

2

Fundamentação Teórica

O objetivo deste capítulo é abordar os conceitos necessários para a compreensão da metodologia proposta. O capítulo se inicia com a revisão dos fundamentos relacionados à segmentação de mercado, e termina com a apresentação de modelos *fuzzy* que podem contribuir para com o estudo de segmentação.

2.1

Segmentação de Mercado

2.1.1

Conceito de segmentação de mercado

Historicamente a segmentação de mercado surgiu com Wendell Smith (1956), que fez uma distinção entre estratégias de diferenciação de produtos (aplicando técnicas promocionais para influenciar a demanda a favor do produto) e segmentação de mercado (ajustando ofertas de mercado em diversas maneiras para satisfazer mais precisamente as exigências de clientes diferentes). Backer (1992) reconhece isso como a primeira declaração coerente de uma visão distinta de marketing de estrutura de mercado, representando um compromisso entre uma visão de mercado de um economista e o foco de cientistas comportamentais em diferenças de compradores individuais.

A segmentação de mercado baseia-se na idéia de que um só produto dificilmente pode atender às necessidades e desejos de todos os clientes, já que estes são demasiadamente numerosos, estão amplamente espalhados e são diversas as suas exigências e práticas de compras de produtos. Com efeito, um segmento de mercado bem definido possibilita uma melhor eficácia na aplicação dos ferramentais de marketing, otimizando assim os recursos disponíveis (Cobra 2003).

O processo de segmentação de mercado constitui talvez uma das atividades mais criativas do marketing, uma vez que não há uma maneira correta para se desenvolver este estudo. Diversos competidores podem adotar diferentes formas para segmentar um mesmo mercado. Todas podem ser intrinsecamente válidas, mas cada uma delas poderá levar a uma definição do mercado, a uma abordagem e, conseqüentemente, a uma estratégia diferente.

Apesar das muitas formas existentes para uma segmentação de mercado efetiva, sob a ótica do marketing, os segmentos devem atender a alguns requisitos, sendo eles (Kotler 2005):

- **Acessibilidade:** a empresa deve estar capacitada para alcançar e servir de forma adequada o segmento alvo;
- **Acionabilidade:** o segmento alvo deve ser de um tamanho apropriado para ser desenvolvido pelos recursos da organização;
- **Mensurabilidade:** o tamanho e o poder de compra do segmento alvo têm que ser capazes de serem mensurados (também definida como Identificabilidade);
- **Substancialidade:** o segmento escolhido tem que ser grande o suficiente para ser lucrativo (também denominado de Significância).

Hooley, Saundes e Piercy (2001) dividem estrategicamente a segmentação de mercado a partir de duas abordagens: *a priori* e *post-hoc*, a seguir definidas.

2.1.2

Abordagem *a priori* de segmentação

A base da abordagem *a priori* baseia-se no fato do esquema de segmentação ser conhecido desde o início, além do número de segmentos ser predeterminado em função dos critérios de segmentação adotados (Hooley, Saundes e Piercy 2001). O processo é constituído por uma pesquisa entre as características demográficas ou socioeconômicas e a identificação de quais delas formam grupos de interesse dentro do mercado em estudo. Normalmente, orienta-

se a pesquisa dos critérios mais adequados por meio de alguma expectativa sobre como o mercado poderia ser dividido.

As empresas que adotam este tipo de abordagem se beneficiam da facilidade de implantação e de custos convidativos. Porém, em função de sua própria natureza, esta abordagem utiliza métodos e critérios de domínio público, logo também acessível aos concorrentes. Outro fator de relevância associado à abordagem constitui a sua limitada capacidade de explicar os perfis de clientes que compõem o mercado.

Em virtude das diferenças entre mercados consumidores e empresariais, as empresas não utilizam exatamente as mesmas variáveis para a segmentação destes mercados. Em vez disso, utilizam um grupo de variáveis como base para segmentação do mercado consumidor e outro para o mercado empresarial (Kotler 2005). Na seção a seguir serão apresentados estes grupos e suas aplicações.

2.1.2.1

Bases para a segmentação de mercado consumidor

Na segmentação de mercados consumidores normalmente utilizam-se cinco modelos de segmentação: geográfica, demográfica, psicográfica e comportamental. A segmentação geográfica propõe a divisão do mercado em unidades geográficas, como países, estados, regiões, cidades ou bairros. A empresa pode atuar em uma ou mais áreas geográficas ou operar em todas elas com variações locais. Este modelo de segmentação apresenta uma forte orientação para o varejo, uma vez que permite a empresa identificar hábitos de consumo em determinados locais e concentrar campanhas de marketing específicas. O modelo permite ainda identificar quais produtos são mais consumidos e que quantidades devem ser estocadas em cada ponto de venda (Kotler 2005).

A segmentação demográfica é uma das mais utilizadas pelos diversos setores devido à forte relação das variáveis demográficas ao perfil de consumo dos clientes, além da facilidade de obtenção dos dados (Kotler 2005). Esta costuma utilizar variáveis como idade, sexo e ocupação para a definição dos

segmentos. A segmentação demográfica apresenta como desvantagem a possibilidade de se obter segmentos não homogêneos. Ou seja, dentro de uma mesma classe demográfica podem existir pessoas que apresentam padrões comportamentais muito diferentes.

Na segmentação psicográfica os clientes são divididos em grupos com base no seu estilo de vida, personalidade ou valores. Devido à complexidade, normalmente as empresas segmentam seus mercados a partir da classe social de seus clientes, pressupondo que os das camadas sociais mais altas tendem a gastar sua renda em satisfações futuras e as classes mais baixas em satisfações imediatas, revelando assim uma relação deste tipo de segmentação com a segmentação por estilo de vida (Hooley, Saundes e Piercy 2001).

Por fim, na segmentação comportamental, os clientes são divididos em grupos com base em seus conhecimentos sobre um produto, na atitude em relação a ele e no uso que fazem. Acredita-se que este tipo de segmentação constitui o melhor ponto de partida para se segmentar um mercado. A análise dos padrões do uso e volume consumidos pode determinar com precisão onde centralizar ou priorizar a atividade de marketing. Contudo, existem problemas relativos à concentração dos esforços de marketing apenas nos usuários intensivos.

2.1.2.2

Bases para a segmentação do mercado empresarial

O mercado empresarial pode ser segmentado a partir de variáveis semelhantes às empregadas na segmentação de mercado consumidor, como as variáveis geográficas, de benefícios procurados e índice de utilização. Porém, em função de suas particularidades, existem outras variáveis utilizadas no mercado empresarial como aquelas relacionadas ao setor de compra, porte e localização da empresa, organização de compra e política de compra, dentre outras.

Nas empresas menores, a segmentação geográfica pode ser mais atraente, limitando seus mercados àqueles que são atendidos com mais facilidade. Nos

mercados industriais e de consumo, o raciocínio essencial é de que existem grupos de compradores com necessidades diferentes, e a segmentação sob o enfoque do perfil do comprador oferece melhores resultados (Hooley, Saundes e Piercy 2001).

2.1.3

Abordagem *post-hoc* de segmentação

Diferentemente da abordagem *a priori*, o enfoque da abordagem *post-hoc* não começa com uma pré-concepção da estrutura de mercado. A análise é pretendida com o objetivo de revelar naturalmente segmentos existentes, em vez de posicionar clientes em categorias predefinidas. Essa abordagem oferece potencial para olhar o mercado sob uma nova perspectiva e identificar oportunidades não vistas pelos concorrentes. Outra vantagem desta abordagem consiste na melhor compreensão dos perfis de clientes que compõem o mercado em estudo, uma vez que diversas informações podem ser utilizadas na descoberta dos segmentos. Contudo, nesta abordagem, é necessário que o esquema de segmentação seja testado para assegurar que o resultado encontrado não seja um reflexo do conjunto de dados ou da técnica empregada. Esta característica faz com que em alguns momentos a abordagem *post-hoc* seja vista com um certo ceticismo (Hooley, Saundes e Piercy 2001).

A abordagem *post-hoc* de segmentação não emprega em seu processo o uso de variáveis predefinidas, mas um método estruturado para definir os segmentos. Este método envolve seis etapas – estabelecimento dos limites, coleta de dados, análise dos dados, validação dos segmentos, implementação da segmentação e monitoração dos resultados –, conforme mostra a Figura 1.

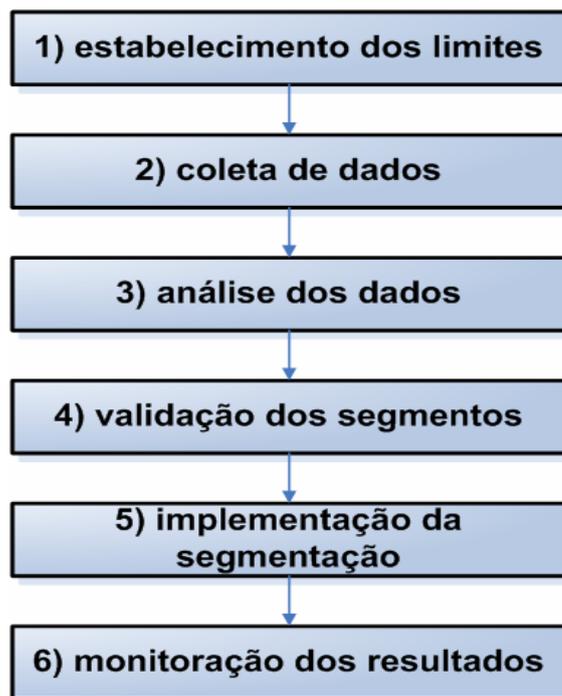


Figura 1: Processo de segmentação *post-hoc*

A etapa de estabelecimento dos limites corresponde ao alinhamento quanto aos mercados e produtos que farão parte do estudo. Neste estágio é irreal definir os objetivos financeiros de marketing, porém é necessário chegar a um acordo quanto aos mercados a serem investigados e aos benefícios desejados.

Na etapa de coleta dos dados, faz-se necessário ser específico quanto às questões a serem investigadas. Esta etapa costuma ser dividida em duas etapas de pesquisa: qualitativa e quantitativa. As técnicas qualitativas, como grupos de discussões, são tipicamente usadas para identificar atitudes relevantes, ou benefícios procurados. Para a segmentação ser benéfica é vital que este tipo de pesquisa seja empreendido de forma exaustiva, para garantir que todos os benefícios possíveis do produto ou serviço sejam explorados a fundo (Hooley, Saundes e Piercy 2001). Depois da pesquisa qualitativa, um estudo de segmentação irá, usualmente, envolver uma pesquisa quantitativa para fornecer informação representativa de uma população, ou do mercado a ser estudado. Estes resultados serão utilizados posteriormente na análise de agrupamento para a definição dos segmentos.

A análise de agrupamento permite que sejam utilizadas quaisquer bases de informação, mas a experiência mostra que os melhores critérios são os que relacionam a atitude e o comportamento em relação à classe de produto como, por exemplo, taxa de uso, benefícios procurados, comportamento de compra, dentre outros (Hooley, Saundes e Piercy 2001).

Normalmente os dados coletados são divididos em dois grupos: aqueles utilizados em conjunto com a análise de agrupamento para formar os segmentos, e aqueles usados para ajudar a descrever os segmentos depois de construídos. Uma vez os dados coletados, estes precisam ser analisados para identificar a existência de algum grupo ou agrupamento em sua estrutura. Para esta tarefa, são utilizados algoritmos específicos chamados de modelos de agrupamento.

Um dos problemas deste tipo de modelagem consiste na sua boa capacidade de definir grupos, aparentemente significantes, a partir de dados sem significado. Neste sentido, a etapa de validação dos segmentos surge como alternativa, no sentido de atestar a validade dos segmentos encontrados. Existem diversas formas de efetuar a validação dos segmentos, entre as quais o método de validação cruzada, que consiste na divisão do conjunto de dados em dois grupos, onde o primeiro é utilizado para descobrir os grupos de clientes existentes e o segundo, para validar os resultados.

As etapas de implementação da segmentação e monitoração dos resultados podem ser observadas não como um estágio do processo de segmentação, mas como a sua finalidade. Nelas, serão descritos e monitorados os resultados das estratégias e ações de cada segmento.

A Tabela 1 apresenta, de forma resumida, as abordagens de segmentação *a priori* e *post-hoc*.

Tabela 1: Resumo das abordagens *a priori* e *post-hoc* de segmentação.

	A priori	Post-hoc
Variáveis	Pré-definidas em função das bases de segmentação	Em função do problema de segmentação em estudo
Processo de segmentação	Divisão do mercado a partir das variáveis selecionadas	Processo natural a partir de modelos de agrupamento
Vantagens	Baixo custos de implantação Tempo reduzido Fácil entendimento	Conhecimento dos segmentos Aderência às estratégias de marketing
Desvantagens	Domínio público Pior conhecimento dos segmentos	Conclusões equivocadas Alto custo de implantação Longo tempo de implantação

A seguir serão descritas as particularidades do mercado bancário e suas influências nos modelos de segmentação adotados.

2.2

Marketing Bancário

2.2.1

Conceito de marketing bancário

O marketing bancário no Brasil teve sua origem nos anos 80, como uma alternativa para suprir a demanda por informações de clientes e empresas estrangeiras que começavam a sinalizar a possibilidade de investimentos no país. Nesta ocasião, o marketing bancário limitava-se ao conceito de propaganda e promoção de vendas.

Atualmente o setor bancário é caracterizado pela alta competitividade e pela tendência à redução de suas margens. Um dos fatores que contribuem para este cenário é à entrada de novos competidores, destacando-se as empresas que atuam no mercado de distribuição de títulos de valores mobiliários, e investidores institucionais como cooperativas de crédito, empresas de *leasing* e de *factoring*.

No âmbito legal, verifica-se uma tendência de desregulamentação e liberalização do setor, como evidenciado nas recentes propostas do Conselho Monetário Nacional. O objetivo é a adoção da livre opção bancária e da portabilidade do crédito, além da inclusão das relações de natureza bancárias no Código de Defesa do Consumidor, fornecendo maior poder de barganha e fortalecendo os direitos dos clientes.

Entretanto, apesar da tendência de desregulamentação, o setor ainda sofre com as fortes restrições governamentais. O Governo como orientador e disciplinador da economia, pode controlar a atividade dos bancos através de organismos especializados, como o Conselho Monetário Nacional, Banco Central e a Comissão de Valores Mobiliários. Por outro lado, as normas e decretos podem representar uma forte restrição de caráter legislativo ao seu desenvolvimento (Toledo 1978). Ou seja, o esforço do Governo para a manutenção de um sistema financeiro saudável, orientado para proteger o público e as próprias instituições, pode atuar como um fator limitante à inovação no setor, principalmente no que se refere à concepção de novos produtos ou serviços e políticas de preços, itens de maior controle normativo. Como consequência, observa-se que os produtos ou serviços oferecidos pelos bancos acabam sendo pouco diferenciados, ou *commodities*.

Neste cenário, o uso da tecnologia, principalmente na automação do atendimento, tem se apresentado como uma arma importante para a redução dos custos, geração de valor agregado e diferenciação de produtos e serviços. A tecnologia também contribuiu significativamente para o aumento da capilaridade, disponibilizando novos canais de baixo custo como sites na internet ou *home bank*, acesso via WAP em celulares e *call center*. Por outro lado, os investimentos em tecnologia limitam a atuação das pequenas instituições, contribuindo para a tendência a fusões e aquisições no setor, acirrando a competitividade.

Todos estes fatores conjugados contribuem para a competição entre os bancos e fazem com que estes passem a buscar novas formas de obtenção de lucro, adotando estratégias de marketing agressivas por meio de um estreito relacionamento com o cliente. Porém, a orientação ao cliente pressupõe um

profundo conhecimento das necessidades, desejos e expectativas dos consumidores. Alguns clientes se contentam com a rede de caixas eletrônicos e com o banco por telefone, isto é, estão atualizados em matéria de microcomputador e gostam de contatar o banco pela rede eletrônica. Por outro lado, há outros, e são muitos, que requerem um atendimento personalizado (Matias 1997). Neste sentido, a segmentação de mercado atua como uma ferramenta que serve ao marketing, no sentido de compreender as necessidades, desejos e expectativas dos diferentes perfis de clientes que compõem o mercado em estudo.

A próxima subseção descreve o conceito de segmentação de mercado e sua aplicação no setor bancário, além dos desafios ainda não superados.

2.2.2

Segmentação do mercado bancário

Os primeiros modelos de segmentação adotados pelos bancos baseavam-se nos produtos comercializados. A principal desvantagem destes modelos é o fato de apresentarem uma visão fragmentada e limitada dos clientes, em função do tipo de operação realizada.

A evolução deste modelo deu-se em função da segmentação dos clientes a partir de sua renda, existindo dois tipos de conta: a comum e a especial. Esta evolução, apesar de ter substituído o “foco no produto” pelo “foco no cliente”, ainda não subsidia o marketing com informações relevantes sobre o perfil dos clientes.

Atualmente os grandes bancos continuam a dividir seus mercados a partir da receita de seus clientes, porém, agora, com a inserção de variáveis relacionadas ao volume de negócios que o cliente mantém com o banco. Tal fato representa mais uma evolução, pois permite desenvolver estratégias para fornecer um tratamento diferenciado àqueles clientes que estão mais próximos da empresa, aumentando a sua fidelidade. Estes modelos apresentam uma segmentação padrão, diferenciando os clientes basicamente em três segmentos: *Consumer*, *Private* e

Corporate. Estes segmentos costumam ainda ser subdivididos a partir de outros fatores que variam de acordo com cada banco (Rocha e Turek 2005).

O segmento *Consumer* trabalha com o grande público. Um dos principais interesses dos bancos que atuam neste mercado é o ganho de escala por meio de investimentos maciços em tecnologia, objetivando a automação dos serviços e redução dos custos. Os serviços financeiros oferecidos costumam ser básicos e as taxas mais elevadas. Para este segmento os bancos têm se preocupado em aumentar a eficiência no atendimento e proporcionar vantagens. Um dos principais desafios do varejo é atender pessoas que usam o banco apenas para pagar contas e não compram produtos rentáveis, como seguros e títulos de capitalização. Estes clientes se servem da infra-estrutura, porém não geram volumes significativos de negócio, não sendo tão atrativos para a maioria dos bancos.

O *Private* atende à necessidade de administração do patrimônio de pessoa física com alta renda, de acordo com o perfil do cliente e de sua tolerância ao risco, sempre com uma perspectiva de médio e longo prazo. Inclui o atendimento personalizado feito por profissionais altamente qualificados e possibilidades de investimentos em aplicações financeiras sofisticadas e rentáveis. Entre os investidores da carteira *Private* estão empresários, profissionais liberais como médicos e advogados, além de ex-empresários que venderam seus negócios e detêm recursos expressivos. O objetivo deste segmento é oferecer um atendimento diferenciado, que considere as necessidades específicas de cada investidor, não se limitando à gestão de recursos, mas cuidando do patrimônio do cliente de forma ampla. Os clientes deste segmento encontram vantagens como: isenções de tarifas bancárias, empréstimos por taxas mais baixas, fundos de investimento exclusivo, e até mesmo produtos de outros bancos – para preencher eventuais lacunas na oferta –, assessoria tributária e imobiliária.

Por fim, o segmento *Corporate* é composto por empresas que recebem dos bancos diversos serviços especializados. Algumas instituições financeiras subdividem este segmento de acordo com o faturamento das empresas. Este nível de detalhamento é essencial para que o banco acompanhe e preste um atendimento

no nível de exigência do cliente corporativo. Os produtos e serviços oferecidos aos clientes destes segmentos são muito diferentes do que os elaborados para clientes pessoa física. O papel do banco é muito mais o de acompanhar, prestar consultoria e serviços em geral do que a venda de produtos, foco principal do varejo.

A seção seguinte apresenta os conceitos de Lógica *Fuzzy*, que será utilizada nos modelos de segmentação e extração de regras para a caracterização dos segmentos e classificação de novos clientes.

2.3

Lógica *Fuzzy*

2.3.1

Conceitos e fundamentos

Analisando as relações entre as pessoas pode-se observar que a comunicação entre elas é carregada de incertezas e ambigüidades. Quando uma pessoa comenta com a outra que está satisfeita com o atendimento de um banco não se consegue obter uma idéia exata da sua satisfação. Ou seja, as pessoas se comunicam por meio de expressões e adjetivos incapazes de sintetizar exatamente suas percepções, tornando complexo o desenvolvimento de modelos matemáticos que as expliquem.

O conceito de conjuntos *fuzzy* foi introduzido em 1965 por L. A. Zadeh, que percebeu que o conhecimento humano é incerto, incompleto e impreciso, e que a complexidade do sistema depende da forma como as variáveis são representadas e manipuladas. A partir disto, Zadeh (1965) definiu o princípio da incompatibilidade:

“... Quando a complexidade do sistema cresce, nossa habilidade para tornar as proposições precisas diminui até um limiar que está fora do nosso alcance. Isto torna a precisão e a relevância duas características excludentes.”

A teoria *fuzzy* provê um método de traduzir expressões verbais, vagas, imprecisas e qualitativas, comuns na comunicação humana, em valores numéricos. Isto possibilita a conversão do conhecimento humano em uma forma compreensível pelos computadores.

Nas seções seguintes serão apresentados os conceitos relacionados aos conjuntos *fuzzy* e sua extensão na lógica proposicional, por meio da propriedade isomórfica que une a teoria dos conjuntos a lógica proposicional, e que formam a base teórica dos sistemas de inferência *fuzzy*.

2.3.1.1

Conjuntos *Fuzzy*

Sob a ótica da teoria clássica de conjuntos existem três maneiras de se definir um conjunto A em um universo de discurso X . A primeira consiste em listar ou identificar todos os elementos $x \in A$. A outra maneira resulta na definição de uma condição que explique $x \in A$, onde A pode ser definido como $A = \{x \mid x \text{ atende a uma condição}\}$. Alternativamente a estas formas o conjunto A pode ser representado por meio de sua função característica a partir da Equação 1.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

Um conjunto *fuzzy* F , definido em universo de discurso X , pode ser caracterizado por meio de sua função de pertinência μ_F , a qual assume valores no intervalo $[0,1]$. Um conjunto *fuzzy* constitui a generalização de um conjunto *crisp*, o qual assume apenas dois valores, zero e um. A função de pertinência provê um grau de similaridade de um elemento de U para o conjunto *fuzzy* (Mendel 1995). Esta função pode ser descrita pela Equação 2.

$$\mu_F : X \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

O conjunto *fuzzy* pode ser representado genericamente considerando cada elemento do conjunto como um par ordenado $(x, \mu_F(x))$ onde x é um elemento do universo de discurso X , F o conjunto *fuzzy* e $\mu_F(x)$ o valor do grau de pertinência do elemento x contido no universo de discurso X ao conjunto *fuzzy* F . A Equação 3 descreve a representação formal.

$$F = \{(x, \mu_F(x)) \mid x \in X\} \quad (3)$$

Esta representação assume para conjuntos *fuzzy* discretos, a forma da Equação 4 e para conjuntos contínuos a forma da Equação 5.

$$F = \{(x_1, \mu_F(x_1)), (x_2, \mu_F(x_2)), (x_3, \mu_F(x_3)), \dots, (x_n, \mu_F(x_n)), \dots\} \quad (4)$$

$$F = \{(x, \mu_F(x)) \mid \mu_F(x) = f(x), x \in X\} \quad (5)$$

Conjuntos *fuzzy* contínuos podem ser representados graficamente, conforme exemplificado na Figura 2, que apresenta o conjunto *fuzzy* "satisfeito".

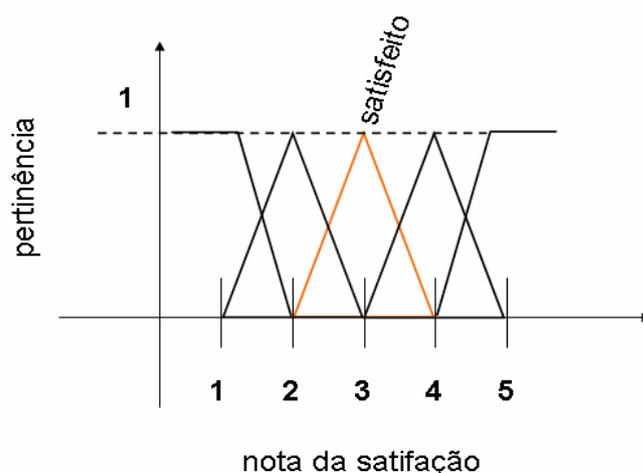


Figura 2: Representação gráfica do conjunto *fuzzy* "satisfeito"

Matematicamente este mesmo conjunto *fuzzy* F “satisfeito” poderia ser representado a partir da Equação 6.

$$F = \begin{cases} x - 2, x \in [2,3] \\ 4 - x, x \in [3,4] \\ 0, cc \end{cases} \quad (6)$$

Outro conceito relacionado à teoria de lógica *fuzzy* é o de variável lingüística. A variável lingüística pode ser definida como uma variável cujo domínio é constituído por termos da linguagem associados a um determinado conceito. Em uma variável lingüística os valores não são números, mas palavras ou sentenças relacionadas a números de um universo em discurso, e sua caracterização é menos específica que somente números (Zadeh 1975). Por exemplo, pode-se dizer que a variável lingüística satisfação quanto ao atendimento é composta pelos termos: insatisfeito, pouco satisfeito, satisfeito, muito satisfeito, satisfeííssimo; onde cada termo representa um conjunto *fuzzy*. A partir disto, pode-se representar a variável lingüística satisfação quanto ao atendimento por meio da Figura 3.

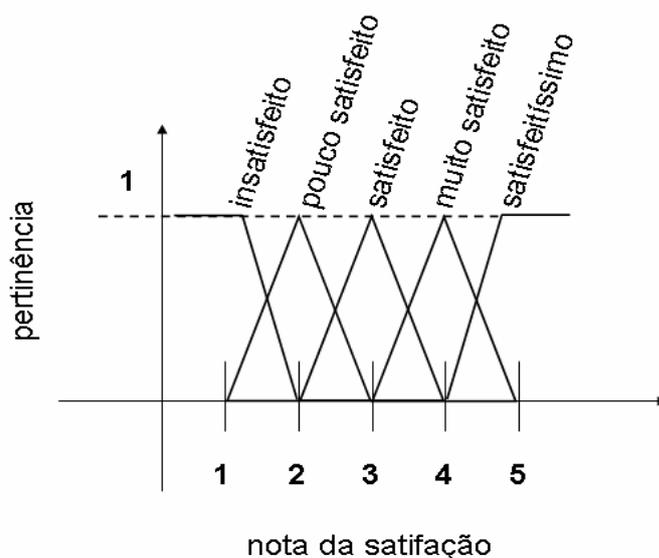


Figura 3: Representação gráfica da variável lingüística “satisfação quanto ao atendimento”

As variáveis lingüísticas encapsulam as propriedades imprecisas em uma aplicação computacional. Devido a sua simplicidade, reduzem a complexidade na modelagem de um sistema.

2.3.1.2

Definição das operações

Uma vez definidos os conjuntos *fuzzy* faz-se necessário apresentar algumas operações que permitam manipulá-los. Seja A e B conjuntos *fuzzy* representados por suas funções de pertinência $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$. Segue uma das possíveis definições das três operações básicas: união, interseção e complemento, conforme definidas por Zadeh.

A interseção dos conjuntos *fuzzy* A e B , definida como:

$$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad (7)$$

Esquemáticamente pode-se representar a operação a partir da Figura 4.

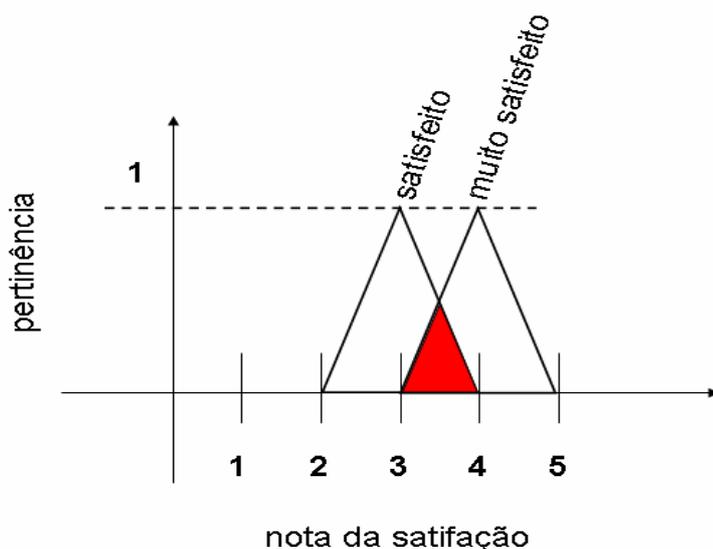


Figura 4: Representação gráfica da operação de interseção dos conjuntos *fuzzy* "satisfeito" e "muito-satisfeito"

A união dos conjuntos *fuzzy* A e B , definida como:

$$\mu_{(A \cup B)}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad (8)$$

Esquemáticamente pode-se representar a operação a partir da Figura 5.

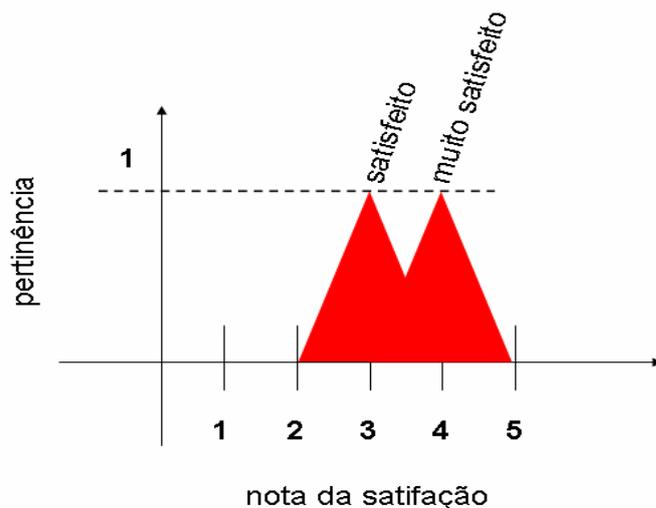


Figura 5: Representação gráfica da operação de união dos conjuntos *fuzzy* “satisfeito” e “muito-satisfeito”

A negação de um conjunto *fuzzy* A , definida como:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (9)$$

Esquemáticamente pode-se representar a operação a partir da Figura 6.

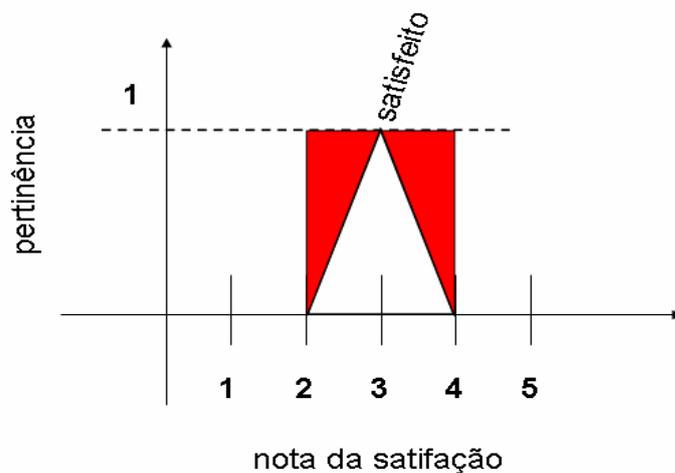


Figura 6: Representação gráfica da operação de negação do conjunto *fuzzy* “satisfeito”.

2.3.1.3

Outros operadores para operações com conjuntos *fuzzy*

Posteriormente a estas definições, foram introduzidas outras definições para as operações de união e interseção de conjuntos *fuzzy*, sendo eles os operadores: *conorma-t* (ou *norma-s*) e *norma-t*, respectivamente. Os operadores *conorma-t* são representados por \oplus . Já os operadores *norma-t* são representados por $*$. A seguir as Equações 10, 11, 12 apresentam possíveis operações *norma-t* e as Equações 13, 14, 15 possíveis operações *conorma-t* (Tanscheit 2005).

$$x * y = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (10)$$

$$x * y = \max(0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1) \quad (11)$$

$$x * y = 1 - \min\{1, [(1 - \mu_A(x))^p + (1 - \mu_B(x))^p]^{1/p}\}, p > 0 \quad (12)$$

$$x \oplus y = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (13)$$

$$x \oplus y = \min(1, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1) \quad (14)$$

$$x \oplus y = \min\{[(\mu_A)^p + (\mu_B)^p]^{p/2}, p > 0\} \quad (15)$$

2.3.2

Funções de implicação

Um dos componentes mais importantes de um sistema de inferência *fuzzy* são suas regras. Estas regras podem ser expressas por meio de implicações lógicas sob a forma SE-ENTÃO como, por exemplo, SE u é A , ENTÃO v é B , onde $u \in U$ e $v \in V$ (Mendel 1995). Uma regra representa um tipo de relação entre A e B , onde sua função de pertinência é definida por $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$.

As funções de implicação mais utilizadas são min e produto (Mendel 1995). Para sentenças com um antecedente apenas, do tipo SE x é A ENTÃO y é B , onde $x \in X$ e $y \in Y$, tem-se por 16 a implicação min e por 17 a implicação produto.

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) \quad (16)$$

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \quad (17)$$

A combinação de n relações é realizada pelo conectivo “ou”, descrita abaixo na Equação 18.

$$\mu_{A \rightarrow B^n}(x, y) = \bigvee_{j=1}^n (\mu_{A_j}(x) \wedge \mu_{B_j}(y)) \quad (18)$$

O uso de conectivo “ou” pode ser dado pelo operador *max*, representando a união das *n* relações.

2.3.3

Regras de inferência composicional

Na lógica *fuzzy* o Modus Ponens é estendido para o Modus Ponens Generalizado representado da seguinte maneira: Premissa I: “u é A*”; Premissa II: “SE u é A ENTÃO v é B”; Conseqüência: “v é B*”. Comparando o Modus Ponens ao Modus Ponens Generalizado vê-se a diferença, onde o conjunto *fuzzy* A* não é necessariamente o mesmo do antecedente da regra, e o conjunto B* não é necessariamente o mesmo do conseqüente (Mendel 1995). Com efeito, $\mu_{B^*}(y)$ é obtido de forma geral a partir da composição *sup-star* apresentada pela Equação 19, onde o *sup* é substituído pelo *max* quando o conjunto é finito.

$$\mu_{B^*}(y) = \sup_{x \in A^*}([\mu_{A^*}(x) * \mu_{A \rightarrow B}(x, y)]) \quad (19)$$

Normalmente utilizam-se as relações *max-min*, representada pela Equação 20, ou *max-produto*, representada pela Equação 21, para o cálculo de $\mu_{B^*}(y)$ (Mendel 1995).

$$\mu_{B^*}(y) = \max[\min(\mu_A(x), \mu_B(y))] \quad (20)$$

$$\mu_{B^*}(y) = \max[(\mu_A(x)\mu_B(y))] \quad (21)$$

2.3.4

Sistemas de inferência *fuzzy*

Os Sistemas de Inferência *Fuzzy* SIF foram inicialmente concebidos como sistemas de controle. Porém, estes sistemas são capazes de aproximar qualquer função contínua não linear a partir de um conjunto compacto de regras lingüísticas

(Mendel 1992). O SIF é composto por quatro componentes básicos: fuzzificador, base de regras, máquina de inferência e o defuzzificador. O esquema básico pode ser visto na Figura 7.

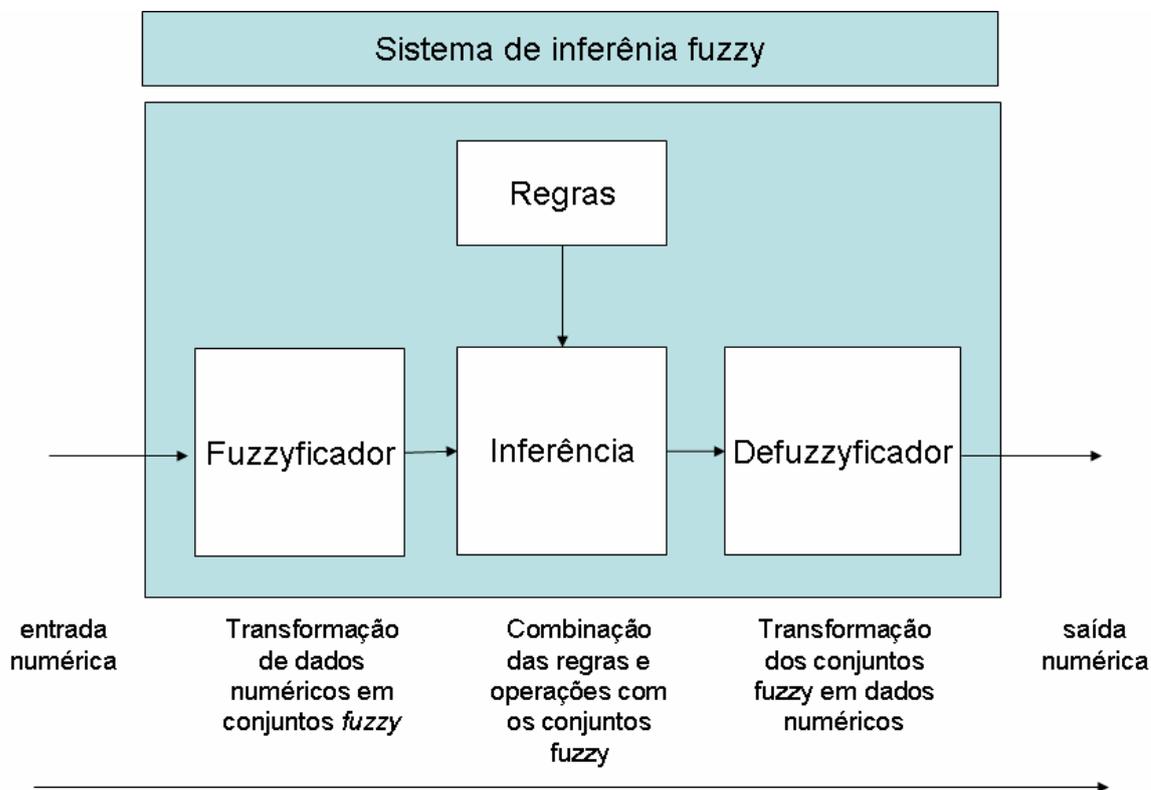


Figura 7: Modelos de sistema de inferência *fuzzy*

O primeiro componente, fuzzificador, transforma o padrão a ser classificado, um vetor cujas coordenadas são valores correspondentes aos atributos característicos do objeto, em um vetor de pertinência correspondente aos subconjuntos *fuzzy* da partição do universo de discurso do atributo. O fuzzificador mapeia os pontos do universo de discurso em conjuntos *fuzzy* (Mendel 1995). Os graus de pertinência associados ao padrão de entrada são os graus de adequação dos antecedentes das regras *fuzzy*, que compõem a base de regras do SIF, isto é, o grau de adequação de cada expressão do tipo “ x_j é A_{ij} ” que aparece nos antecedentes das regras (Branco 2004).

A base de regras constitui um conjunto de regras do tipo SE-ENTÃO que podem ser expressas a partir da Equação 22.

$$R^{(0)}: \text{SE } u_1 \text{ e } F_1 \text{ e } u_2 \text{ e } F_2 \text{ e } \dots u_p \text{ e } F_p \text{ ENTÃO } v \text{ é } G' \quad (22)$$

A máquina de inferência utiliza os princípios da lógica *fuzzy* para combinar as regras contidas na base de regras, relacionando conjuntos *fuzzy* de entrada em conjuntos *fuzzy* de saída (Mendel 1995). No estágio de inferência ocorrem as operações com conjuntos *fuzzy*: combinação dos antecedentes das regras, relações de implicação e regras de inferência composicional. O defuzzificador transforma o conjunto *fuzzy* de saída em um número preciso de saída.

2.3.5

Método de geração automática de regras

Apesar de na maioria das aplicações de sistemas *fuzzy* a base de regras ser gerada a partir do conhecimento de especialistas, Mendel e Wang (Mendel 1992) propuseram um método automático de geração da base de regras a partir de dados históricos. A geração automática de regras *fuzzy* a partir de um conjunto de pares de entrada-saída, e o uso destas na definição de um mapeamento $f : (x_1, x_2) \rightarrow y$ pode ser resumida em cinco etapas (Mendel 1992).

A primeira consiste na divisão de cada intervalo do universo de discurso em $2N+1$ regiões, N podendo ser diferente para cada variável, e o comprimento destas regiões iguais ou não. Ao final, para cada região deverá ser designada uma função de pertinência (Mendel 1992).

A segunda etapa é responsável por gerar as regras *fuzzy* a partir de um par de dados de entrada e saída. Nesta, primeiro deve-se determinar o grau de pertinência do par vetor de entrada - saída $(x^{(i)}_1, x^{(i)}_2 \text{ e } y^{(i)})$ nas regiões definidas na etapa anterior. Como um exemplo hipotético, assume-se que: $x^{(1)}_1$ apresenta grau de pertinência de 0,8 no conjunto B_1 , 0,2 em B_2 e 0 nos demais. Similarmente $x^{(1)}_2$ apresenta grau de pertinência 0,7 em S_1 , 0,4 em S_2 e 0 nos demais. Por fim, a saída $y^{(1)}$ apresenta grau 0,9 em CE , 0,1 em B_1 e 0 para os demais. Em seguida, escolhe-se os conjuntos, para cada variável de entrada e saída - $x^{(i)}_1, x^{(i)}_2 \text{ e } y^{(i)}$, cujo grau de

pertinência seja maior. Neste exemplo, tem-se: $x^{(1)}_1$ é B_1 , $x^{(2)}_2$ é S_1 e $y^{(1)}$ é CE . Finalmente obtém-se a regra para o par de entrada-saída a partir da Equação 22.

$$R^{(j)}: \text{SE } x_1 \text{ é } B_1 \text{ e } x_2 \text{ é } S_1 \text{ ENTÃO } y \text{ é } CE \quad (22)$$

Após concluir a segunda etapa, é provável que existam vários conjuntos de pares de entrada-saída, gerando um grande número de regras, podendo estas, em alguns momentos, terem o mesmo antecedente, mas com conseqüentes diferentes. Na terceira etapa são atribuídos graus de pertinência para cada regra gerada, permanecendo a que apresentar o maior valor. Este grau é obtido pela Equação 23.

$$D(\text{rule}) = m_A(x_1)m_B(x_2)m_C(x_3) \quad (23)$$

A quarta etapa corresponde à criação de uma base de regras que reúna todas as regras geradas a partir dos pares de dados de entrada-saída. Por fim, a quinta etapa corresponde à estratégia de defuzzyficação que será utilizada para determinar a saída do sistema.

2.3.6

Método de seleção de características baseado no modelo ANFIS

Uma das dificuldades que existe no emprego de modelos *fuzzy* em problemas de classificação é o grande número de regras que podem ser geradas a partir das variáveis que compõem o estudo. Como contra medida existem métodos para seleção de características que podem ser empregados para redução do número de variáveis e, conseqüentemente, redução do número de regras.

O método de seleção de características baseado no modelo ANFIS seleciona as entradas com base na possibilidade destas conduzirem a um ótimo desempenho do modelo. Utilizando como entradas atributos da base de dados escolhidos dois a dois, treina-se o sistema, durante um certo número de ciclos

especificado, e, em seguida, calcula-se o erro de classificação para esses dois atributos. Após, escolhe-se um novo par de atributos, treina-se o sistema pelo mesmo número de ciclos, até que todas as configurações de pares de entrada tenham sido testadas. Posteriormente, as duplas de entradas são listadas em ordem crescente do valor do erro, selecionando-se as entradas de menor erro (Gonçalves, 2001). A Figura 2 apresenta o sistema ANFIS simplificado para duas entradas.

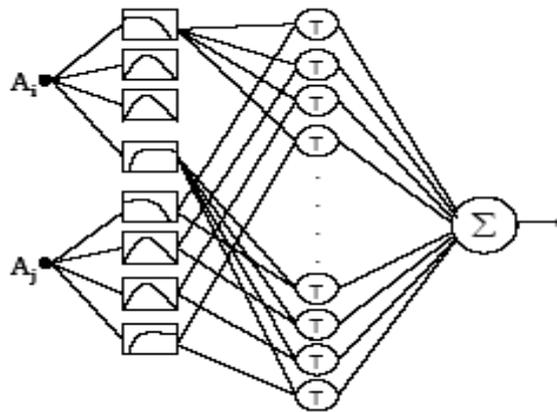


Figura 8: Sistema ANFIS simplificado (2 entradas) para seleção de características

Em função do grande número de variáveis contidas nos estudos de segmentação, e seus impactos no número de regras geradas, este método foi incorporado ao modelo de segmentação proposto.

2.3.7

Modelos Neuro-Fuzzy Hierárquicos Binários (NFHB)

Os sistemas neuro-fuzzy combinam a capacidade de aprendizado das redes neurais ao poder de interpretação lingüístico dos sistemas de inferência *fuzzy*. A idéia básica de um sistema neuro-fuzzy é implementar um sistema de inferência *fuzzy* em uma arquitetura paralelamente distribuída de modo que os conceitos de aprendizado, comuns às redes neurais, possam ser aproveitados nessa arquitetura híbrida (Fonseca, Neto e Souza 2004).

Estes sistemas realizam, internamente, um mapeamento entre as regiões do espaço de entrada e saída por meio de regras *fuzzy*. As regiões *fuzzy* do espaço de E/S são determinadas no processo de identificação da estrutura, que consiste na divisão destes espaços a partir de um método de partição, onde para cada partição, é associado um termo lingüístico utilizado nas regras *fuzzy* como, por exemplo, alto e baixo.

O particionamento do espaço de entrada indica a forma como as regras *fuzzy* estão relacionadas com espaço de entrada e saída. O particionamento mais comum é o em grade, que possui como restrição o número de possíveis variáveis de entrada. Os sistemas Neuro-Fuzzy Hierárquico Binário (NFHB) utilizam um particionamento recursivo denominado BSP (Binary Space Partitioning). Este se apresenta de forma flexível e minimiza o problema do crescimento exponencial do número de regras, pois só cria novas regras localmente, conforme o conjunto de treinamento. Sua vantagem é permitir a criação de sistemas que construam sua própria estrutura de forma automática (Fonseca, Neto e Souza 2004).

Por conta do grande número de variáveis presentes nos estudos de segmentação, o modelo NFHB também foi testado e comparado com o método de geração automático de regras proposto por Mendel (1992), objetivando a análise de qual método se apresenta mais aderente às necessidades desta aplicação.

2.3.8

Modelos de agrupamento

Os métodos de agrupamento são modelos de classificação não supervisionados, onde cada agrupamento contém dados com características similares. Esses agrupamentos determinam um modelo para a estrutura de dados e, se analisados adequadamente, podem revelar informações importantes (Vale 2005). Na segmentação de mercado esta técnica permite que se encontrem diferentes grupos de clientes, possibilitando que a empresa conheça quais são os perfis que compõem a sua base.

Os algoritmos de agrupamento são classificados em dois grupos distintos: hierárquicos e particionais. Nos métodos hierárquicos os dados são sucessivamente divididos de forma a produzir uma representação hierárquica dos objetos. Os métodos particionais baseiam-se na minimização de uma função custo, onde os padrões são agrupados em um número de agrupamentos pré-definido.

De maneira similar aos métodos particionais os modelos de agrupamento *fuzzy* baseiam-se na minimização de uma função custo. Porém, os modelos *fuzzy* atribuem a cada objeto um grau de pertinência para cada grupo resultante da aplicação, podendo desta forma, um objeto pertencer a mais de um grupo com variados graus de pertinência.

A principal vantagem dos agrupamentos *fuzzy* em relação aos demais métodos particionais está no fato de representar com muito mais detalhes a informação sobre a estrutura dos dados (Vale 2005).

2.3.8.1

Fuzzy C-means (FCM)

O FCM constitui um modelo largamente utilizado para o agrupamento de um conjunto de objetos. Este produz a descrição de uma estrutura de agrupamento *fuzzy*, a partir de um conjunto de exemplos, por meio de um processo iterativo de solução da Equação 24 (Bezdek 2001).

$$\min_{(U,v)} \{ J(U,v) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n U_{ik}^m \|x_k - v_i\|_A^2 \}, m > 1 \quad (24)$$

Onde x_k corresponde ao vetor com as características do objeto, v_i o vetor que expressa o centro das categorias, U a matriz com o grau de pertinência do ponto k na categoria i , representado por μ_{ik} .

A variável m representa uma medida de nebulosidade. Quando m tende a 1, a matriz U tende a ser rígida, ou seja, um elemento poderá pertencer somente a uma categoria com grau 1 (Vale 2005). Não existe um valor pré-definido para m apesar de $m=2$ ser considerado uma escolha razoável para o parâmetro (Bezdek 2001).

A matriz U deve seguir as seguintes duas condições, representadas pelas Equações 25 e 26.

$$\sum_{i=1}^c (\mu_{ik}) = 1, \forall J \quad (25)$$

$$0 < \sum_{i=1}^c (\mu_{ik}) < n, \forall J \quad (26)$$

A Equação 25 garante a condição de que o somatório dos graus de inclusão de uma amostra em todas as categorias deve ser igual a 1, enquanto que a Equação 26 garante que nenhuma categoria pode estar vazia ou conter todos os elementos (Muotinho e Silva 2002).

O algoritmo FCM busca solucionar a Equação 24 a partir da otimização da função J_m com base nas variáveis U e v . O algoritmo FCM pode ser representado a partir de quatro fases (Bezdek 2001):

1. FCM 1 – Fixe m , c e ε , satisfazendo $m > 1$, $1 < c < n$ e $\varepsilon > 0$. Após, defina aleatoriamente $v^{(r)}$ que corresponde aos centros dos agrupamentos e $r=0$ a iteração.
2. FCM 2 – Calcule 27 por meio de 28 utilizando $1 < i < c$ e $1 < k < n$

$$U^{(r+1)} = \arg \min_m \{J(U, v^{(r)})\} \quad (27)$$

$$U_{ik}^{(r+1)} = (D_{ik}^{1/(1-m)}) / (\sum_{j=1}^c D_{jk}^{1/(1-m)}) \quad (28)$$

$$D_{ik} = \|x_k - v_i\|_A^2 \quad (29)$$

3. FCM 3 – Calcule 30 por meio de 31 utilizando $1 < i < c$ e $1 < j < s$

$$v^{(r+1)} = \arg \min_m \{J(U^{(r+1)}, v)\} \quad (30)$$

$$v_{ik}^{(r+1)} = (\sum_{k=1}^n (U_{ik}^{(r+1)})^m x_{kj}) / (\sum_{k=1}^n (U_{ik}^{(r+1)})^m) \quad (31)$$

4. FCM 4 – Compare $v(r+1)$ com $v(r)$ usando $\|v(r+1) - v(r)\| < \varepsilon$.

Caso a expressão seja verdadeira, pare o algoritmo; caso contrário continue.

O algoritmo FCM foi empregado na definição dos segmentos da metodologia proposta em função da possibilidade de análise dos graus de pertinência de cada cliente, permitindo o desenho de ações específicas de marketing para os clientes que estão entre segmento.

O capítulo 3 descreverá a aplicação dos modelos apresentados na construção desta metodologia.