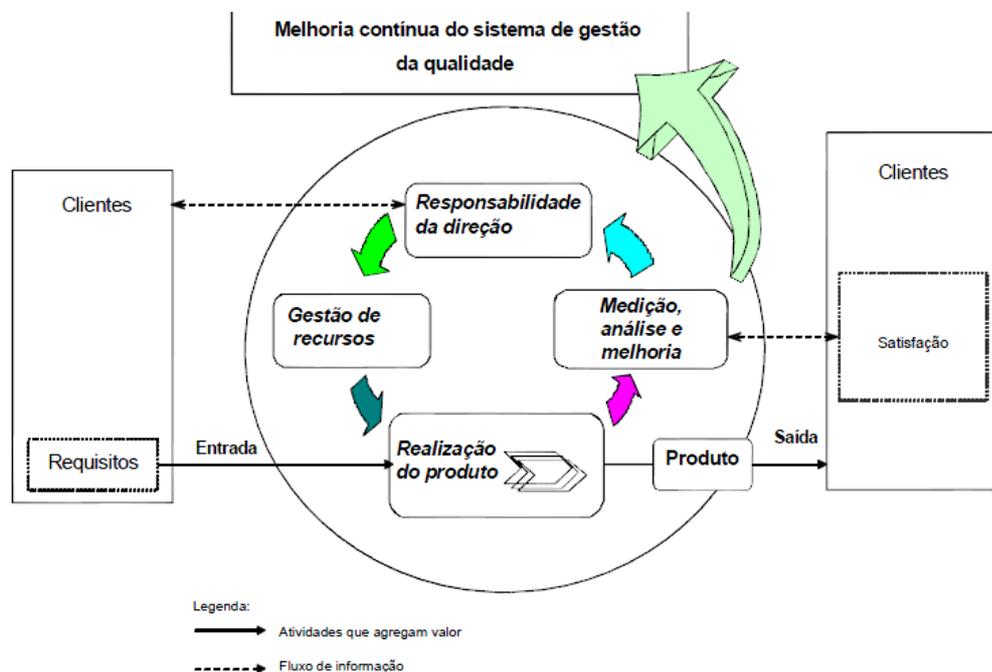


Figura 4.1: Modelo do processo básico do sistema de gestão da qualidade da ABNT NBR ISO 10005

Fonte: ABNT (2007)

A norma internacional sobre gerenciamento de projetos, ISO 21500 (2010), atualmente em estágio *working draft*, define que o propósito do plano de qualidade é determinar e entrar em consenso sobre os critérios de sucesso do projeto, bem como quais normas de qualidade são relevantes para o projeto e como satisfazê-las.

Desta forma, o plano de qualidade deve:

- Prever consenso com o patrocinador do projeto sobre os critérios de sucesso a serem alcançados e as normas relevantes a serem utilizadas.
- Estabelecer as ferramentas, procedimentos, técnicas e recursos necessários para alcançar os padrões relevantes.
- Determinar as metodologias, técnicas e recursos necessários para executar as atividades sistemáticas de qualidade planejadas.
- Desenvolver o plano de garantia da qualidade, que inclui tipos de revisões, responsabilidades e os participantes, de acordo com o cronograma geral do projeto.

#### 4.2 OS PROCESSOS DE GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DE ACORDO COM O PMBOK

Segundo o PMBOK (2008), os processos de gerenciamento da qualidade do projeto incluem todos os processos e as atividades da organização executora que determinam as políticas de qualidade, os objetivos e as responsabilidades, de modo que o projeto satisfaça às necessidades para as quais foi empreendido. Implementa o sistema de gerenciamento da qualidade por meio de políticas e procedimentos com atividades de melhoria contínua de processos realizadas durante todo o projeto, conforme apropriado.

Estes processos de gerenciamento incluem os seguintes itens:

- Planejar a qualidade: o processo de identificar os requisitos e/ou padrões de qualidade do projeto e do produto, bem como documentar de que modo o projeto demonstrará a conformidade.
- Realizar a garantia da qualidade: o processo de auditoria dos requisitos de qualidade e dos resultados das medições de controle de qualidade para

garantir que sejam usados os padrões de qualidade e as definições operacionais apropriadas.

- Realizar o controle da qualidade: o processo de monitoramento e registro dos resultados da execução das atividades de qualidade para avaliar o desempenho e recomendar as mudanças necessárias.

O PMBOK (2008) é compatível com as normas da ISO e ABNT citadas anteriormente, bem como abordagens proprietárias de gerenciamento da qualidade, tais como gerenciamento da qualidade total (GQT), Seis Sigma, Análise de modos e efeitos de falha (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis* - FMEA), revisões de projeto, voz do cliente, custo da qualidade (CDQ) e melhoria contínua. Estes processos auxiliam na tarefa de alcance do atendimento às necessidades que geraram o desenvolvimento do projeto.

O planejamento da qualidade inclui a identificação de padrões de qualidade relevantes para o projeto, bem como a especificação de como satisfazê-los. Deve ser realizado em paralelo com outros processos de planejamento, tais como o desenvolvimento do plano de gerenciamento do projeto, e seguem um dos princípios fundamentais do gerenciamento da qualidade, no qual define-se que a qualidade é planejada, projetada e incorporada, e não inspecionada.

São pressupostos da gerência da qualidade:

- Satisfação do cliente: entender, avaliar, definir e gerenciar as expectativas para que os requisitos do cliente sejam atendidos. Para isso, é necessária uma combinação de conformidade com os requisitos (para garantir que o projeto produza o que ele foi criado para produzir) e adequação ao uso (o produto ou serviço devem satisfazer às necessidades reais).
- Prevenção ao invés de inspeção: um dos princípios fundamentais do moderno gerenciamento da qualidade determina que a qualidade deve ser planejada, projetada e incorporada - em vez de inspecionada. O custo de prevenir os erros geralmente é muito menor do que o custo de corrigi-los quando são encontrados pela inspeção.

- Melhoria contínua: o ciclo PDCA (planejar-fazer-verificar-agir) é a base para a melhoria da qualidade conforme definida por Shewhart e modificada por Deming. Além disso, as iniciativas de melhoria da qualidade empreendidas pela organização executora, tais como GQT e Seis Sigma, devem aprimorar a qualidade do gerenciamento do projeto e também a qualidade do produto do projeto. Os modelos de melhoria de processos incluem Malcolm Baldrige, Modelo organizacional de maturidade em gerenciamento de projetos (*Organizational Project Management Maturity Model*, OPM3®) e Modelo integrado de maturidade da capacidade (*Capability Maturity Model Integrated*, CMMI®).
- Responsabilidade do gerenciamento: o sucesso exige a participação de todos os membros da equipe do projeto, mas continua sendo a responsabilidade do gerenciamento fornecer os recursos necessários ao êxito.

Os processos incluem:

- Planejamento da qualidade

O planejamento da qualidade inclui a identificação de padrões de qualidade relevantes para o projeto, bem como a especificação de como satisfazê-los. Deve ser realizado em paralelo com outros processos de planejamento, tais como o desenvolvimento do plano de gerenciamento do projeto, e seguem um dos princípios fundamentais do gerenciamento da qualidade, no qual define-se que a qualidade é planejada, projetada e incorporada, e não inspecionada.

- Realizar a garantia da qualidade

O processo de garantia da qualidade inclui a aplicação de atividades de qualidade sistemáticas planejadas de forma a garantir que o projeto empregará todos os processos necessários para o atendimento aos requisitos estabelecidos no seu planejamento.

Em alguns casos, algumas organizações empregam um escritório de garantia de qualidade, supervisionando as atividades correlatas, e implementando uma

melhoria contínua nos processos, que é um meio iterativo para melhorar a qualidade.

Esta melhoria contínua reduz os desperdícios e atividades sem valor agregado, permitindo a operação em níveis superiores de eficiência.

- Realizar o controle da qualidade

Os processos de controle da qualidade executam o monitoramento de resultados específicos do projeto, chegando se os mesmos estão aderentes aos padrões de qualidade estabelecidos, identificando formas de eliminar resultados insatisfatórios e sendo realizado durante todo o projeto.

Os padrões de qualidade incluem as entregas do projeto e resultados do seu gerenciamento, tais como custos e prazos.

Além disso, deve-se utilizar ferramentas de controle estatístico de qualidade, de forma a avaliar os índices obtidos.

#### 4.3 O MÉTODO ROSE PARA DETERMINAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE PARA PROJETOS

Em 2005, Kenneth Rose, em seu livro Project Quality Management, criou uma metodologia para o desenvolvimento de um plano de gerenciamento da qualidade, a partir de uma matriz balanceada de necessidades e clientes.

O método de Rose consiste inicialmente na identificação dos clientes do projeto. Conforme proposto pela ASQ - American Society for Quality, a satisfação do cliente é um dos pilares da qualidade.

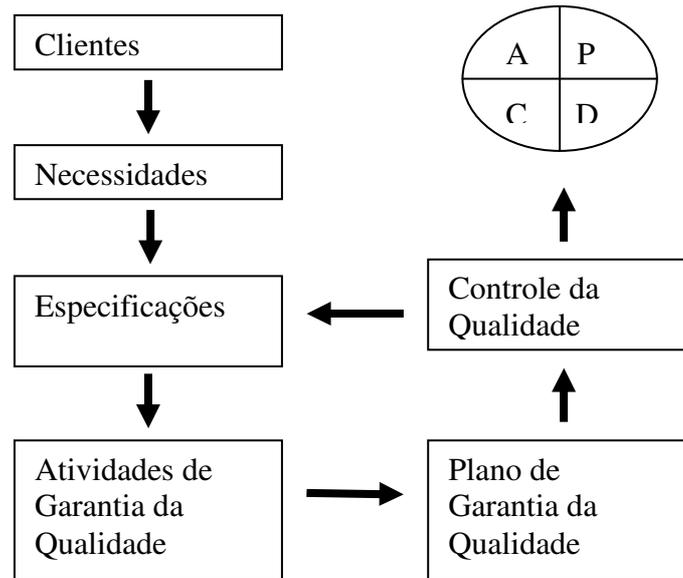


Figura 4.2: O modelo proposto por Rose

Fonte: ROSE (2005)

Logo, o passo inicial da metodologia é identificar quem são os clientes do projeto (internos, externos ou ocultos – aqueles não envolvidos diretamente, mas que podem ser afetados pelo resultado do projeto). Algumas técnicas para a identificação do cliente incluem a análise do contrato, a análise do time do projeto e da organização, a análise do uso do produto e os meios de produção.

No entanto, nem todos os clientes são iguais. Se todos os clientes forem considerados iguais, a gerência do projeto teria um sério problema na aplicação dos recursos limitados do projeto durante a sua implantação. Logo, o segundo passo é a priorização entre si destes clientes, permitindo um entendimento da importância relativa dos clientes para o projeto. O propósito não é identificar clientes que devem ser ignorados ou eliminados, e sim permitir que os resultados sejam utilizados para análise. Uma das técnicas utilizadas para a priorização dos clientes é a matriz em forma de L.

Tabela 4.1: Priorização dos clientes

Priorização dos clientes	Cliente 1:	Cliente 2:	Cliente 3:	Cliente 4:	Cliente 5:	Total da linha	Valor decimal relativo = total da linha / total geral
Cliente 1: _____							
Cliente 2: _____							
Cliente 3: _____							
Cliente 4: _____							
Cliente 5: _____							
	Total Geral						

Fonte: ROSE (2005)

O método de Rose propõe o preenchimento desta matriz utilizando os seguintes critérios:

- Se o cliente 1 é muito mais importante que o cliente 2, é atribuído o valor 10
- Se o cliente 1 é mais importante que o cliente 2, é atribuído o valor 5
- Se o cliente 1 é igualmente importante que o cliente 2, é atribuído o valor 1
- Se o cliente 1 é menos importante que o cliente 2, é atribuído o valor 1/5
- Se o cliente 1 é muito menos importante que o cliente 2, é atribuído o valor 1/10

Ou seja, Rose propõe a conversão entre uma variável imprecisa e um número absoluto, em uma relação direta.

O terceiro passo pressupõe a identificação das necessidades dos clientes. Uma necessidade pode ser definida como um requisito que o projeto deverá atender. Os clientes demandam diversas necessidades no projeto. Para o atendimento destas necessidades, é necessário que elas estejam corretamente estabelecidas, e isso deve ir bem além das necessidades genéricas. Esta etapa pode envolver entrevistas e análises com os clientes, já que muitas destas necessidades podem ser implícitas.

Após a identificação das necessidades, será realizada a sua priorização, já que assim como os clientes, nem todas as necessidades são criadas igualmente. Um método para a priorização de necessidades utiliza a matriz em forma de L desenvolvida para a priorização das necessidades, aplicando-a para as necessidades individuais de cada cliente, como mostrado a seguir:

Tabela 4.2: Priorização das necessidades de acordo com a ótica de um cliente

Priorização das necessidades: Cliente 1: _____	Necessidade 1: _____	Necessidade 2: _____	Necessidade 3: _____	Necessidade 4: _____	Necessidade 5: _____	Total da linha	Valor decimal relativo = total da linha / total geral
Necessidade 1: _____							
Necessidade 2: _____							
Necessidade 3: _____							
Necessidade 4: _____							
Necessidade 5: _____							
				Total Geral			

Fonte: ROSE (2005)

Este passo é repetido com todos os clientes, e ao final de todas as priorizações (realizados sob a ótica de cada cliente), combina-se os resultados da priorização dos clientes com os resultados das priorizações das necessidades de forma a se obter uma priorização integrada de requerimentos e clientes. Isso é realizado multiplicando-se o valor decimal da priorização do cliente pelo valor decimal da sua necessidade individual, como mostrado na tabela abaixo:

Tabela 4.3: Priorização balanceada das necessidades e clientes

Priorização balanceada das necessidades	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Total da linha
Necessidade 1	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	
Necessidade 2	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	
Necessidade 3	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	
Necessidade 4	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	
Necessidade 5	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	$\frac{X}{=}$	

Fonte: ROSE (2005)

Em seguida, o método estabelece o desenvolvimento das especificações, que são o detalhamento das necessidades. Normalmente, as necessidades são genéricas, enquanto que as especificações são exatas. Por exemplo, uma necessidade poderia ser descrita como “atendimento eficiente por telefone”, enquanto que uma especificação desta necessidade poderia ser descrita como “responder 99% das ligações telefônicas em menos de dois toques”.

Para o desenvolvimento das especificações, o método pressupõe:

1. Identificar a necessidade
2. Desenvolver uma definição operacional
3. Desenvolver um valor específico contra o qual o desempenho será medido

Até este passo, o método de Rose está incluído dentro dos processos de planejamento da qualidade de projetos, de acordo com o PMBOK (2008).

O passo seguinte engloba as atividades de garantia da qualidade, ou seja, as atividades necessárias que o time do projeto deve executar para checar a performance do projeto contra o que foi planejado.

Estas tarefas incluem:

1. A seleção da norma ou especificação apropriada
2. Utilizando as definições operacionais, defina uma atividade que coletará dados e compare os resultados com o plano. Desenvolva e aplique métricas.
3. Defina e providencie recursos
4. Atribua responsabilidades
5. Junte as atividades em um plano de garantia da qualidade

O passo seguinte engloba o desenvolvimento das ferramentas de controle da qualidade do projeto. O controle da qualidade está relacionado com o monitoramento de resultados específicos do projeto, checando se os mesmos estão

aderentes aos padrões de qualidade estabelecidos, identificando formas de eliminar resultados insatisfatórios e sendo realizado durante todo o projeto.

Entre as ferramentas normalmente utilizadas, existem folhas de verificação, histogramas, gráfico de Pareto, fluxogramas, diagrama de causa e efeito, diagrama de dispersão, *brainstorming*, carta de controle, etc. Cada uma pode ser aplicada de acordo com a necessidade do projeto.

Embora não faça parte do grupo de processos do PMBOK, Rose recomenda a implantação de um processo de melhoria da qualidade, como o ciclo PDCA, (Plan-Do-Check-Act), proposto por Shewhart em 1939.

#### 4.4 EXEMPLO DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ROSE

A seguir, um exemplo da utilização do método de Rose para o desenvolvimento de um plano de gerenciamento da qualidade para a construção de um parque infantil por uma prefeitura.

##### **Passo 1: identificação dos clientes**

<b>Cliente 1</b>	Usuários finais (crianças)
<b>Cliente 2</b>	Eleitores
<b>Cliente 3</b>	Governo
<b>Cliente 4</b>	Construtoras
<b>Cliente 5</b>	Equipe de Projeto

**Passo 2: priorização dos clientes**

Priorização dos Clientes	Usuários finais (crianças)	Eleitores	Governo	Construtoras	Equipe de Projeto	Total da linha	Valor decimal relativo = total da linha / total geral
Usuários finais (crianças)		5	10	10	10	35	0,50
Eleitores	1/5		10	5	1	16,2	0,23
Governo	1/10	1/10		1/5	1/10	0,5	0,01
Construtoras	1/10	1/5	5		1	6,3	0,09
Equipe de Projeto	1/10	1	10	1		12,1	0,17
						70,1	

**Passo 3: identificação das necessidades**

<b>Necessidade 1</b>	Atender à Legislação Ambiental
<b>Necessidade 2</b>	Baixo Custo de Manutenção
<b>Necessidade 3</b>	Possibilitar diversas atividades para seus usuários
<b>Necessidade 4</b>	Segurança
<b>Necessidade 5</b>	Ser esteticamente agradável

#### Passo 4: priorização das necessidades

Priorização das Necessidades	Atender à Legislação Ambiental	Baixo Custo de Manutenção	Possibilitar diversas atividades para seus usuários	Segurança	Ser esteticamente agradável	Total da linha	Valor decimal relativo = total da linha / total geral
<b>CLIENTE 1: Usuários finais</b>							
Atender à Legislação Ambiental		1/10	1/10	1/10	1/10	00,4	0,006
Baixo Custo de Manutenção	10		1	1/5	1	12,2	0,190
Possibilitar diversas atividades para seus usuários	10	1		5	5	21,0	0,320
Segurança	10	5	1/5		5	20,2	0,310
Ser esteticamente agradável	10	1	1/5	1/5		11,4	0,170
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>65,2</b>	<b>1,000</b>

Priorização das Necessidades	Atender à Legislação Ambiental	Baixo Custo de Manutenção	Possibilitar diversas atividades para seus usuários	Segurança	Ser esteticamente agradável	Total da linha	Valor decimal relativo = total da linha / total geral
<b>CLIENTE 2:</b> Eleitores							
Atender à Legislação Ambiental		1/10	1/5	1/5	1/5	0,70	0,013
Baixo Custo de Manutenção	10		5	5	5	25	0,475
Possibilitar diversas atividades para seus usuários	5	1/5		1	1	7,2	0,143
Segurança	5	1/5	1		1/5	6,4	0,127
Ser esteticamente agradável	5	1/5	1	5		7,2	0,222
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>TOTAL GERAL</b>	<b>50,5</b>

Priorização das Necessidades	Atender à Legislação Ambiental	Baixo Custo de Manutenção	Possibilitar diversas atividades para seus usuários	Segurança	Ser esteticamente agradável	Total da linha	Valor decimal relativo = total da linha / total geral
<b>CLIENTE 3:</b> Governo							
Atender à Legislação Ambiental		10	10	1	1	22	0,36
Baixo Custo de Manutenção	1/10		1/5	1/5	1/10	0,6	0,01
Possibilitar diversas atividades para seus usuários	1/10	5		1/5	1/5	5,5	0,09
Segurança	1	5	5		5	16	0,26
Ser esteticamente agradável	1	10	5	1/5		16,2	0,27
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>TOTAL GERAL</b>	<b>60,3</b>

Priorização das Necessidades	Atender à Legislação Ambiental	Baixo Custo de Manutenção	Possibilitar diversas atividades para seus usuários	Segurança	Ser esteticamente agradável	Total da linha	Valor decimal relativo = total da linha / total geral
<b>CLIENTE 4:</b> Construtoras							
Atender à Legislação Ambiental		1	10	10	1/10	21,1	0,254
Baixo Custo de Manutenção	1		10	5	1/5	16,2	0,195
Possibilitar diversas atividades para seus usuários	1/10	1/10		1/10	1/10	0,4	0,004
Segurança	1/10	1/5	10		10	20,3	0,244
Ser esteticamente agradável	10	5	10	1/10		25,1	0,302
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>TOTAL GERAL</b>	<b>83,1</b>

Priorização das Necessidades	Atender à Legislação Ambiental	Baixo Custo de Manutenção	Possibilitar diversas atividades para seus usuários	Segurança	Ser esteticamente agradável	Total da linha	Valor decimal relativo = total da linha / total geral
<b>CLIENTE 5:</b> Equipe de Projeto							
Atender à Legislação Ambiental		5	5	1	1	12	0,310
Baixo Custo de Manutenção	1/5		1	1/5	1/5	1,6	0,040
Possibilitar diversas atividades para seus usuários	1/5	1		1/5	1/5	1,6	0,040
Segurança	1	5	5		1	12	0,310
Ser esteticamente agradável	1	5	5	1		12	0,310
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>TOTAL GERAL</b>	<b>39,2</b>

Priorização Balanceada das necessidades	Usuários finais (crianças)	Eleitores	Governo	Construtoras	Equipe de Projeto	Total da linha	Classificação
Atender à Legislação Ambiental	0,50 x 0,01 = 0,005	0,23 x 0,01 = 0,002	0,01 x 0,36 = 0,004	0,09 x 0,25 = 0,023	0,17 x 0,31 = 0,053	0,087	5
Baixo Custo de Manutenção	0,50 x 0,19 = 0,095	0,23 x 0,50 = 0,115	0,01 x 0,01 = 0,000	0,09 x 0,19 = 0,017	0,17 x 0,04 = 0,007	0,234	3
Possibilitar diversas atividades para seus usuários	0,50 x 0,32 = 0,16	0,23 x 0,14 = 0,032	0,01 x 0,09 = 0,001	0,09 x 0,00 = 0,000	0,17 x 0,04 = 0,007	0,263	2
Segurança	0,50 x 0,31 = 0,155	0,23 x 0,13 = 0,030	0,01 x 0,26 = 0,003	0,09 x 0,24 = 0,022	0,17 x 0,31 = 0,053	0,290	1
Ser esteticamente agradável	0,50 x 0,17 = 0,085	0,23 x 0,22 = 0,051	0,01 x 0,27 = 0,003	0,09 x 0,30 = 0,027	0,17 x 0,31 = 0,053	0,219	4

## 5 UTILIZANDO LÓGICA FUZZY NO GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DE PROJETOS

### 5.1 INTRODUZINDO A LÓGICA FUZZY NO MÉTODO DE ROSE

As variáveis imprecisas são denominadas de incertezas léxicas, ou seja, aquelas geradas pela linguagem humana. Os parâmetros “muito mais importante”, “mais importante”, “igualmente importante”, “menos importante” e “muito menos importante” não possuem definições exatas propriamente ditas. Ou seja, o conceito de “importância” é relativo, e os números atribuídos por Rose, além de ser arbitrários, podem ser questionados. Analogamente, se a variável fosse “alta”, qualificando uma pessoa, esta qualificação seria variável de região para região do mundo. Mesmo quando se analisa uma mesma pessoa, o limite exato a partir do qual uma pessoa passa a ser considerada “alta” não existe. Por exemplo, se para ser considerada alta uma pessoa deveria ter pelo menos 1,80 m, será que uma que tivesse 1,79 m também não estaria neste mesmo conjunto, mesmo não atendendo aos requisitos especificados?

No caso da qualidade, este problema se agrava. Se por um lado, do ponto de vista industrial, o conceito de qualidade é basicamente estatístico, do ponto de vista do gerenciamento de projetos passa-se a ter critérios completamente subjetivos, ou seja, sujeitos à valoração do cliente final do projeto.

O modelo proposto atribui as seguintes características à matriz de priorização:

- Substituição dos conjuntos binários por conjuntos *fuzzy*.
- Introdução do conceito de importância relacionado aos estados “muito mais importante”, “mais importante”, “igualmente importante”, “menos importante” e “muito menos importante”

O desafio é modelar a incerteza lingüística adequadamente. A pesquisa psicolingüística mostra que uma das formas de resolver este problema é comparar com dois casos padrão, ou seja, um que seja considerado “importante” e outro “não importante”. Na lógica tradicional, estes dois casos poderiam ser definidos por uma função matemática que indicasse se ele estaria ou não dentro do conjunto de importância. O Caso 1 seria considerado “importante” e o Caso 2 não se enquadraria nesta condição, ou seja, seria considerado “não importante”.

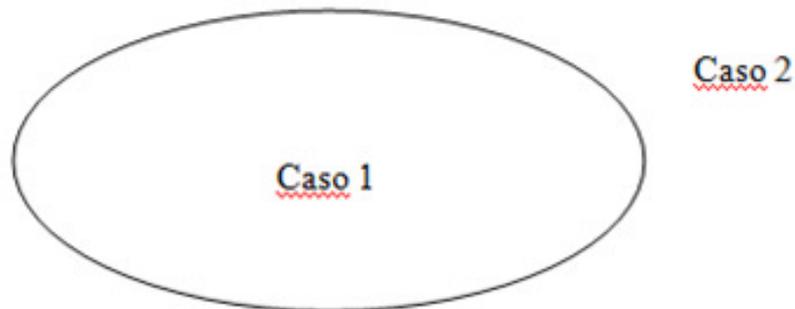


Figura 5.1: Utilização de conjuntos binários para representar importância

Fonte: MUKAIDONO (2001)

No entanto, esta definição rígida não permite a gradação do nível de importância dos elementos, inviabilizando o seu uso para a maior parte das aplicações nas quais é necessário atribuir valores intermediários, tais como “relativamente importante”.



Figura 5.2: Utilização de conjuntos *fuzzy* para representar importância

Fonte: MUKAIDONO (2001)

Na figura 5.2, o grau de importância é associado a um nível de pertinência,  $\mu_I(x)$  do elemento  $x \in X$  para o conjunto de “importância”. O grau de importância é chamado de variável base  $x$  do universo  $X$ . A variação de  $\mu$  vai de 0 a 1, representando “não importante” ou “importante”, ou seja, representando gradativamente aderência zero a aderência total ao conjunto de importância.

O grau de importância pode ser representado por uma função contínua, tal como vista na figura 5.3.

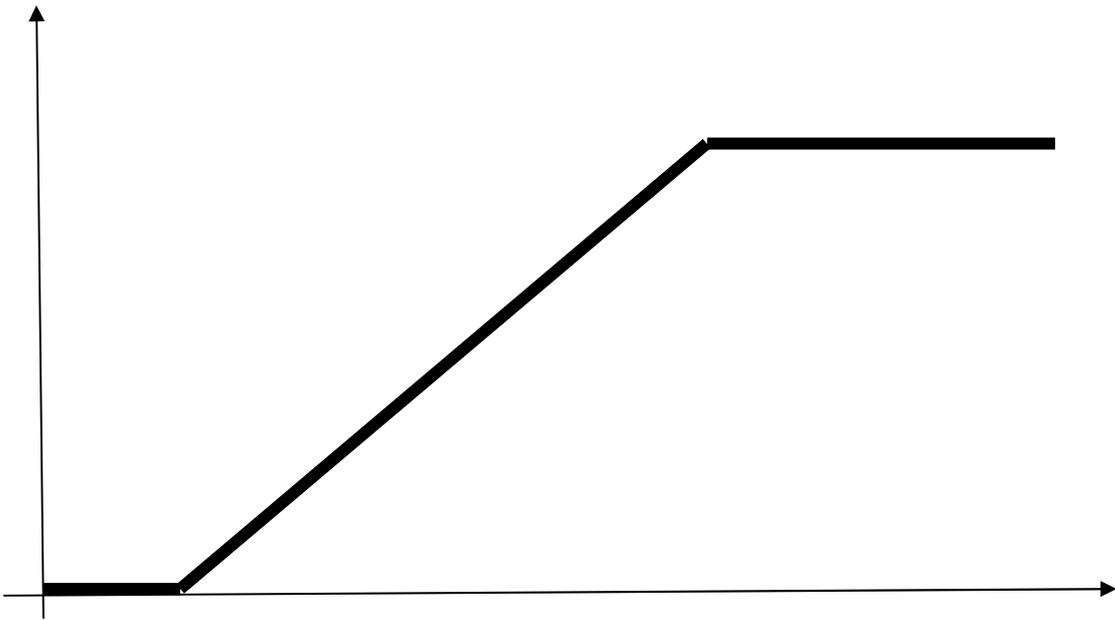


Figura 5.3: nível de aderência  $\mu_x(x)$

Fonte: MUKAIDONO (2001)

O nível de aderência  $\mu_x(x)$  ao qual o caso é considerado pertencente ao conjunto *fuzzy* de “Importância” pode ser expresso por uma função contínua.

O bloco primário de construção de qualquer sistema de lógica imprecisa é denominado de variável lingüística. Nesta, categorias múltiplas são combinadas, descrevendo o mesmo contexto, conforme pode ser visualizado na figura 5.4.

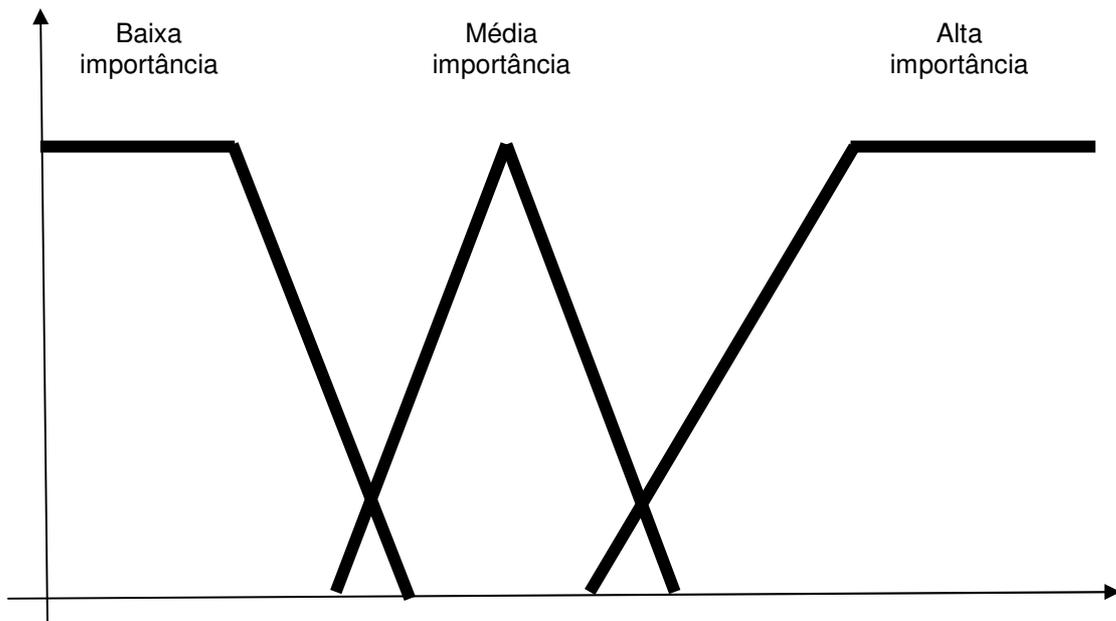


Figura 5.4: Categorias múltiplas combinadas

Fonte: do autor

Inicialmente, aplica-se a lógica *fuzzy* na matriz de priorização de clientes, conforme visto na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Matriz de priorização de clientes utilizando funções de pertinência  $\mu(x)$

Priorização dos clientes	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	$\sum_1^N \mu_i$
Cliente 1		$\mu_{12}(x)$	$\mu_{13}(x)$	$\mu_{14}(x)$	$\mu_{15}(x)$	
Cliente 2	$\frac{1}{\mu_{12}(x)}$		$\mu_{23}(x)$	$\mu_{24}(x)$	$\mu_{25}(x)$	
Cliente 3	$\frac{1}{\mu_{13}(x)}$	$\frac{1}{\mu_{23}(x)}$		$\mu_{34}(x)$	$\mu_{35}(x)$	
Cliente 4	$\frac{1}{\mu_{14}(x)}$	$\frac{1}{\mu_{24}(x)}$	$\frac{1}{\mu_{34}(x)}$		$\mu_{45}(x)$	
Cliente 5	$\frac{1}{\mu_{15}(x)}$	$\frac{1}{\mu_{25}(x)}$	$\frac{1}{\mu_{35}(x)}$	$\frac{1}{\mu_{45}(x)}$		

Fonte: do autor

A função de pertinência  $\mu(x)$  pode ser definida como na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Função de pertinência de importância  $\mu(x)$

$x$	$\mu(x)$
Muito mais importante	1
Mais importante	0,75
Igualmente importante	0,5
Menos importante	0,25
Muito menos importante	0

Fonte: do autor

O somatório das funções de pertinência por cliente utilizará a função de união dos conjuntos *fuzzy*, conforme visto na equação 3.14.

A matriz de priorização demandará o uso de dez variáveis de entrada (não é necessário calcular as variáveis abaixo da diagonal, basta invertê-las de forma espelhada em relação às variáveis acima da diagonal) e cinco variáveis de saída, utilizando cinco blocos de regras. Estas variáveis gerarão 125 regras e 75 funções de pertinência. As estatísticas estão agrupadas na tabela 5.3.

Tabela 5.3: Estatísticas do projeto

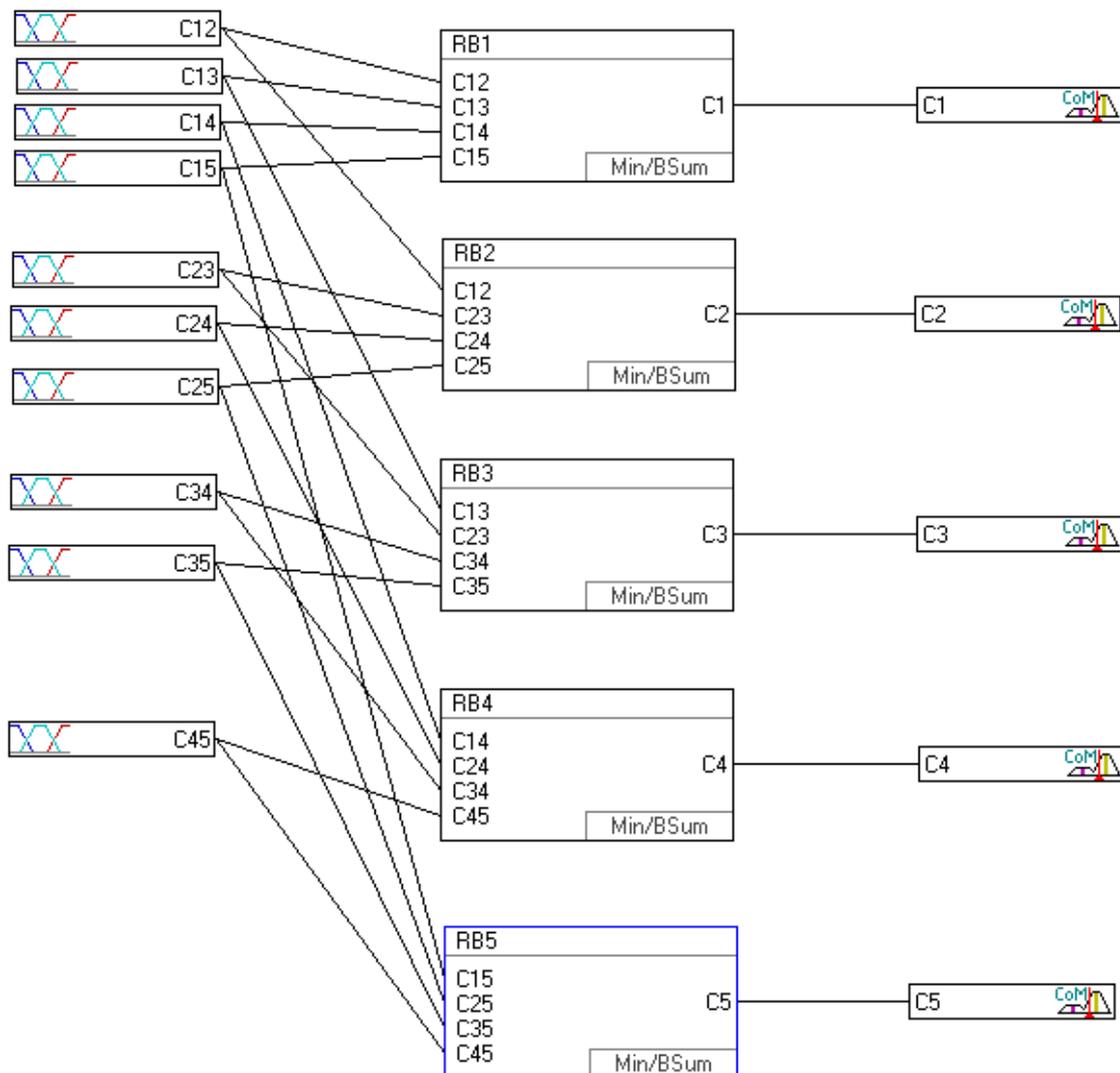
Variáveis de entrada	10
Variáveis de saída	5
Variáveis intermediárias	0
Blocos de regras	5
Regras	125
Funções de pertinência	75

Fonte: do autor

A estrutura do sistema identifica o fluxo de inferência da lógica *fuzzy* das variáveis de entrada para as variáveis de saída. A *fuzzificação* das interfaces de entrada traduz as entradas analógicas para valores *fuzzy*. A inferência *fuzzy* ocorre nos blocos de regras que contém as regras de controle lingüístico. A saída destas

regras são as variáveis lingüísticas. A *defuzzificação* das interfaces de saída as traduz de volta em variáveis analógicas.

A figura abaixo mostra a estrutura completa deste sistema *fuzzy*, incluindo as interfaces de entrada, blocos de regras e interfaces de saída. As linhas conectadas simbolizam o fluxo de dados.



Notação:

$C_{xy}$  – variável de entrada, composta por uma função de pertinência  $\mu_{C_{xy}}(x)$  da comparação entre os clientes 1 e 2

RBz – bloco de regras

$C_n$  – variável de saída, composta por uma função de pertinência  $\mu_{C_n}(x)$  da comparação entre os clientes 1 e 2

Min/BSum – método de agregação das variáveis de entrada

Figura 5.5: O sistema *fuzzy* proposto

Fonte: do autor

As variáveis linguísticas são utilizadas para traduzir valores reais em valores linguísticos. Os possíveis valores de uma variável linguística não são valores, sendo chamados de termos linguísticos.

Por exemplo, traduz-se uma variável linguística real chamada “temperatura” em três termos linguísticos: frio, agradável ou morno. Dependendo da temperatura corrente, cada um destes termos descreve melhor ou pior a variável “temperatura”.

Cada termo é definido por uma função de pertinência, que define o grau de associação de cada termo linguístico.

A figura 5.6 mostra as funções de pertinência dos três termos para o exemplo “temperatura”.

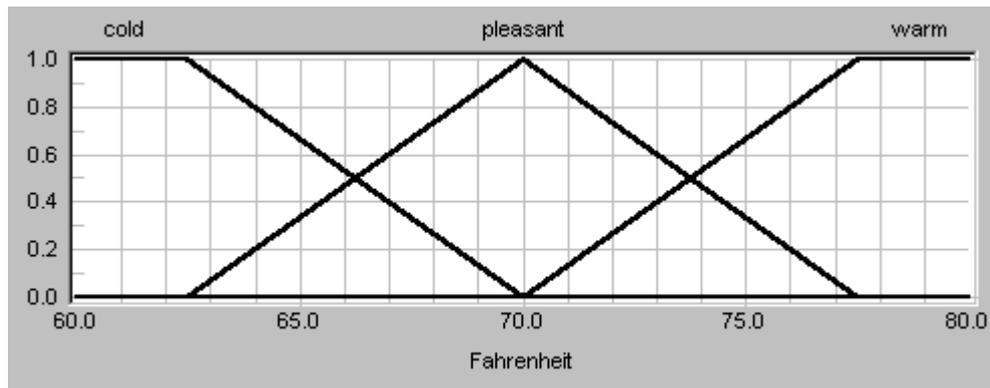


Figura 5.6: Exemplo de função de pertinência de temperatura.

Fonte: do autor

As tabelas a seguir listam todas as variáveis do sistema, bem como os respectivos métodos de *fuzzificação* ou *defuzzificação*.

Através de máquinas de inferência, como por exemplo, a FuzzyTech, foi desenvolvido um conjunto de funções de pertinência  $\mu_A(x)$ , baseado em 5 estados possíveis:

Tabela 5.4: Variáveis de entrada

#	Nome da variável	Tipo	Min	Max	Default	Nome dos termos
1	C12		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
2	C13		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
3	C14		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
4	C15		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
5	C23		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
6	C24		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
7	C25		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
8	C34		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
9	C35		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
10	C45		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor

Fonte: do autor

Tabela 5.5: Variáveis de saída

#	Nome da variável	Tipo	Min	Max	Default	Nome dos termos
11	C1		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
12	C2		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
13	C3		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
14	C4		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor
15	C5		0	1	0.5	Muito_Menos_Impo Menos_Importante Igualmente_Impor Mais_Importante Muito_Mais_Impor

Fonte: do autor

Em seguida, são exibidas, nas figuras abaixo, as funções de pertinência de todas as variáveis.

Variável de entrada C12 – comparação do cliente 1 com o cliente 2

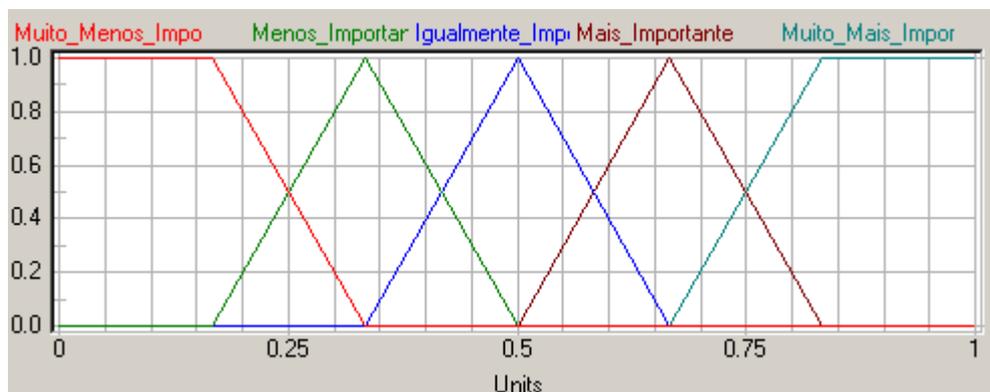


Figura 5.6: Variável de entrada C12

Fonte: do autor

Tabela 5.6: Variável de entrada C12

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Impo	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
Igualmente_Impor	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
Muito_Mais_Impor	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83332, 1)

Fonte: do autor

Variável de entrada C13 – comparação do cliente 1 com o cliente 3

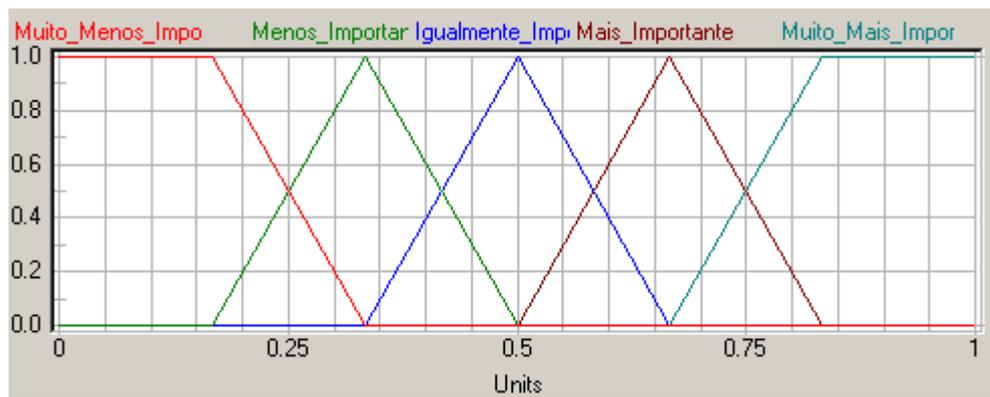


Figura 5.7: Variável de entrada C13

Fonte: do autor

Tabela 5.7: Variável de entrada C13

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83334, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83334, 1)
		(1, 1)		

Fonte: do autor

Variável de entrada C14 – comparação do cliente 1 com o cliente 3

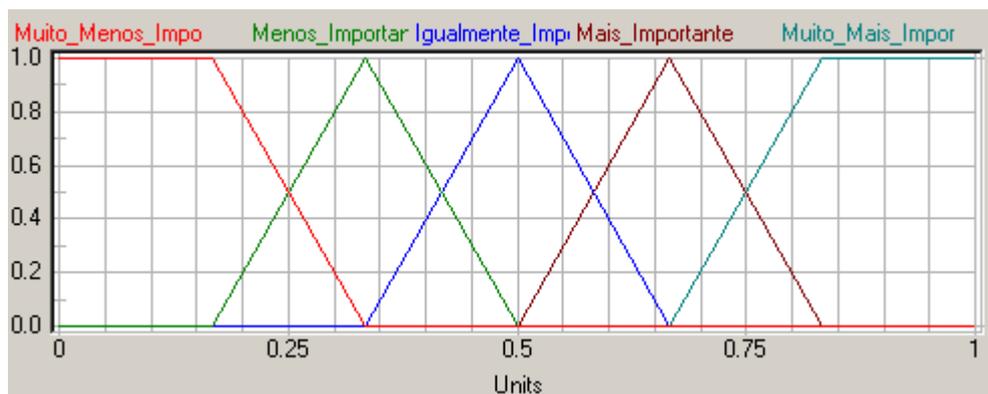


Figura 5.8: Variável de entrada C14

Fonte: do autor

Tabela 5.8: Variável de entrada C14

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83334, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83334, 1)
		(1, 1)		

Variável de entrada C15 – comparação do cliente 1 com o cliente 5

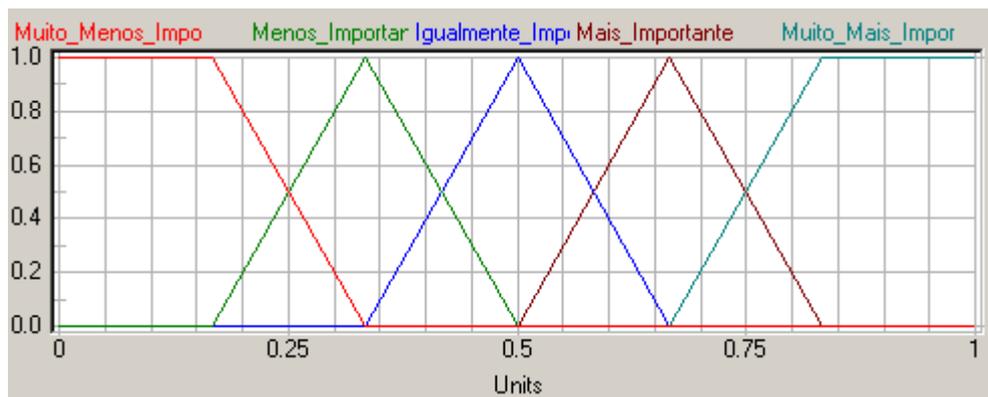


Figura 5.9: Variável de entrada C15

Fonte: do autor

Tabela 5.9: Variável de entrada C15

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83334, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83334, 1)
		(1, 1)		

Fonte: do autor

Variável de entrada C23 – comparação do cliente 2 com o cliente 3

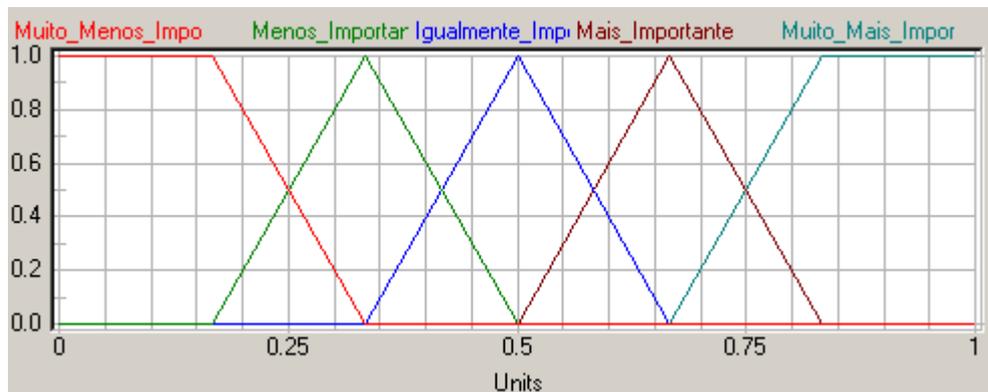


Figura 5.10: Variável de entrada C23

Fonte: do autor

Tabela 5.10: Variável de entrada C23

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83332, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83332, 1)
		(1, 1)		

Fonte: do autor

Variável de entrada C24 – comparação do cliente 2 com o cliente 4

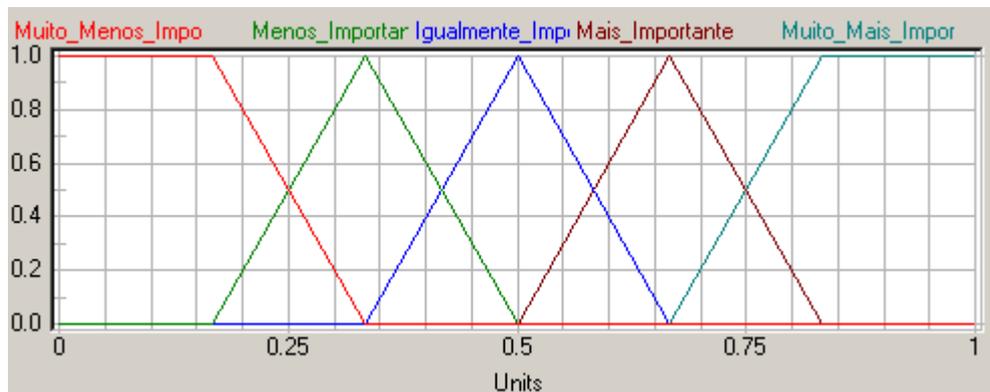


Figura 5.11: Variável de entrada C24

Fonte: do autor

Tabela 5.11: Variável de entrada C24

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83332, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83332, 1)
		(1, 1)		

Fonte: do autor

Variável de entrada C25 – comparação do cliente 2 com o cliente 5

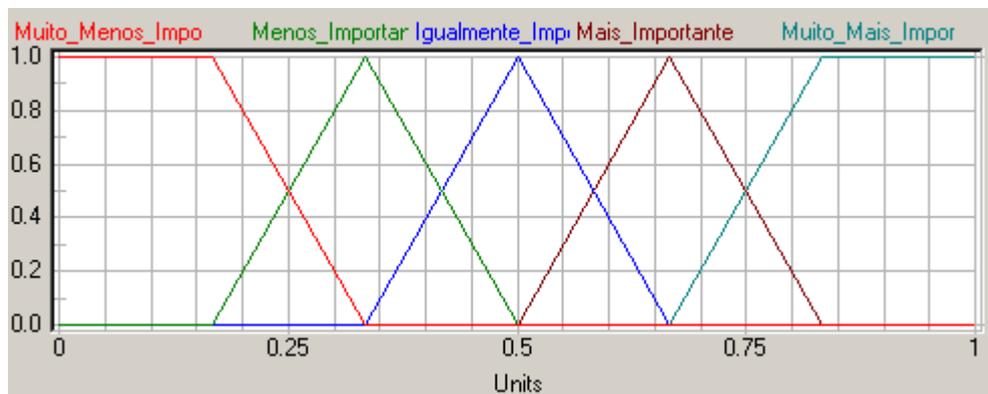


Figura 5.12: Variável de entrada C25

Fonte: do autor

Tabela 5.12: Variável de entrada C25

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83332, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83332, 1)
		(1, 1)		

Fonte: do autor

Variável de entrada C34 – comparação do cliente 3 com o cliente 4

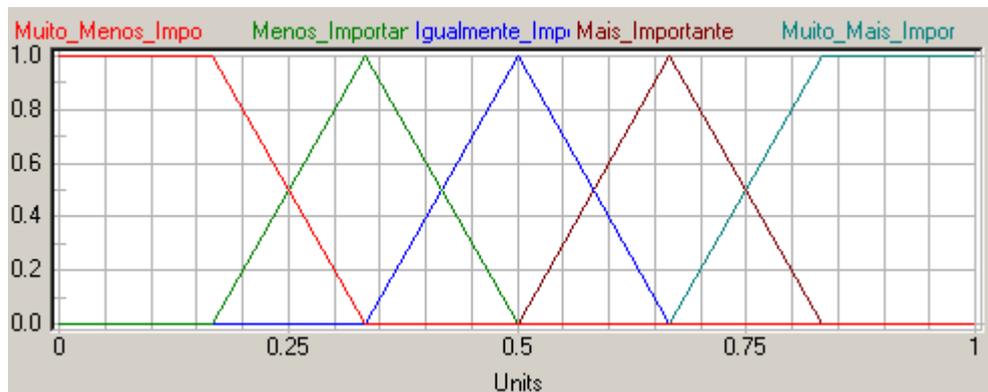


Figura 5.13: Variável de entrada C34

Fonte: do autor

Tabela 5.13: Variável de entrada C34

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83332, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83332, 1)
		(1, 1)		

Fonte: do autor

Variável de entrada C35 – comparação do cliente 3 com o cliente 5

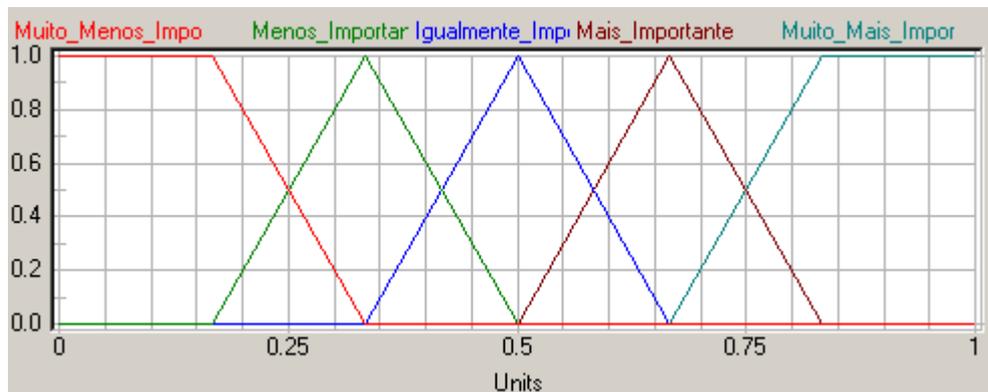


Figura 5.14: Variável de entrada C35

Fonte: do autor

Tabela 5.14: Variável de entrada C35

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83332, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83332, 1)
		(1, 1)		

Fonte: do autor

Variável de entrada C45 – comparação do cliente 3 com o cliente 5

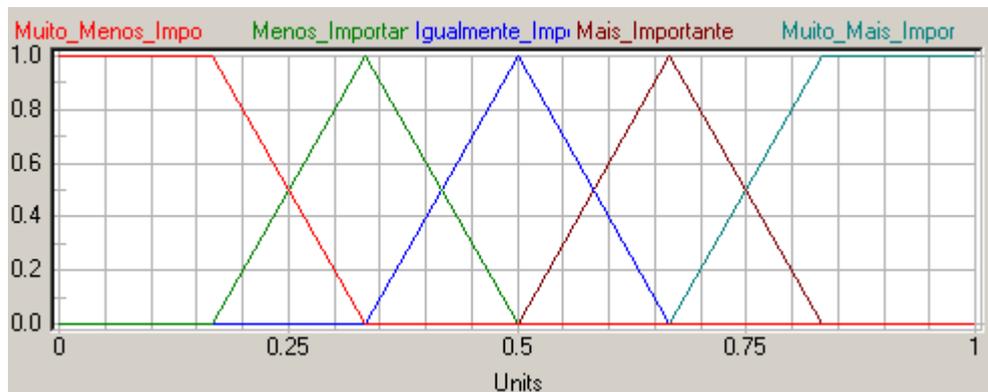


Figura 5.15: Variável de entrada C45

Fonte: do autor

Tabela 5.15: Variável de entrada C45

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 1)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83332, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83332, 1)
		(1, 1)		

Fonte: do autor

Variável de saída C1

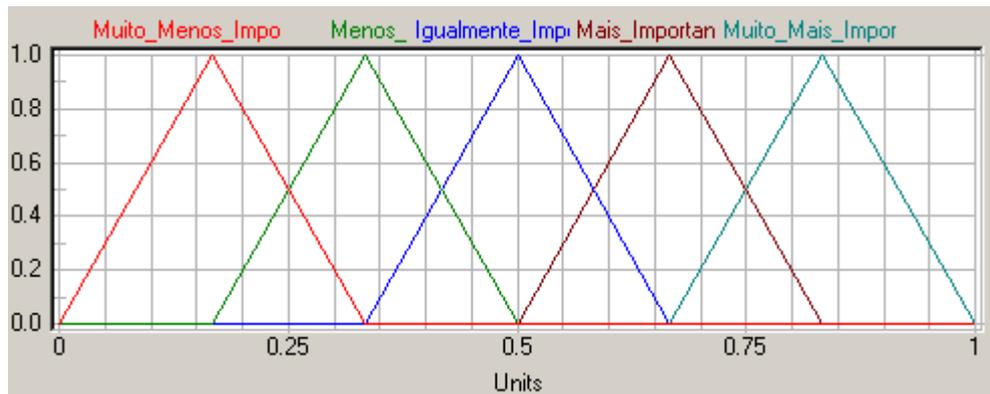


Figura 5.16: Variável de saída C1

Fonte: do autor

Tabela 5.16: Variável de saída C1

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83334, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83334, 1)
		(1, 0)		

Fonte: do autor

Variável de saída C2

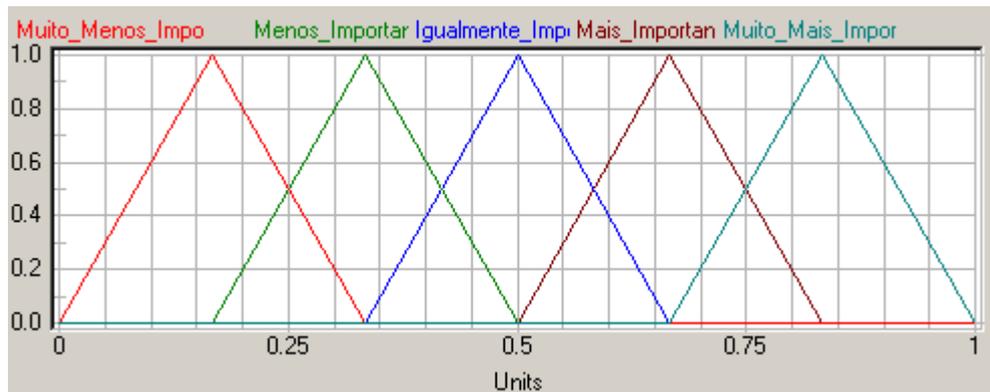


Figura 5.17: Variável de saída C2

Fonte: do autor

Tabela 5.17: Variável de saída C2

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83334, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83334, 1)
		(1, 0)		

Fonte: do autor

Variável de saída C3

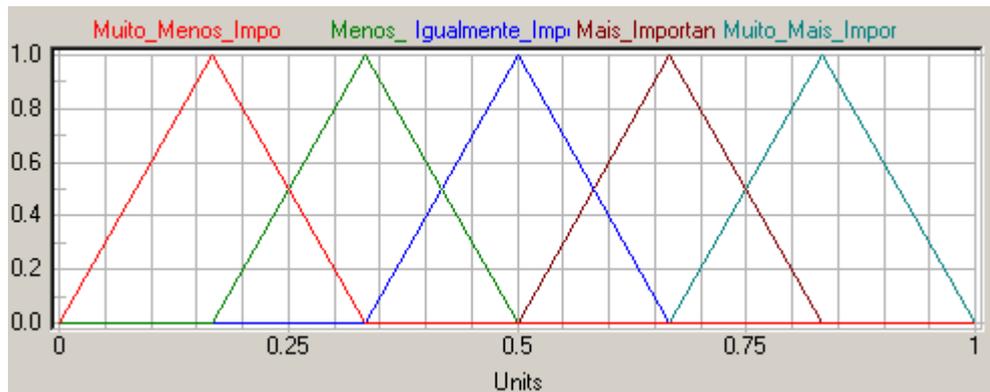


Figura 5.18: Variável de saída C3

Fonte: do autor

Tabela 5.18: Variável de saída C3

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83334, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83334, 1)
		(1, 0)		

Fonte: do autor

Variável de saída C4

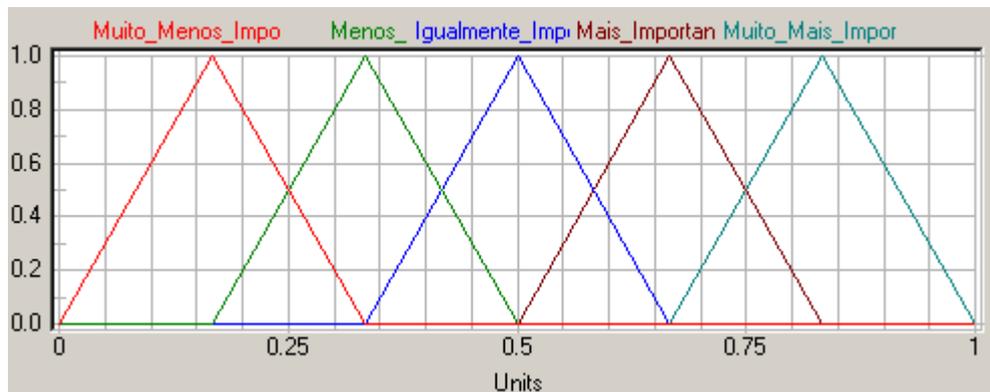


Figura 5.19: Variável de saída C4

Fonte: do autor

Tabela 5.19 – Variável de saída C4

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83334, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83334, 1)
		(1, 0)		

Fonte: do autor

## Variável de saída C5

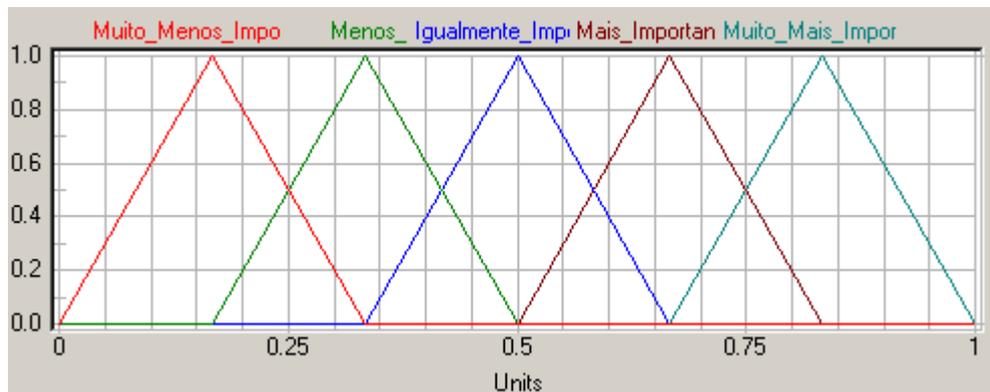


Figura 5.20: Variável de saída C5

Fonte: do autor

Tabela 5.20 – Variável de saída C5

Nome do termo	Forma/Par.	Ponto de definição (x, y)		
Muito_Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 1)	(0.33334, 0)
		(1, 0)		
Menos_Importante	linear	(0, 0)	(0.16666, 0)	(0.33334, 1)
		(0.5, 0)	(1, 0)	
Igualmente_Importante	linear	(0, 0)	(0.33334, 0)	(0.5, 1)
		(0.66666, 0)	(1, 0)	
Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.5, 0)	(0.66666, 1)
		(0.83334, 0)	(1, 0)	
Muito_Mais_Importante	linear	(0, 0)	(0.66666, 0)	(0.83334, 1)
		(1, 0)		

Fonte: do autor

O modelo proposto também introduz a lógica imprecisa na matriz balanceada de necessidades por cliente, que combina os resultados da priorização dos clientes com os resultados das priorizações das necessidades de forma a se obter uma priorização integrada de requerimentos e clientes, multiplicando-se o valor decimal da priorização do cliente pelo valor decimal da sua necessidade individual.

## 5.2 UTILIZANDO LÓGICA IMPRECISA NO CONTROLE DA QUALIDADE

### 5.2.1 Aplicações de gráficos de Pareto

Os gráficos de Pareto são importantes ferramentas para a identificação da maior ocorrência de questões que se concentram em um pequeno número de causas. Este princípio foi batizado em homenagem ao economista italiano Vilfredo Pareto (1909), que publicou um estudo econômico afirmando que 80% da riqueza seria controlada por 20% da população.

Posteriormente, Joseph Juran, um dos pioneiros da qualidade, sugeriu a Lei de Pareto, afirmando que em boa parte dos problemas de qualidade, 80% das conseqüências advinham de 20% das causas, ou seja, 80% dos defeitos são causados por 20% das possíveis fontes de erro.

A característica básica de um gráfico de Pareto é ser gráfico de barras em ordem decrescente. Para o seu desenvolvimento, deve-se dispor os dados (de

defeitos, por exemplo) em um gráfico de barras, em ordem decrescente. O eixo y equivale ao total de defeitos.

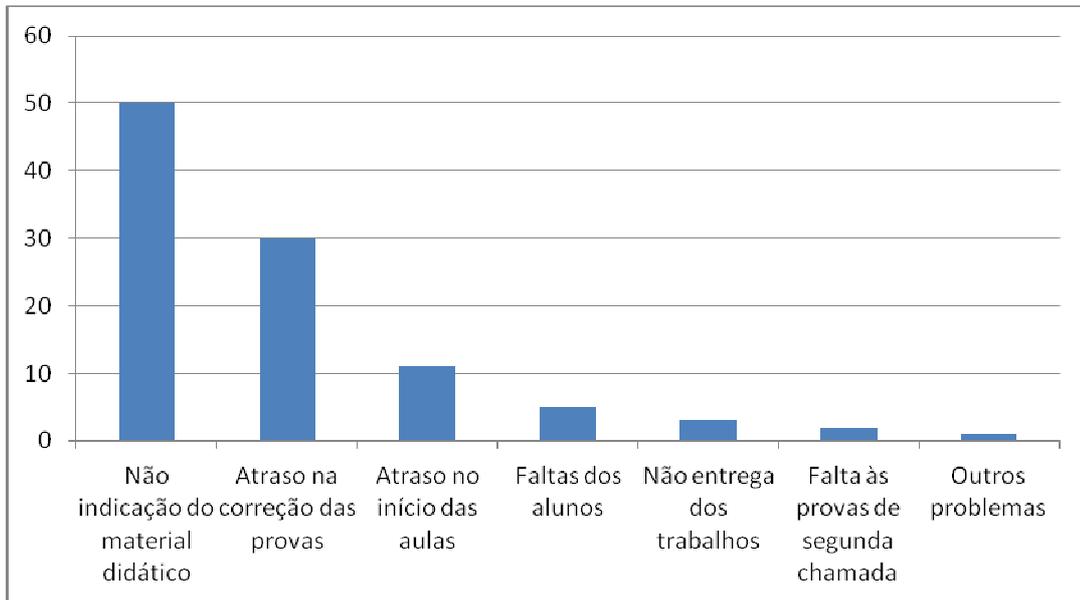


Figura 6.1: Gráfico de Pareto

Fonte: do autor

Em seguida, deve-se inserir uma escala percentual cumulativa em um segundo eixo vertical, à direita. A curva percentual cumulativa é uma linha contínua que se estende sobre todo o eixo x. A curva é plotada como uma série de pontos conectados, que são obtidos pela soma dos valores da esquerda para a direita e por sua divisão pelo total.

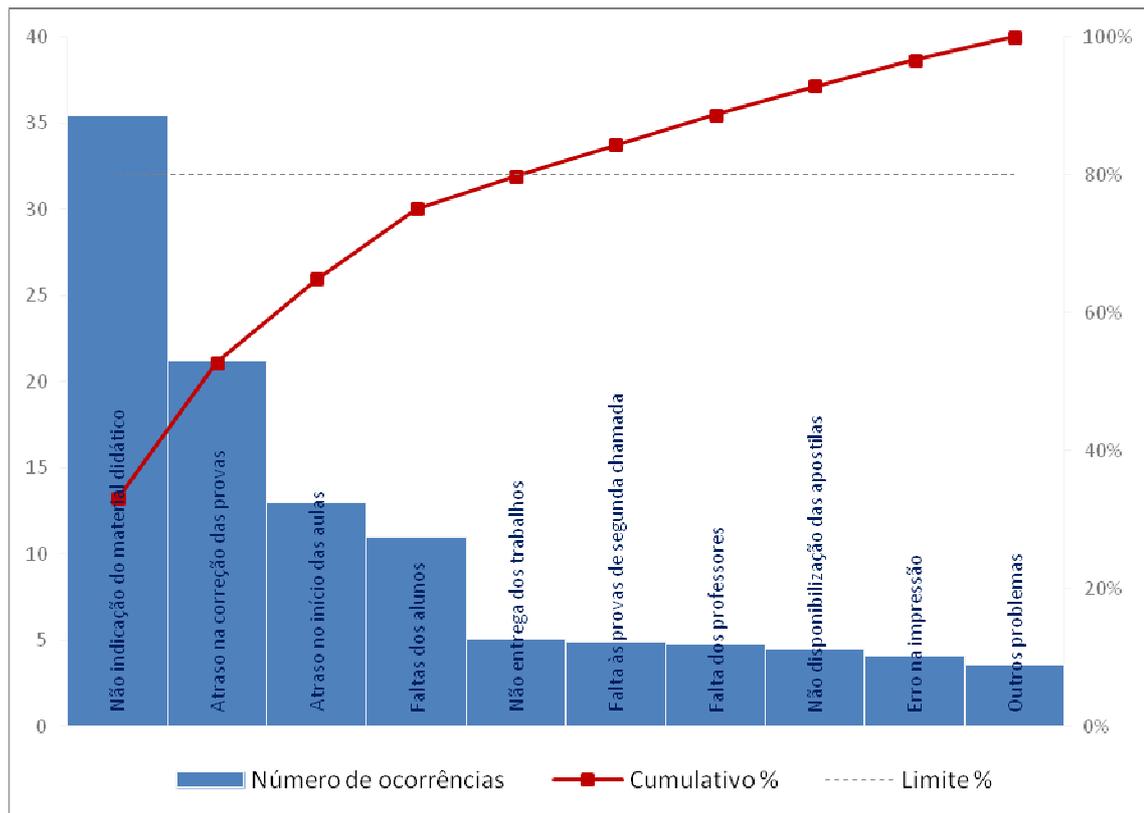


Figura 6.2: Gráfico de Pareto cumulativo

Fonte: do autor

Os gráficos de Pareto revelam duas questões importantes. A primeira é que a barra mais à esquerda indica a maior oportunidade de melhorias no processo, já que representa a fonte dos erros responsáveis pela maior parte dos defeitos.

Segundo, o gráfico de Pareto identifica os “poucos e vitais”, ou seja, aqueles cujas poucas fontes de erros representam a maioria dos defeitos ou erros. Para definir os “poucos e vitais”, deve-se procurar a escala da direita até o nível de 80%. A partir deste nível, todas as fontes à esquerda deste ponto na escala horizontal são responsáveis por 80% dos defeitos no processo.

### 5.2.2 Introduzindo a Lógica Fuzzy No gráfico de pareto

Analogamente ao que foi realizado previamente neste trabalho, verifica-se que em muitos casos o limite *crisp* de 80% pode ser uma restrição artificial. Em outras palavras, porque o nível cumulativo de 80,1% seria responsável pelo maior número de ocorrências, enquanto que o nível de 79,9% estaria fora?

A proposta é a utilização de uma função de pertinência  $\mu_A(x)$  do elemento  $x \in X$  para o conjunto de “aderência aos poucos e vitais”. O grau de aderência é chamado de variável base  $x$  do universo  $X$ . A variação de  $\mu$  vai de 0 a 1, representando “não aderente” ou “aderente”, ou seja, representando gradativamente aderência zero a aderência total ao conjunto.

A função de pertinência  $\mu_A(x)$  ao qual o caso é considerado pertencente ao conjunto *fuzzy* de “aderência aos poucos e vitais” e também pode ser expressa por uma função contínua.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÕES

Conforme previsto no seu início, o objetivo principal deste trabalho foi a criação de um índice de qualidade para projetos de engenharia civil, através da extensão do método proposto por Kenneth Rose, na qual matrizes de priorização são utilizadas para a ponderação de clientes e necessidades do projeto.

Utilizando conjuntos imprecisos (*fuzzy sets*) e a lógica *fuzzy*, o método de Rose foi aperfeiçoado, através do uso de graus de importância representados a um nível de pertinência do conjunto *fuzzy*. O nível de aderência  $\mu_A(x)$  ao qual o caso é considerado pertencente ao conjunto *fuzzy* de “Importância” é expresso por uma função contínua.

Inicialmente, foi realizado um estudo sobre como o raciocínio aproximado desempenha uma importante função no pensamento humano, e como a área de gerenciamento de projetos vem utilizando a análise sistemática da informação imprecisa. Mostrou-se a não adequação dos modelos matemáticos tradicionais para expressão de restrições, principalmente quando não existem dados estatísticos que possam dar subsídios às análises dos gerentes de projeto.

A partir destas constatações, mostrou-se que a teoria dos conjuntos imprecisos permite uma avaliação mais natural das incertezas, utilizando-se distribuições possibilísticas associadas à qualidade.

Analisando-se o PMBOK (2008), verificou-se que em pelo menos 15 dos seus trechos foi citada a existência de incertezas, abrindo um campo apreciável para a utilização da lógica imprecisa. Isto pode ser verificado através da revisão bibliográfica, onde encontramos cerca de 8 trabalhos relacionados com o tema,

cujos conceitos contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. No entanto, garantiu-se o ineditismo do tema abordado nesta tese pela inexistência de bibliografia específica abordando o tema sob a ótica proposta por este trabalho.

A aplicação da teoria dos conjuntos imprecisos foi baseada em três características distintas: utilizar variáveis lingüísticas ao invés das numéricas, caracterizar relações entre variáveis por declarações condicionais imprecisas e relações complexas por algoritmos imprecisos.

O modelo proposto atribuiu duas modificações no método proposto por ROSE (2005): substituição dos conjuntos binários por conjuntos *fuzzy* e introdução do conceito de importância relacionado aos estados “muito mais importante”, “mais importante”, “igualmente importante”, “menos importante” e “muito menos importante”. A este grau de importância foi associado a um nível de pertinência,  $\mu(x)$  do elemento  $x \in X$  para o conjunto de “importância”. O grau de importância é chamado de variável base  $x$  do universo  $X$ . A variação de  $\mu$  vai de 0 a 1, representando “não importante” ou “importante”, ou seja, representando gradativamente aderência zero a aderência total ao conjunto de importância. O resultado foi a aplicação da lógica *fuzzy* na matriz de priorização de clientes.

Utilizando-se a ferramenta Fuzzytech, foi inserido o fluxo de inferência da lógica *fuzzy* das variáveis de entrada para as variáveis de saída. A fuzzificação das interfaces de entrada traduziu as entradas analógicas para valores *fuzzy*. A inferência *fuzzy* ocorreu nos blocos de regras, contendo as regras de controle lingüístico, na qual a saída destas regras foram as variáveis lingüísticas. A defuzzificação das interfaces de saída as traduziu de volta em variáveis analógicas.

Logo, por meio da extensão de um modelo conhecido, proposto por Rose (2005), conseguiu-se chegar a uma solução que, através do uso de linguagem natural, atribui ao planejamento da qualidade um índice, que pode ser utilizado para a melhoria do próprio processo de planejamento.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

- Desenvolvimento de novos índices, relacionados com a garantia e o controle da qualidade em projetos.

- Aplicação de lógica *fuzzy* em gerenciamento de riscos de projetos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKOFF, Russel. A Concept of Corporate Planning. New York: Wiley Interscience, 1970.

ADRIAN, A.D., "Fuzzy logic diffusion in the study of business, the social sciences, philosophy, and medicine", 19th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society, 2000.

ANDRADE, Maria Margarida de. Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apresentação de citações em documentos. NBR 10520, 2002.

\_\_\_\_\_. Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. NBR 14724, 2005.

\_\_\_\_\_. Informação e documentação – Referências – Elaboração. NBR 6023, 2002.

\_\_\_\_\_. Sistemas de gestão da qualidade – Diretrizes para planos de qualidade. NBR ISO 10005, 2007.

BERKUM, Scott. The Art of Project Management. Sebastopol: O'Reilly, 2005.

BOJADZIEV, G.; BOJADZIEV, M, "Fuzzy Logic for Business, Finance and Management", Singapura: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 1997.

CHEN, S., CHANG, T., "Finding multiple possible critical paths using fuzzy PERT", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B, Volume 31, Issue 6, 2001.

EHIKIOYA, S.A., "A characterization of information quality using fuzzy logic", 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society, 1999.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas. 1999.

ISHIKAWA, K. What is quality control? The Japanese way. Tokyo, Japan: Prentice Hall of Japan, Inc., 1981.

İYIGÜN, M. G., "A Decision Support System for R&D Project Selection and Resource Allocation Under Uncertainty", *Project Management Journal* 24, no. 4, 1993.

KANGARI, R.; RIGGS, L.S., "Construction risk assessment by linguistics", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Volume 36, Issue 2, 1989.

KAUFMANN, A., GUPTA, M.M., "Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science", Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1988.

KERZNER, Harold. *Gestão de Projetos - As Melhores Práticas*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LEITE, F. A. S. *Adaptação do Modelo de Gestão de Projetos do PMI aos Empreendimentos da Construção Civil no Brasil: subsetor*. Niterói: UFF / CTC, 2001 (dissertação de mestrado).

LIMMER, Carl Vicente. *Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1997.

2006.

MOTTA, Paulo Cesar. *Serviços: pesquisando a satisfação do consumidor*. Rio de Janeiro: Papel Virtual, 1999.

NICHOLAS, John M; STEYN, Herman. *Project Management for Business, Engineering and Technology*, 3rd edition. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2008.

MUKAIDONO, Masao. *Fuzzy Logic for Beginners*. Singapore: World Scientific Publishing Co, 2001.

PARETO, Vilfredo. *Manuel d'Economie politique*. Paris: Giard et Brière, 1909.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)*. Newtown Square, 2008.

ROSE, K. H., "Project Quality Management", Boca Raton: J. Ross Publishing, 2005.

SCHOCH, Robert; MCNALLY, Robert. *Pyramid Quest: Secrets of the Great Pyramid and the Dawn of Civilization*. New York: Tarcher, 2005

SHIPLEY, M.F., DYKMAN, C.A., KORVIN, A., "Project Management: Using Fuzzy Logic and the Dempster-Shafer Theory of Evidence to Select Team Members For the Project Duration", 1999.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muzkat. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. Apostila. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Laboratório de Ensino à Distância. Florianópolis, S.C., 2000, 117p.

VALLE, A. B., "Fluxo de Potência Impreciso", *Dissertação de Mestrado*, DEE-PUC, 1994.

VARGAS, Ricardo V. Manual Prático do Plano do Projeto. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

VERGARA, Sylvia Constant. Métodos de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 2005.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2004.

VERNER, Miroslav. The Pyramids: The Mystery, Culture, and Science of Egypt's Great Monuments. New York: Grove Press, 2001

VON ALTROCK, C., "Fuzzy Logic & Neurofuzzy Applications in Business & Finance", New Jersey: Prentice Hall, 1997.

ZADEH, L.A. "Fuzzy Sets", Information and Control, pp 338 - 353, August 1965.

ZADEH, L.A. "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Vol. SMC-3, pp. 28-44. Jan. 1973.

ZADEH, L.A., "Knowledge representation in fuzzy logic", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Volume 1, Issue 1, 1989.

## APÊNDICE

## APÊNDICE I – CÓDIGO JAVA DO SISTEMA FUZZY PROPOSTO

```
/*-----*/
/*----- fuzzyTECH 5.54 Online Edition -----*/
/*-----*/
/*----- Code Generator: Java Source Code -----*/
/*----- Code Generation Date: Tue Aug 11 08:31:02 2009 -----*/
/*----- Fuzzy Logic System: TESTE -----*/
/*-----*/
/*----- (c) 1991-2003 INFORM GmbH, Pascalstr. 23, D-52076 Aachen -----*/
/*----- Inform Software Corp., 2001 Midwest Rd., Oak Brook, IL 60523 -----*/
/*-----*/
```

```
import com.fuzzytech.ftrun.Ftrun;
import com.fuzzytech.ftrun.FtrunInstantiationException;
import com.fuzzytech.ftrun.FtrunIndexOutOfBoundsException;
import com.fuzzytech.ftrun.FtrunIllegalDataTypeException;

public class TESTE extends Ftrun {
    private static char ftr16[] = {
        0x02F0, 0x0000, 0x0000, 0x00B0, 0x0260, 0x0000, 0x02F1, 0x0094, 0x0314,
        0x0040,
        0x0088, 0x00E0, 0x026A, 0x002E, 0x0274, 0x029A, 0x02F0, 0x02E2, 0x02EE,
        0x02A6,
        0x0000, 0x009A, 0x0000,
        0x0513, 0x0002, 0x0064, 0x0314, 0x0314, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0001,
        0x0000, 0xFFFF,
        0x0000, 0xFFFF,
        0x0000, 0xFFFF,
        0x8000, 0x7FFF, 0x8000,
        0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,
        0x0000,
        0x0000,
        0x0000, 0x3FFE, 0x3FFE, 0x8000,
        0x3FFE, 0x8000, 0x8000, 0xBFFF,
        0x8000, 0xBFFF, 0xBFFF, 0xFFFF,
        0x0000, 0x0000, 0x4000, 0x8000,
        0x4000, 0x8000, 0x8000, 0xBFFF,
        0x8000, 0xBFFF, 0xFFFF, 0xFFFF,
        0x0000, 0x0000, 0x3FFE, 0xFFFF, 0x8000, 0x0000, 0xFFFF, 0x0000, 0x0000,
        0x0000,
        0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,
        0x0000,
        0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000, 0x0000,
        0x0000,
        0x0000, 0x0000,
        0x0000, 0x0000, 0x3FFE, 0x0000, 0x8000, 0xFFFF, 0xBFFF, 0x0000, 0xFFFF,
        0x0000,
    }
}
```



```

0x0001, 0x0001, 0x0005, 0x0040, 0x0009,
0x0001, 0x0001, 0x0004, 0x0040, 0x0009,
0x0001, 0x0001, 0x0005, 0x0040, 0x000A};
private static byte ftr8[] = {
    (byte)0x34, (byte)0x00, (byte)0x34, (byte)0x00, (byte)0x34, (byte)0x00,
    (byte)0x34, (byte)0x00, (byte)0x34, (byte)0x00, (byte)0x34, (byte)0x00,
    (byte)0x00, (byte)0xDC,
    (byte)0x63,
    (byte)0x43, (byte)0x6F, (byte)0x6E, (byte)0x74, (byte)0x69, (byte)0x6E,
(byte)0x75,
    (byte)0x69, (byte)0x64, (byte)0x61, (byte)0x64, (byte)0x65, (byte)0x00, (byte)0x52,
    (byte)0x65, (byte)0x63, (byte)0x5F, (byte)0x44, (byte)0x65, (byte)0x73,
(byte)0x70,
    (byte)0x65, (byte)0x73, (byte)0x61, (byte)0x73, (byte)0x00, (byte)0x4C,
(byte)0x69,
    (byte)0x71, (byte)0x75, (byte)0x69, (byte)0x64, (byte)0x65, (byte)0x7A,
(byte)0x00};
private static double ftr64[] = {
    0, 1, 2e-005,
    -20000, 230000, 5,
    0, 1, 2e-005};

//Constructor
public TESTE() throws FtrunInstantiationException {
    super(ftr64, ftr16, ftr8);
}

//Public Methods: Attribute Access
public void setValue(int ioIndex, double newValue) throws
FtrunIndexOutOfBoundsException {
    try{
        setShellValue(ioIndex, newValue);
    }
    catch (FtrunIllegalDataTypeException e) {}
}
public double getValue(int ioIndex) throws FtrunIndexOutOfBoundsException {
    try{
        return getShellValue(ioIndex);
    }
    catch (FtrunIllegalDataTypeException e) {return 0;}
}

//Input 'Continuidade': Value Range: 0 .. 1
public void setContinuidade(double newValue){
    setShellVal(0, newValue);
}
public double getContinuidade(){
    return getShellVal(0);
}

```

```
//Input 'Rec_Despesas': Value Range: -20000 .. 230000
public void setRec_Despesas(double newValue){
    setShellVal(1, newValue);
}
public double getRec_Despesas(){
    return getShellVal(1);
}

//Output 'Liquidez': Value Range: 0 .. 1
public double getLiquidez(){
    return getShellVal(2);
}

}
```