

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DE CRÉDITO BANCÁRIO:  
UM SISTEMA ESPECIALISTA COM TÉCNICAS DIFUSAS  
PARA OS LIMITES DA AGÊNCIA**

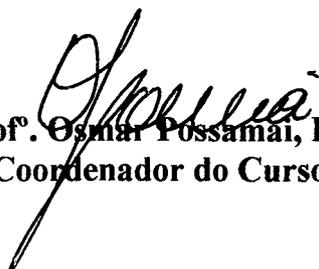
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**CLEDY GONÇALVES PEREIRA**

**FLORIANÓPOLIS, FEVEREIRO DE 1995.**

**ANÁLISE DE CRÉDITO BANCÁRIO:  
UM SISTEMA ESPECIALISTA COM TÉCNICAS DIFUSAS  
PARA OS LIMITES DA AGÊNCIA**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO e aprovada em sua forma final pelo programa de pós-graduação em Engenharia de Produção.



**Prof. Osmar Possamai, Dr.**  
**Coordenador do Curso**

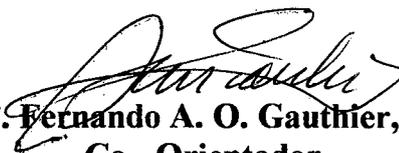
**Banca Examinadora:**



**Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.**  
**Orientador**



**Prof. Rogério Cid Bastos, Dr.**



**Prof. Fernando A. O. Gauthier, Dr.**  
**Co - Orientador**

*"Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são melhores.  
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.  
Porém, há os que lutam toda a vida. Estes são os imprescindíveis".*

*Bertolt Brecht*

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Ricardo Miranda Barcia pela orientação e incentivo prestados desde o início do mestrado.

Ao professor Fernando A. O. Gauthier, pela co-orientação e nas importantes sugestões que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Rogério Cid Bastos, pelas sugestões recebidas para melhoria do trabalho.

Ao CNPQ, pelo auxílio financeiro.

Ao colega Volmir Eugênio Wilhelm, pelas sugestões e amizade construída durante o curso.

Ao colega Odacir D. Graciolli, na constante amizade e pelo auxílio, incentivo e troca de idéias, principalmente na implementação computacional do modelo.

Aos colegas do Sistema Financeiro Besc, pelas informações cedidas que possibilitaram a aplicação prática do modelo.

A secretaria de pós-graduação, pela atenção e informações prestadas durante o curso.

## **RESUMO**

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema especialista com técnicas baseadas na teoria dos conjuntos difusos, para análise de crédito bancário no que tange os limites de uma agência do SISTEMA FINANCEIRO BESC.

Primeiro, é feita uma revisão bibliográfica para se ter os subsídios necessários para o desenvolvimento do sistema. Nesta revisão são abordados a teoria de análise de crédito, sistemas especialistas e a teoria dos conjuntos difusos.

A seguir, é construído um modelo baseado em lógica difusa, onde se destacam os procedimentos para entrada dos dados, os cálculos necessários e os processos de "fuzificação" e "defuzificação".

O sistema é capaz de desempenhar sua tarefa, agregando a imprecisão contida no processo de raciocínio dos especialistas humanos, para análise de pessoas jurídicas.

Em seguida, os testes para verificação do desempenho do modelo são apresentados na aplicação prática, onde são comparados os resultados obtidos pela implementação computacional com os resultados fornecidos pelos especialistas humanos.

Finalmente, são apresentados conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

## **ABSTRACT**

The general purpose of this work is the creation of a expert system with techniques based on the fuzzy set theory, for analisis of banking credit, in the limits of an agency of the BESC FINANCIAL SYSTEM.

First, a bibliography revision must be done in order to have the necessary funds for the organization of the system. In the review, are aborded theory of credit analysis, experts systems and fuzzy set theory.

Following, a model based on fuzzy logic is built were are featured proceeding for data entry, necessary operations and process of "fuzzification" and "defuzzification".

The system is able to perform its task, including imprecision due to human reason of specialists, for analisis of juridical persons.

After this, tests for inspection of the model function are presented in practical aplication, where can be compared results achieved by the computer implement with results obtained by human specialists.

Finally, conclusions and recommendations are presented for future works.

## SUMÁRIO

PAG

1. Introdução.....	01
1.1. Objetivos.....	01
1.2. Importância.....	02
1.3. Estrutura do trabalho.....	02
2. Análise de crédito.....	04
2.1. Introdução.....	04
2.2. Crédito.....	04
2.2.1. Conceito.....	04
2.3. Análise de crédito.....	06
2.3.1. Definição.....	06
2.3.2. Objetivo.....	06
2.3.3. Limite de crédito.....	07
2.3.4. Tomada de decisão.....	08
2.4. Análise de crédito no banco.....	09
2.5. Conclusão.....	14
3. Sistemas Especialistas.....	15
3.1. Introdução.....	15
3.2. Histórico.....	16
3.3. Definição.....	16
3.4. Atividades de um sistema especialista.....	18
3.5. Sistema especialista x programação convencional.....	19
3.6. Estrutura de um sistema especialista.....	20
3.7. Fases de desenvolvimento de um sistema especialista.....	24

3.8. Conclusão.....	26
4. A teoria dos conjuntos difusos.....	27
4.1. Introdução.....	27
4.2. Conjuntos difusos.....	28
4.2.1. Definição.....	29
4.2.2. Função de pertinência.....	29
4.3. Operações com conjuntos difusos.....	30
4.3.1. Igualdade entre conjuntos difusos.....	31
4.3.2. Inclusão em conjuntos difusos.....	31
4.3.3. União entre conjuntos difusos.....	31
4.3.4. Intersecção entre conjuntos difusos.....	32
4.4. Números difusos.....	32
4.5. Cardinalidade.....	33
4.6. Cardinalidade não-difusa ou escalar.....	33
4.7. Algoritmo difuso.....	33
4.8. Variáveis linguísticas.....	34
4.9. Conclusão.....	36
5. Modelo Proposto.....	37
5.1. Introdução.....	37
5.2. Organização do modelo.....	38
5.3. Informações não difusas.....	40
5.4. Informações Linguísticas.....	41
5.5. Fuzificação.....	44
5.6. Cálculos difusos.....	49
5.7. Defuzificação.....	51

5.8. Conclusão.....	51
6. Aplicação.....	52
6.1. Introdução.....	52
6.2. Implementação computacional.....	53
6.3. Resultados obtidos.....	63
7. Conclusão e recomendações.....	66
7.1. Conclusão.....	66
7.2. Recomendações.....	67
Bibliografia.....	68

## LISTA DE FIGURAS

PAG.

FIGURA 3.1.	Sistemas Especialistas	17
FIGURA 3.2.	Sistemas Especialistas na visão do usuário e na visão do construtor	21
FIGURA 5.1.	Esquema do modelo proposto	39
FIGURA 6.1.	Janela principal do sistema	53
FIGURA 6.2.	Janela com os dados de entrada do sistema	54
FIGURA 6.3.	Janela com o cálculo e os conceitos dos índices	55
FIGURA 6.4.	Janela com o cálculo dos limites de risco	56
FIGURA 6.5.	Função de pertinência de liq.corrente de rótulo insatisfatório	57
FIGURA 6.6.	Função de pertinência de liq. geral de rótulo insatisfatório	58
FIGURA 6.7.	Função de pertinência de liq. imobilização de rótulo insatisfatório	58
FIGURA 6.8.	Função de pertinência de endividamento de rótulo insatisfatório	59
FIGURA 6.9.	Função de pertinência de cap. de terceiros de rótulo insatisfatório	59
FIGURA 6.10	Função de pertinência de lucratividade s/venda de rótulo satisfatório	60
FIGURA 6.11.	Janela com o perfil geral do cliente	62

## LISTA DE TABELAS

	PAG.
TABELA 5.1. Intervalos dos quocientes econômico-financeiros	43
TABELA 6.1. Valores numéricos dos índices e seus atributos difusos	60
TABELA 6.2. Exemplos executados pelo sistema computacional	63
TABELA 6.3. Matriz-confusão	64

# **CAPÍTULO I**

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. ORIGEM DO TRABALHO**

A análise de crédito bancário é considerada uma tarefa complexa principalmente, por se tratar com muitas informações de conhecimento de especialistas humanos.

A origem deste trabalho deve-se a idéia de propor uma pesquisa e o desenvolvimento de um novo sistema que utilize técnicas avançadas para que se possa operar com uma relativa facilidade na análise de crédito bancário.

### **1.2. OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de um sistema especialista para análise de crédito bancário usando a teoria dos conjuntos difusos.

É um sistema especialista que se destina a operar com créditos fornecidos dentro dos limites de uma agência. O trabalho aborda:

- Teoria de análise de crédito
- Teoria dos sistemas especialistas

- Teoria dos conjuntos difusos

### **1.3. IMPORTÂNCIA**

Atualmente, na instituição financeira onde se desenvolveu este trabalho, todas as operações para análise de crédito dentro dos limites da agência são tratadas manualmente, o que causa um certo grau de complexidade ao sistema pelo próprio tempo gasto até se liberar o crédito para um determinado cliente que pode ser pessoa física ou jurídica. Especificamente neste contexto será tratado a análise de pessoas jurídicas.

Assim, salienta-se a importância deste trabalho, já que o mesmo propõe uma abordagem para análise de crédito bem como sua liberação dentro dos limites da agência, o que conseqüentemente possibilita o aumento e a qualidade de desempenho.

### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho está dividido em sete capítulos.

No primeiro capítulo, o qual tem caráter introdutório são apresentados os objetivos e sua importância.

No segundo capítulo é feita uma abordagem sobre análise de crédito bancário.

No terceiro capítulo são apresentadas fundamentações de inteligência artificial, com ênfase para os sistemas especialistas.

No quarto capítulo são apresentados conceitos da teoria dos conjuntos difusos e sua importância no desenvolvimento do problema em discussão.

No quinto capítulo é descrito o problema, a formulação de um modelo e, finalmente desenvolvido o modelo formulado.

No sexto capítulo é apresentado a aplicação prática do modelo proposto e sua implementação computacional, onde verifica-se sua operacionalidade e são avaliados os resultados obtidos.

No sétimo capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações para futuras pesquisas.

Por último, é apresentada a bibliografia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

## **CAPÍTULO II**

### **2. ANÁLISE DE CRÉDITO**

#### **2.1. INTRODUÇÃO**

A análise de crédito é tarefa bastante complexa e de fundamental importância numa instituição financeira.

Para os bancos e instituições de crédito em geral, cujo principal produto é o dinheiro, não há a possibilidade de venda a vista, o que torna o crédito o próprio negócio da instituição.

Neste capítulo é apresentado um levantamento sobre análise de crédito e definições conforme parâmetros da instituição financeira onde foram realizadas as pesquisas para a aquisição do conhecimento.

#### **2.2. CRÉDITO**

##### **2.2.1. CONCEITO**

Como a própria palavra já diz, crédito é confiança. Confiança em uma pessoa que hoje se compromete a cumprir uma obrigação futura. As obrigações de cunho pecuniário, por meio do crédito, agilizam as atividades econômicas

principalmente pelo fato de uma pessoa poder satisfazer hoje uma necessidade ou prazer pagando o seu preço no futuro[FILHO,1990].

Segundo Schrickel[1994], crédito é todo ato de vontade ou disposição de alguém de destacar ou ceder, temporariamente, parte de seu patrimônio a um terceiro, com a expectativa de que esta parcela volte a sua posse integralmente, após decorrido o tempo estipulado. Esta parte do patrimônio pode ser materializada por dinheiro (empréstimo monetário) ou bens (empréstimo para uso, ou venda com pagamento parcelado, ou a prazo).

Conforme Silva[1988] , numa instituição financeira bancária as operações de crédito se constituem seu próprio negócio. Dessa forma , o banco empresta dinheiro ou financia bens aos seus clientes, funcionando como uma espécie de " intermediário financeiro ", pois, os recursos que aplica são captados no mercado através dos depósitos efetuados por milhares de clientes-depositantes.

A concessão de crédito num banco consiste em emprestar dinheiro, isto é, colocar à disposição do cliente determinado valor monetário em determinado momento, mediante promessa de pagamento futuro. A taxa de juros será a retribuição por essa prestação de serviço, cujo recebimento poderá ser antecipado, periódico ou mesmo ao final do período, juntamente com o principal emprestado.

O crédito pode fazer com que as empresas aumentem seu nível de atividade; estimular o consumo influenciando na demanda; cumprir uma função social ajudando as pessoas a obterem moradia, bens e até alimentos; facilitar a execução de projetos para os quais as empresas não disponham de recursos próprios suficientes. A tudo isso, por outro lado, deve-se acrescentar que o crédito pode tornar empresas ou pessoas físicas altamente endividadas, assim como pode ser parte componente de um processo inflacionário[SILVA,1988].

## **2.3. ANÁLISE DE CRÉDITO**

### **2.3.1. DEFINIÇÃO**

A análise de crédito envolve a habilidade de fazer uma decisão de crédito, dentro de um cenário de incertezas e constantes mutações e informações incompletas. Esta habilidade depende da capacidade de analisar logicamente situações, não raro, complexas, e chegar a uma conclusão clara, prática e factível de ser implementada [SCHRICKEL, 1994].

Em âmbito geral, a análise de crédito é um processo que envolve a reunião de todas as informações disponíveis a respeito de um tomador de crédito, que pode ser pessoa física ou jurídica, com o objetivo de decidir sobre a concessão ou não de crédito para o solicitante.

Basicamente, a concessão ou não de crédito se dá a partir da análise da proposta de crédito do solicitante; balancetes apresentados; faturamentos; questionário de avaliação; resumo da situação de balanço; ramo da atividade em que atua; etc.

### **2.3.2. OBJETIVO**

O principal objetivo da análise de crédito numa instituição financeira (como para qualquer prestador) é o de identificar os riscos nas situações de empréstimo, evidenciar conclusões quanto à capacidade de repagamento do tomador, e fazer recomendações relativas à melhor estruturação e tipo de empréstimo a conceder.

Os instrumentos específicos de análise variam com a situação peculiar que se tem à frente, porém, o objetivo e a lógica são permanentes. Sem dúvida, não é uma tarefa fácil ou simples. Há que se tomar uma decisão, dentro de um contexto incerto, em constante mutação, e tendo em mãos um volume de informações nem sempre suficiente em nível de seu detalhamento [SCHRICKEL,1994].

### **2.3.3. LIMITE DE CRÉDITO**

O limite de crédito é o valor total do risco que o emprestador deseja assumir no relacionamento com determinado cliente [SILVA,1988].

Um limite de crédito é uma ferramenta operacional da instituição que pode propiciar maior flexibilidade de atuação para os órgãos de linha (áreas operacionais, de execução, onde se materializa o relacionamento instituição-cliente).

Dentro da análise de crédito o chamado limite de crédito ou limite de risco é um fator importante, já que trata-se de um valor indicativo tomado como referencial para o deferimento do crédito.

Segundo Silva[1988], pode-se definir questões para orientar na determinação do limite de crédito a ser fixado para um solicitante, tais como:

- Quanto o cliente merece de crédito?
- Quanto podemos oferecer de crédito ao cliente?
- Quanto devemos conceder de crédito ao cliente?

Quanto o cliente merece de crédito é uma variável que pode assumir diversas grandezas, dependendo da qualidade do risco apresentado e do porte do cliente. De duas empresas com idênticas características quanto ao risco e saúde financeira, porém de tamanhos diferentes, a que for maior fará jus a um limite de crédito superior, em relação à menor.

Quanto pode-se oferecer de crédito ao cliente é uma variável que decorre da capacidade de quem vai conceder o crédito. Uma boa política de crédito pode definir o limite máximo que se deve conceder como crédito a um cliente, devendo tal limite sobrepor-se, inclusive, à capacidade de crédito do cliente.

Quanto deve-se conceder de crédito ao cliente é uma variável que decorre da política de crédito adotada, com vistas na diversificação e pulverização da carteira de crédito. Pode-se analisar um cliente e concluir que o mesmo merece determinado limite, oferecendo aquele montante sem ultrapassar a fronteira estabelecida para atendimento a um cliente. Por outro lado, fatores como ramo de atuação da empresa, ou mesmo a pouca experiência com ela, podem determinar que se tenha uma atitude cautelosa na fixação do limite de crédito.

A definição do valor indicativo varia de instituição para instituição, conforme suas normas específicas.

#### **2.3.4. TOMADA DE DECISÃO**

A análise de crédito é um processo decisório bastante complexo, envolvendo experiência anterior, conhecimento sobre o que está sendo decidido, método para tomar a decisão e utilização de instrumentos e técnicas específicas. Assim, no parecer final, a tomada de decisão pode ser entendida como a escolha entre alternativas disponíveis e conhecidas.

Em cada instituição há os níveis decisórios, que no caso de uma instituição financeira bancária, dá poderes aos gerentes de agências para conceder crédito até certo limite; acima deste limite, a decisão cabe a um superintendente regional. Desta forma, as tomadas de decisão chegam até o comitê de crédito, que normalmente é o órgão máximo de decisão sobre crédito.

#### **2.4. ANÁLISE DE CRÉDITO NO BANCO**

No presente item é descrito o processo de análise de crédito dentro de uma instituição financeira bancária - Besc - Banco do Estado de Santa Catarina, no que tange os limites decisórios de uma agência com relação ao deferimento ou não de crédito à pessoas jurídicas nos seus diversos ramos de atividades.

Assim, é importante salientar alguns conceitos adotados por tal instituição[BESC,1993], tais como:

- A função da área de cadastro
- A tarefa de análise de crédito
- O raciocínio do especialista
- As informações para análise
- Os quocientes econômicos financeiros
- O limite de risco
- A tomada de decisão
- O parecer final.

A área de cadastro e análise de crédito, tem por objetivo básico indicar, através de investigação e avaliação minuciosa de dados, uma margem referencial da capacidade econômico financeira dos possíveis tomadores de crédito e coobrigados junto ao sistema financeiro.

A tarefa de análise de crédito consiste em analisar o solicitante, a fim de constatar se a instituição financeira aprovará ou não o crédito solicitado e, se positivo, qual o montante a ser liberado.

O raciocínio do especialista humano abrange a experiência e conhecimento, adquiridos conforme observações junto ao solicitante.

Para a análise, o especialista adiciona toda documentação que servirá como embasamento técnico para o parecer final. Dentre as informações disponíveis podemos destacar o formulário da agência com proposta de crédito e pareceres; o balanço patrimonial; o questionário de avaliação do cliente e faturamentos.

O resumo da situação do balanço da empresa é de suma importância para análise de crédito, pois é a partir daí que são feitos os cálculos dos índices dos quocientes financeiros econômicos. Tais índices e quocientes envolvem:

- liquidez corrente
- liquidez geral
- de imobilização
- de endividamento
- de garantias de capitais de terceiros
- lucratividade sobre vendas.

A liquidez corrente denota a capacidade de pagamento, a curto prazo, da empresa e, teoricamente, o risco de crédito será maior na medida em que a liquidez

for menor. Entretanto, o cálculo deste índice parte de uma posição estática (data de encerramento do balanço), sendo portanto possível de distorções quanto à realidade.

$$Q.L.C = \frac{\textit{AtivoCirculante}}{\textit{PassivoCirculante}}, \text{ onde:}$$

Q.L.C é o quociente de liquidez corrente.

A liquidez geral indica quanto a empresa possui em dinheiro, bens e direitos realizáveis a curto e a longo prazo, para fazer face às suas dívidas totais. A interpretação do índice de liquidez geral é no sentido de quanto maior, melhor.

$$Q.L.G. = \frac{\textit{AtivoCirculante} + \textit{Rlongoprazo}}{\textit{PassivoCirculante} + \textit{PasExiglongoprazo}}, \text{ onde:}$$

Q.L.G. é o quociente de liquidez geral.

O quociente de imobilização mostra a compatibilização das fontes e usos de recursos, ou seja, as imobilizações que normalmente proporcionam retorno lento devem ser realizadas através de fonte de recurso pouco exigível, isto é, o patrimônio líquido. Em caso do índice mostrar-se elevado, considerando-se o segmento de atuação da empresa, é necessário observar qual a fonte de recursos para imobilização, que deverá ser de exigibilidade a longo prazo.

$$Q.I. = \frac{\text{Imobilizado}}{\text{Patrimônio Líquido}}, \text{ onde:}$$

Q.I. é o quociente de imobilização.

O quociente de endividamento indica o nível de utilização de recursos bancários comparativamente ao total de recursos de terceiros. Analisar a sazonalidade do setor de atividade da empresa, é muito importante, uma vez que produtos sazonais geralmente demandam maior volume de recursos em determinadas épocas.

$$Q.E. = \frac{\text{Passivo Circulante} + \text{PasExigLongoprazo}}{\text{Ativo Total}}, \text{ onde:}$$

Q.E. é o quociente de endividamento.

As garantias de capitais de terceiros fornecem uma indicação da utilização de recursos de terceiros relativamente aos recursos próprios. Quanto maior for esta relação, maior será o risco de crédito apresentado.

$$Q.G.C. = \frac{\text{PatrimLiq} + \text{RExercFuturo}}{\text{PassivoCirculante} + \text{PasExigLongoprazo}}, \text{ onde:}$$

Q.G.C. é o quociente de garantia de capital de terceiros.

O índice de lucratividade sobre vendas compara o lucro líquido em relação às vendas líquidas do período, fornecendo percentual de lucro que a empresa está obtendo em relação ao seu faturamento.

$$C.L.V. = \frac{\text{LucroLíquido} \times 100}{\text{ROperacionalBruta}}, \text{ onde:}$$

C.L.V. é o quociente de lucratividade sobre vendas.

No processo de análise de crédito são associados conceitos fuzzy que podem ser bom, satisfatório, regular ou insatisfatório conforme limites pré-estabelecidos, dentro do ramo de atividade em que a empresa é atuante.

Após este procedimento, é calculado o limite de risco. Este valor é tratado como um indicativo do patamar de crédito adequado à situação econômico financeira da empresa que pretenda atuar nas linhas operacionais da instituição.

Limite de risco é, portanto, o resultado sumário de toda a avaliação técnica do conjunto de dados contábeis da empresa, além da investigação prática do seu relacionamento com o mercado( por exemplo, idoneidade, reciprocidade e faturamento ), servindo de base para o deferimento do crédito.

As informações estão interligadas e ao final da análise o especialista chega a um diagnóstico que indicará tendências sobre níveis e valores de crédito a serem liberados para a empresa.

Essas tendências podem estar associadas aos conceitos bom, satisfatório, regular ou insatisfatório.

Se o conceito conclusivo é bom ou satisfatório, significa que o cliente tem uma tendência ao deferimento do crédito numa margem de valor proporcional àquele solicitado.

Se o conceito conclusivo é regular, então a tendência para o deferimento do crédito não será daquela solicitada, mas ainda assim a liberação do crédito pode ser efetuada.

Se conceito conclusivo é insatisfatório, então o cliente não deve obter crédito algum, ou simplesmente um valor muito abaixo do solicitado.

Assim, é perceptível que na tarefa de análise de crédito, os pareceres finais com conceitos insatisfatório e regular tornam difícil a liberação do crédito uma vez que são considerados como conceitos negativos. Já os conceitos satisfatório e bom que desempenham uma função positiva fazem com que a liberação do crédito seja facilitada.

## **2.5. CONCLUSÃO**

No processo de análise de crédito é importante que os instrumentos envolvidos para a decisão do crédito, sejam adequados a dar agilidade (competitividade) e retorno normal (resultado) das aplicações no prazo e condições acordadas, e dentro dos padrões de qualidade delineados pela instituição.

Neste capítulo foi apresentado um levantamento sobre análise de crédito com especificações sobre a instituição financeira onde foram realizadas as aquisições de conhecimentos.

No capítulo III são apresentadas conceitos e aplicações de sistemas especialistas.

## **CAPÍTULO III**

### **3. SISTEMAS ESPECIALISTAS**

#### **3.1. INTRODUÇÃO**

No estudo da inteligência artificial encontra-se uma técnica que possibilita combinar, em um único sistema, conhecimentos de naturezas diferentes, os chamados sistemas especialistas.

Os sistemas especialistas apresentam um elevado crescimento dentro da inteligência artificial.

O objetivo de um sistema especialista, segundo Hall[1986], é captar o conhecimento de um especialista em determinado campo, representar este conhecimento numa base e transmiti-lo ao usuário, permitindo-lhe obter respostas a perguntas relacionadas à base de conhecimento do sistema.

### 3.2. HISTÓRICO

No início, segundo Passos[1989], as estratégias de resolução de problemas de propósitos gerais da inteligência artificial ( IA), se mostraram muito ineficientes na solução de problemas complexos. Na década de 70, ficou claro para os pesquisadores de IA que para conseguir que seus sistemas resolvessem satisfatoriamente problemas reais, era necessário incorporar neles grandes quantidades de conhecimentos sobre o problema. Isto fez surgir a necessidade o campo da "Engenharia do Conhecimento" que procura formas de viabilizar a utilização de conhecimentos de especialistas na solução de problemas complexos.

Esta tecnologia resultante desse campo de estudos, chamado Sistemas Especialistas, hoje é bastante usada em aplicações comerciais, tais como:

análise de crédito bancário, tomada de decisão rápida no gerenciamento de uma indústria, ambiente de apoio ao desenvolvimento de software - editores e tradutores de linguagens adequadas às diversas fases de desenvolvimento de software, etc.

Sistema especialista é o primeiro e mais avançado produto comercialmente viável de inteligência artificial[FISCHLER,1987].

### 3.3. DEFINIÇÃO

Pode-se definir sistema especialista como uma ferramenta que tem a capacidade de entender o conhecimento sobre um problema específico e usar este conhecimento inteligentemente para sugerir alternativas de ação. [KUNDEL,1986]

Conforme FIGURA 3.1., a seguir, e tendo como fonte [WATERMAN,1986], Sistemas Especialistas são também conhecidos como sistemas baseados em conhecimentos.

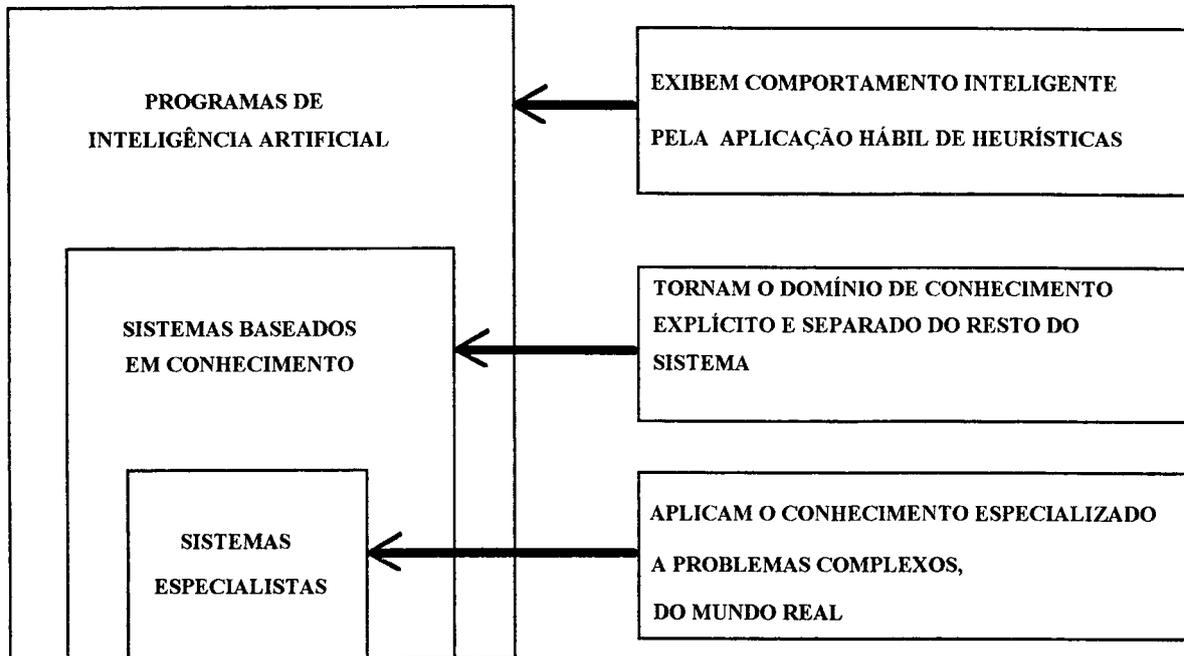


FIGURA 3.1- Sistemas Especialistas

Fonte: WATERMAN,1986

Um sistema especialista não pode ser construído sem o auxílio de pelo menos um especialista humano, que deverá estar disposto a gastar muito tempo para transferir seu conhecimento para o sistema. [RICH,1988].

O especialista é uma pessoa que, através de treinamento e experiência, alcançou um alto grau de conhecimento e competência para a solução de problemas sobre determinado assunto. No processo de construção de sistemas especialistas, ou seja, na Engenharia de Conhecimento, tenta-se captar e representar o conhecimento sobre o assunto de forma a manipula-lo por um sistema computacional. Desta forma, o conhecimento adquire um caráter não perecível, ainda que não seja usado de forma criativa, como no caso do especialista humano.

Sistema especialista é um sistema computacional que emula a estratégia de resolução de problemas de um especialista humano. É óbvio que o sistema especialista nunca irá atingir a capacidade cognitiva do especialista humano, mas, na ausência deste, se constitui numa importante ferramenta de resolução de problemas.

### 3.4. ATIVIDADES DE UM SISTEMA ESPECIALISTA

As atividades típicas[CARDOSO,1993] que um sistema especialista desempenha são:

- interpretação: analisar e interpretar certas informações (como fotos de satélites em sensoriamento remoto);
- predição ou prognóstico: inferir as consequências de uma dada situação inicial (como previsão do tempo);
- diagnose: inferir funções a partir de certas observações e medidas (como diagnose de falhas em equipamentos);
- síntese: configurar sistemas ou objetos a partir de um conjunto de especificações (como roteamento de conexões elétricas em placas de circuito impresso);
- planejamento: estabelecer uma seqüência de ações que atinja determinada meta (como planejamento de trajetória para robô ...);
- monitoração: acompanhar a evolução de determinado sistema (como supervisão de processos industriais);
- correção de falhas: propor medidas corretivas para falhas em sistemas (como manutenção de aeronaves);

- instrução: propor problemas e acompanhar sua solução pelo training (como treinamento de operadores de processos);
- controle: impor ao sistema certo comportamento desejado (como controle de processos industriais).

### 3.5. SISTEMAS ESPECIALISTAS x PROGRAMAÇÃO CONVENCIONAL

Diferença básica:

- Sistemas especialistas manipulam conhecimento
- Programas convencionais manipulam dados

O processamento de dados apresenta as seguintes características:

- Representação e uso de dados;
- É algorítmico;
- Processos repetitivos;
- Efetiva manipulação de grandes bases de dados.

Enquanto que a engenharia do conhecimento tem como características:

- Representação e uso do conhecimento;
- É heurístico;

- Processos de inferência;
- Efetiva manipulação de grandes bases de conhecimento.

Como regra geral, sistemas especialistas são utilizados em situações onde o especialista humano não esteja disponível.

Mas, os sistemas especialistas também são bastante importantes em situações emergências, onde o "stress" diminui consideravelmente a capacidade de resolução de problemas dos seres humanos; em situações onde a velocidade de resolução de problemas é imperativa e quando se deseja padronizar ações tomadas por diferentes especialistas humanos.

### **3.6. ESTRUTURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA**

Na FIGURA 3.2., é apresentado o sistema especialista na visão do usuário e na visão do construtor.

A construção de um sistema especialista deve considerar três aspectos básicos[KUSIAK,1988]:

- Representação do conhecimento
- Motor de inferência
- Aquisição de conhecimento

A eficiência do sistema dependerá da existência de uma interface de comunicação adequada e amigável, tanto para a aquisição de conhecimento junto ao especialista, quanto na utilização pelo usuário.

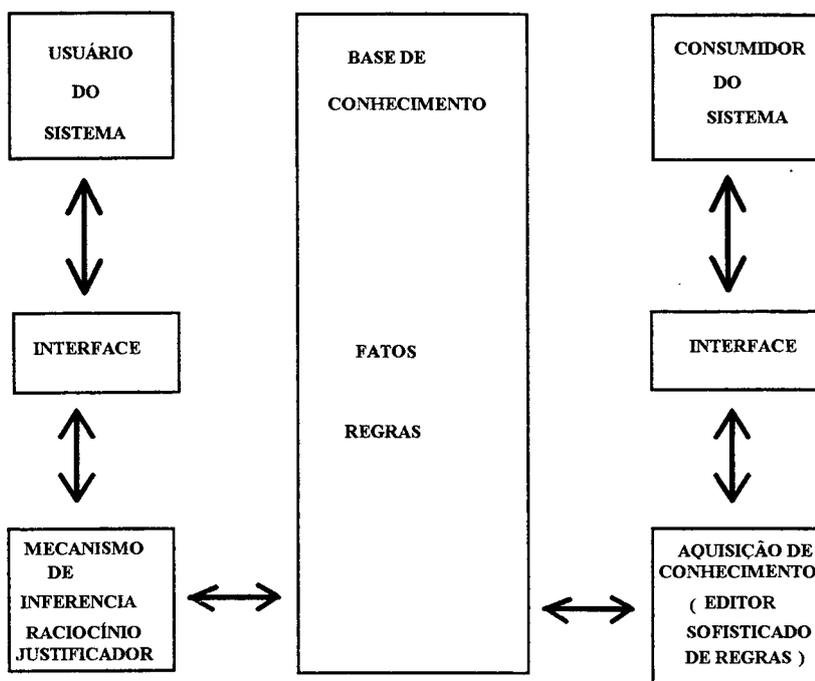


FIGURA 3.2.- Sistema Especialista na visão do usuário e na visão do usuário e na visão do construtor.

Fonte: PASSOS, 1989.

Representação do conhecimento são métodos usados para "modelar" os conhecimentos de especialistas em algum campo, de forma eficiente, e coloca-os prontos para serem acessados pelo usuário de um sistema inteligente ( sistema especialista na área financeira, por exemplo).

A representação do conhecimento em sistemas especialistas também pode ser tratada como informações necessárias para que o programa se torne inteligente. As informações podem ser representadas por regras, redes semânticas e também pelo uso de frames [WATERMAN,1986].

Representar o conhecimento por regras de produção ou simplesmente regras, é uma maneira bastante utilizada nos diversos sistemas especialistas existentes no mercado mundial. Neste esquema os conhecimentos são representados através de pares condição - ação [PASSOS,1989].

As regras são estruturas do tipo:

Se < condição > então < ação >, onde:

< condição > estabelece um teste cujo resultado depende do estado atual da base de conhecimento. Tipicamente o teste verifica a presença ou não de certas informações na base.

< ação > altera o estado atual da base de conhecimento, adicionando, modificando ou removendo unidades de conhecimento presentes na base. Uma ação pode acarretar também efeitos externos à base como a escrita de uma mensagem no vídeo, por exemplo.

É importante salientar aqui, que há duas maneiras pelas quais as regras podem ser validadas, o encadeamento para frente ou controle dirigido por dados (forward chaining) e o encadeamento para trás ou controle dirigido por objetivos ou metas (backward chaining). [WATERMAN,1986]

O encadeamento para frente parte de um conhecimento inicial, aplica as regras no universo do problema e chega a uma conclusão.

O encadeamento para trás parte com o objetivo que se quer provar e dirige-se através do universo do problema até que uma solução seja encontrada.

A representação do conhecimento através de redes semânticas, é uma tentativa de simular o modelo psicológico de memória associativa humana. Ela modela o conhecimento como um conjunto de pontos chamados nós ou nodos, conectados por ligações chamados arcos que descrevem as relações entre os nós [PASSOS,1989].

Os nós representam objetos, conceitos ou eventos. Os arcos em geral dependem da espécie de conhecimento que está sendo representado; por exemplo, é-um e é-parte são arcos para representar hierarquias entre objetos.

Uma característica chave da representação de rede semântica é que importantes associações podem ser feitas explicitamente e sucintamente. Fatos

importantes sobre um objeto ou conceito podem ser deduzidos dos nós aos quais eles estão ligados diretamente, sem uma pesquisa no contexto.

A interpretação semântica das estruturas da rede depende do programa que as manipulem. Não existe nenhuma convenção sobre seus significados. Inferências tiradas pela manipulação da rede só são seguramente válidas na representação baseada em lógica.

Rede semântica é uma forma de representação de conhecimento muito usada nas pesquisas de IA relacionadas com processamento de linguagem natural (entendimento da língua portuguesa falada e escrita).

Na representação do conhecimento através de frames é fornecido ao sistema o máximo de informações possíveis sobre determinado objeto.

Frame é uma estrutura de dados que representa uma situação estereotipada. [MINSKY,1975].

Motor de inferência ou mecanismo de inferência como também é conhecido, é um método formal (no caso da lógica formal) ou heurístico (no caso de representação de conhecimento por regras) que no sistema especialista detém a estratégia de geração de alternativas e busca de soluções através da manipulação do conhecimento embutido no sistema.

Pode-se dizer ainda, que motor de inferência é a parte do sistema inteligente necessário para obter "conhecimento novo" a partir da base de conhecimento existente. [PASSOS,1989]

Inferência é o processo de geração de caminhos alternativos deduzindo conclusões via mecanismo de raciocínio através da base de conhecimento.

A fase de aquisição do conhecimento é sem dúvida, a que apresenta maior dificuldade na construção de um sistema especialista. Esta dificuldade provém do fato de inexistir uma linguagem comum de entendimento entre as partes envolvidas no projeto. O especialista, em geral, não tem suas idéias organizadas utilizando, indistintamente, processos indutivos e dedutivos na obtenção das soluções. Desta

forma, cabe ao engenheiro de conhecimento tentar organizar estes elementos e, gradativamente, obter as informações necessárias. É importante ressaltar que não se deve impor ao especialista qualquer tipo de formalismo. Entretanto, nas primeiras conversas é interessante apresentar alguns princípios rudimentares de lógica, no sentido de levar ao interlocutor um pouco da linguagem do sistema, ou seja, se for o caso, ensinar a usar a ferramenta [PASSOS,1989].

O conhecimento pode ser definido como sendo "público" ou "privado". Uma fonte de conhecimento privado são os especialistas na área. Conhecimento público pode ser obtido através da literatura especializada, modelos matemáticos, bancos de dados globais e programas de simulação.

### **3.7. FASES DE DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ESPECIALISTA**

O desenvolvimento de um sistema especialista consome tempo e não é trivial. Pode-se dividir a tarefa de desenvolvimento nas cinco fases conforme Kumara[1986]:

- Definição do problema
- Aquisição de conhecimento
- Motor de inferência
- Implementação
- Aprendizagem

Definição do problema, que envolve a compreensão do problema, identificação de suas características, determinação dos objetivos do processo de solução do problema e definição da metodologia a ser usada.

Aquisição de conhecimento, representação e coordenação, onde encontra-se o projeto do motor de inferência, seleção de ferramentas de programação e coordenação do conhecimento.

Motor ou mecanismo de inferência, que representa a forma de manipular o conhecimento, ou seja, determina a ordem que serão processadas as informações, manipulando os dados a fim de inferir novos fatos, chegar a conclusões ou recomendar ações.

Implementação, onde é feito a formulação das regras que englobam o conhecimento.

Aprendizagem, que pode se dar por dicionário, tomada de recomendação, indução, por analogia e aprendizagem baseada em regras.

### **3.8. CONCLUSÃO**

No presente capítulo apresentou-se uma revisão teórica dos sistemas especialistas.

Foram mostrados os principais conceitos para o embasamento necessário na implementação do modelo proposto deste trabalho.

Ainda para o modelo são necessários conceitos da teoria dos conjuntos difusos, assunto a ser abordado no próximo capítulo.

## CAPÍTULO IV

### 4. A TEORIA DOS CONJUNTOS DIFUSOS

#### 4.1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de reproduzir o raciocínio dos especialistas humanos e considerando a ação complexa de um sistema para análise de crédito, que contém informações imprecisas, este capítulo apresenta fundamentos da teoria dos conjuntos difusos introduzida por Zadeh em 1965. Esta teoria foi desenvolvida para tratar de problemas demasiado complexos ou mal definidos para serem tratados pelos métodos matemáticos clássicos.

Segundo Zimmerman[1985], três aspectos podem ser considerados para que se justifique a aplicação da teoria dos conjuntos difusos no tratamento da imprecisão em sistemas especialistas:

- Interface em linguagem natural, que torna universal a interface do sistema no que se refere a independência do usuário.
- Difusão na base do conhecimento, explicado por Zadeh[1983] quando diz que o conhecimento humano é essencialmente impreciso e isto geralmente reflete-se na base do conhecimento dos sistemas especialistas. O tratamento desta imprecisão no conhecimento é apropriado à técnicas de conjuntos difusos[ZIMERMAN,1985].
- Capacidade inferencial de transmitir imprecisão, que é atribuída pelos pesquisadores da área ao poder inferencial da lógica difusa.

## 4.2. CONJUNTOS DIFUSOS

Na teoria clássica dos conjuntos, utiliza-se como princípio básico a idéia de que um elemento "pertence" ou "não pertence" a um determinado conjunto, restringindo as fronteiras dos conjuntos e dando o mesmo peso à diferentes objetos que, de uma certa maneira, poderiam ter mais afinidades em um determinado conjunto, do que em outro.

A teoria dos conjuntos difusos permite que se tenha uma função característica, a qual é chamada de função de pertinência. Esta função de pertinência, em geral, assume valores no intervalo  $[0,1]$  e faz com que um objeto passe a não mais ser classificado como estritamente pertencente ou não a um conjunto, mas sim, lhe designa graus de pertinência em relação a diferentes conjuntos.

A lógica difusa é uma generalização da lógica clássica e admite que diferentes graus de pertinência sejam utilizados para os objetos em relação aos conjuntos, e admite a suficiente flexibilidade para tratar com a semântica da linguagem natural. A forma adotada pelos humanos para raciocínio se adapta muito bem a esta noção de diferentes graus de pertinência em relação aos conjuntos.

Desde a primeira publicação sobre a aplicação da teoria dos conjuntos difusos, muitos estudos tem sido feitos, abrangendo diversas áreas do conhecimento humano. Com isso, uma série de conceitos da teoria difusa são abordados por diversos autores.

Aqui serão apresentados alguns dos conceitos de conjuntos difusos, aqueles que entendemos como subsídios para o desenvolvimento do sistema especialista na qual se destina este trabalho.

#### 4.2.1. DEFINIÇÃO

De acordo com Zadeh, o termo difuso é usado em situações em que um conjunto  $A$ , definido sobre um universo  $X$ , não apresenta seus limites bem definidos:

Para aqueles elementos que com certeza pertencem ao conjunto  $A$ , é atribuído um grau de pertinência igual a 1.

Para os elementos que com certeza não pertencem ao conjunto  $A$ , é atribuído um grau de pertinência igual a zero.

Para os elementos os quais não se pode afirmar com certeza se pertencem ou não pertencem ao conjunto  $A$ , é atribuído um valor intermediário, tendendo para 1, quanto maiores forem as razões que se tem para incluir este elemento no conjunto  $A$ .

#### 4.2.2. FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA

Segundo Zadeh, o conjunto difuso é definido como sendo uma classe de objetos com contínuos graus de pertinência, a qual designa a cada objeto um grau de pertinência, que está entre o intervalo  $[0,1]$ . Isto significa que:

Sendo  $X$  um conjunto clássico de objetos chamado universo, cujos elementos genéricos são denotados por  $x$ , então a função de pertinência de um elemento  $x$  em um subconjunto clássico  $A \subseteq X$  é uma função característica  $\mu_A(x)$ , com  $x \rightarrow [0,1]$ , tal que:

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

$[0,1]$  é definido como conjunto de avaliação. Se o conjunto de avaliação for o intervalo real  $[0,1]$ , então  $A$  é um conjunto difuso.

$\mu_A(x)$  representa o grau de pertinência de  $x$  em relação a  $A$ , desde que  $A$  seja o subconjunto de  $X$  que não tem fronteira bem definida e pode ser caracterizado em forma de pares ordenados, da seguinte maneira:

$$A = \{(x, \mu_A(x) / x \in X\}.$$

### 4.3. OPERAÇÕES COM CONJUNTOS DIFUSOS

Uma das consequências naturais à generalização da teoria clássica dos conjuntos para a teoria dos conjuntos difusos é o estudo das operações sobre conjuntos. Segundo Zimmerman[1985], o componente crucial de um conjunto difuso é sua função de pertinência. Assim, as operações sobre conjuntos difusos são definidas via funções de pertinência.

A seguir caracteriza-se algumas operações com conjuntos difusos dados pelo princípio da extensão proposto por Zadeh, que é utilizado para estender os conceitos, rigor e formalismo da matemática clássica à teoria dos conjuntos difusos.

### 4.3.1. IGUALDADE ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS:

Diz-se que dois conjunto difusos  $A$  e  $B$  são iguais se e somente se possuem os mesmos graus de pertinência, ou seja:

$$A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x), \forall x \in X.$$

### 4.3.2. INCLUSÃO EM CONJUNTOS DIFUSOS:

Um conjunto difuso  $A$  é dito incluído em  $B$ , e representado por  $A \subseteq B$ , se e somente se,  $\forall x \in X, \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ .

Quando a desigualdade é estrita, diz-se que a inclusão é estrita e denotada como  $A \subset B$ .

Tanto  $\subseteq$  como  $\subset$  são transitivos.  
Obviamente,  $A = B$ , sse  $A \subseteq B$  e  $B \subseteq A$ .

### 4.3.3. UNIÃO ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS:

Define-se a união de dois conjuntos difusos  $A$  e  $B$  através do operador de máximo entre os graus de pertinência. Então:

$$A \cup B: \mu_{A \cup B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)].$$

#### 4.3.4. INTERSECÇÃO ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS:

A intersecção entre conjuntos difusos é dada pelo operador de mínimo entre os graus de pertinência. Então:

$$A \cap B: \mu_{A \cap B}(x) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)].$$

#### 4.4. NÚMEROS DIFUSOS

Um número difuso é um conjunto difuso que simultaneamente é convexo e normalizado, ou seja, é um subconjunto difuso de números reais.

Alguns exemplos de números difusos são os conjuntos difusos "pequeno", "aproximadamente "8", "muito próximo a 5", "mais ou menos grande", etc[KANDEL, 1986].

#### 4.5. CARDINALIDADE

A cardinalidade é uma propriedade que determina o número de elementos de um conjunto.

Na lógica clássica este conceito torna-se transparente já que é fácil perceber se um determinado elemento pertence ou não a um conjunto. Enquanto que na teoria dos conjuntos difusos isto não é tão evidente uma vez que o número de elementos pode estar relacionado com a pertinência do conjunto.

#### 4.6. CARDINALIDADE NÃO-DIFUSA OU ESCALAR

Seja  $A$  um conjunto difuso, definido num universo  $X$  que é finito. A cardinalidade de  $A$  que é representada por  $|A|$  é definida como:

$$|A| = \sum \mu_A(x), \text{ com } x \in X$$

#### 4.7. ALGORITMO DIFUSO

Um algoritmo difuso é uma seqüência ordenada de instruções difusas, direcionada por regras de inferências até se chegar num resultado difuso.

As instruções difusas podem ser diferenciadas pelas atribuições difusas, sentenças condicionais difusas e pelos comandos de ação.

São atribuições difusas: "x é bom"; "Y é regular"; "z é satisfatório".

São sentenças condicionais: "se x é bom e y é regular, então z é satisfatório".

São comandos de ação: "aumente um pouco".

#### 4.8. VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS

Sendo a teoria dos conjuntos difusos capaz de tratar a modelagem de situações complexas e imprecisas, esta também nos permite trabalhar com variáveis menos numéricas e menos precisas, são as chamadas variáveis linguísticas.

Variáveis linguísticas são variáveis cujos valores são palavras em linguagem natural representadas em conjuntos difusos.

A totalidade dos valores de uma variável linguística pode, em princípio, possuir um número infinito de elementos. Por exemplo, para a variável linguística idade, as alternativas linguísticas poderiam ser:[jovem, idoso, bem jovem, ...], enquanto os valores numéricos poderiam assumir:[1,2,3,4,5,....,120].

Com o conceito de variáveis linguísticas, problemas imediatamente imprecisos e complexos passam a ser manipuláveis.

Outra característica no uso destas variáveis é o fato de que as mesmas permitem estimativas numéricas de termos da linguagem natural, e evita a falsa precisão que as estimativas numéricas podem fornecer e permitem que seja determinado estimativas mais razoáveis, mesmo com a escassez de dados.

Segundo Zadeh[1975], a variável linguística é caracterizada pela quintupla (L, T, X, G, M), onde:

L - é o nome da variável

T - representa os diferentes rótulos de subconjuntos difusos de um universo de discurso.

X - é o universo de discurso.

G - é uma regra sintática para a geração dos termos dos valores de L.

M - é uma regra semântica que associa a cada valor de X o seu significado.

Na teoria de análise de crédito apresentada no capítulo II., para cada uma das variáveis, definem-se quatro rótulos: insatisfatório, regular, satisfatório e bom.

Por exemplo, para a variável liquidez corrente, no ramo de atividade das indústrias e fábricas, tem-se:

L - Liquidez Corrente

T - { I, R, S, B }

X - { 0,  $\infty$  }

G - { SE liquidez corrente entre 0 e 1.03 ENTÃO T(liquidez corrente)  
= I

SE liquidez corrente entre 1.04 e 1.35 ENTÃO T(liquidez corrente)  
= R }

M - { (x,  $\mu_i(x)$ ); (x,  $\mu_r(x)$ ); (x,  $\mu_s(x)$ ); (x,  $\mu_b(x)$ ) }

Os conjuntos difusos que representam as restrições associadas aos valores de uma variável linguística são na verdade, subclasses dos elementos no universo considerado.

Segundo Zadeh[1975], uma variável difusa é representada por uma tripla e assim, variáveis linguísticas assumem variáveis difusas como seus valores.

Weber[1993], propõe a utilização de variáveis difusas oriundas de conjuntos difusos que se originam de intervalos limitados por restrições não difusas. A variável difusa será um rótulo para os conjuntos difusos.

Uma área de aplicação particularmente importante das variáveis linguísticas é a do raciocínio que não é "quase muito preciso" e "não muito impreciso", chamado raciocínio aproximado.

O termo raciocínio aproximado origina-se da suposição realista de que o processo de inferência do ser humano que se baseia no raciocínio, na verdade, é baseado em raciocínio aproximado.

#### **4.9. CONCLUSÃO**

Neste capítulo foram vistos alguns conceitos da teoria dos conjuntos difusos visando um melhor embasamento no que se refere aos elementos necessários para o desenvolvimento do modelo proposto neste trabalho, os quais se destacam de forma mais descritiva no próximo capítulo.

## **CAPÍTULO V**

### **5. MODELO PROPOSTO**

#### **5.1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo é proposto um modelo com técnicas de sistemas especialistas e lógica difusa.

Sistemas reais complexos são constituídos de inúmeras regras, de tal forma que nem sempre o especialista humano é possibilitado em agir com a precisão requerida. Sistemas especialistas são desenvolvidos para auxiliar em problemas complexos, constituídos de múltiplas regras e elevados números de cálculos.

A lógica difusa tem grande importância no que tange uma tomada de decisão e em situações onde a imprecisão de termos e informações incompletas são encontrados.

O modelo proposto visa auxiliar os analistas de crédito, ou seja, analisar a solicitação de crédito de determinado cliente e decidir por conceder ou não este crédito. Em caso afirmativo, deverá informar o montante de crédito liberado.

## 5.2. ORGANIZAÇÃO DO MODELO

A análise de crédito baseia-se fundamentalmente na observação de valores e relações funcionais pelos especialistas que descrevem suas conclusões, através de um parecer final.

As relações funcionais envolvem informações linguísticas que podem ser tratadas através da teoria dos conjuntos difusos.

A idéia básica do modelo proposto, é fazer com que o mesmo possa processar informações numéricas e o conhecimento subjetivo do especialista humano, que envolve variáveis linguísticas.

O procedimento para análise de crédito é traçado a partir de informações não difusas, das informações linguísticas, dos cálculos difusos e dos processos de "fuzificação" e "defuzificação". Esquemáticamente o modelo é apresentado na FIGURA 5.1.

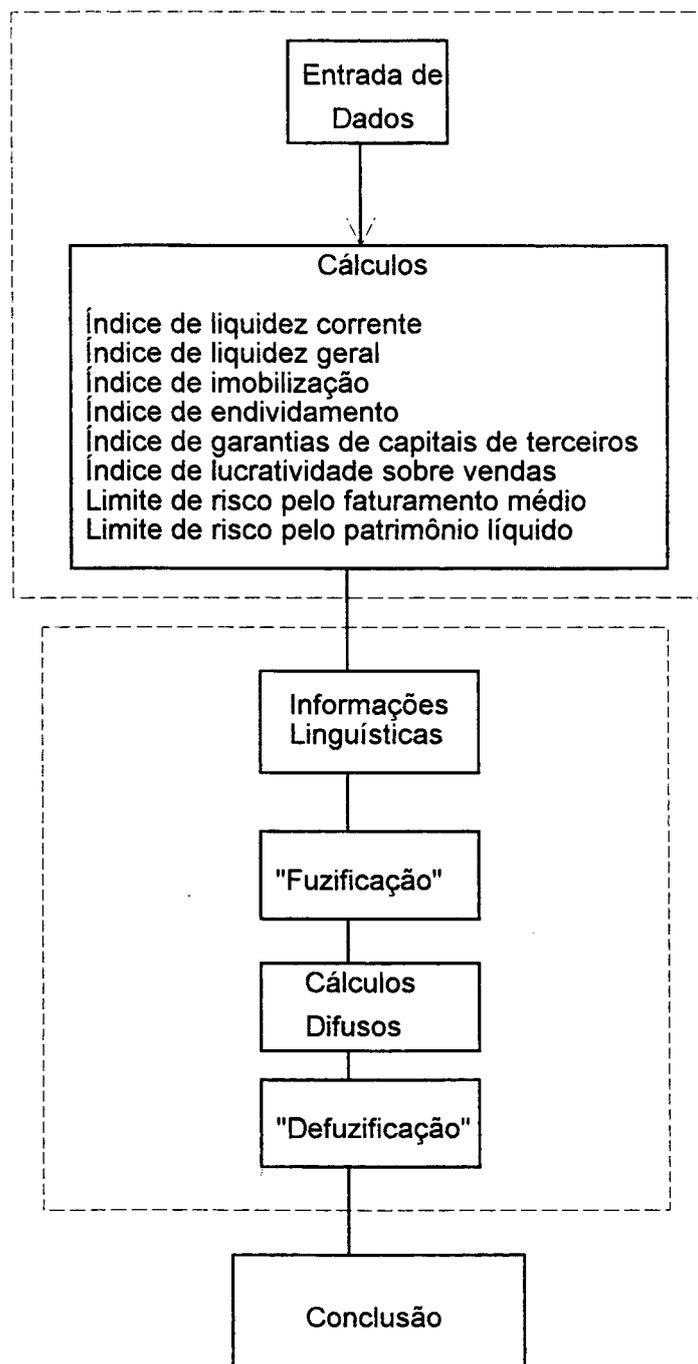


FIGURA 5.1- Modelo proposto

### 5.3. INFORMAÇÕES NÃO DIFUSAS

São as informações obtidas a partir da entrada de dados e que serão utilizadas principalmente para os cálculos efetuados pelo sistema. Estas informações referem-se aos seguintes dados:

- Nome da empresa solicitante
- Crédito solicitado
- CPF
- Data da solicitação
- Data do balanço
- Limite da agência
- Ramo de atividade
- Contas:
  - Total do ativo circulante
  - Ativo circulante + realizável a longo prazo
  - Total do imobilizado
  - Total do passivo circulante
  - Passivo circulante + exigível a longo prazo
  - Total do resultado do exercício futuro

- Total do patrimônio líquido
  - Receita operacional bruta
  - Lucro/prejuízo do exercício
  - Faturamento médio
- 
- Limite Cadastral

As informações da entrada de dados são coletados do formulário da agência com proposta de crédito e pareceres; dos últimos balancetes da empresa solicitante; da relação do faturamento dos últimos 12 meses da empresa solicitante; de pontos de um questionário preenchido na agência onde o crédito foi solicitado e do resumo da situação do balanço.

A partir dos dados de entrada serão efetuados os cálculos dos índices dos quocientes econômico-financeiros, conforme definições apresentadas no capítulo II.

#### **5.4. INFORMAÇÕES LINGUÍSTICAS**

Além das informações numéricas e precisas, para a análise de crédito é requerido um conjunto de variáveis não tão exato e preciso, o conjunto das variáveis linguísticas.

Estas variáveis referem-se aos conceitos associados aos índices que são classificados pelos especialistas como: insatisfatório, regular, satisfatório e bom. O cálculo dos índices apresentados anteriormente, tem pela própria natureza matemática das fórmulas o intervalo possível dos resultados sempre como  $[0, \infty)$ . Entretanto, os intervalos dos níveis dos índices para cada um dos conceitos acima mencionados, variam conforme o ramo de atividade em que o cliente está inserido.

De acordo com a aquisição do conhecimento, o analista de crédito observa os conceitos dos índices e também seus valores numéricos, agregando a seu raciocínio não somente o conceito do índice como também uma idéia da distancia deste conceito com relação aos conceitos adjacentes. Isto significa que o analista observa não somente os valores extremos, mas a tendência que o índice pode ter para mudar seu conceito, ou seja, ele pode tender a ser mais ou menos satisfatório, mais ou menos regular, por exemplo.

A instituição financeira onde se desenvolveu este trabalho tem como referencial os intervalos dos indicadores apresentados na TABELA 5.1.

ATIVIDADE		indústrias e fábricas	comércio em geral	serviços em geral	postos de gasolina	agrop, silvíc e mineração	química e farmacêutic
quociente de	conceitos	limite	limite	limite	limite	limite	limite
liquidez corrente	insatisfatório	até 1.03	até 1.12	até 0.73	até 1.53	até 0.96	até 1.11
	regular	1.04 à 1.35	1.13 à 1.35	1.74 à 1.22	1.54 à 2.14	0.97 à 1.42	1.12 à 1.33
	satisfatório	1.36 à 2.64	1.36 à 2.20	1.23 à 3.35	2.15 à 4.39	1.43 à 3.84	1.34 à 1.66
	bom	acima de 2.65	acima de 2.21	acima 3.36	acima 4.40	acima 3.85	acima 1.67
liquidez geral	insatisfatório	até 1.04	até 1.09	até 0.71	até 1.42	até 0.86	até 1.11
	regular	1.05 à 1.35	1.10 à 1.36	0.72 à 1.20	1.43 à 1.95	0.87 à 1.27	1.12 à 1.34
	satisfatório	1.36 à 2.59	1.37 à 2.05	1.21 à 3.28	1.96 à 4.39	1.28 à 3.45	1.35 à 1.67
	bom	acima de 2.60	acima de 2.06	acima 3.29	acima de 4.40	acima de 3.46	acima 1.68
de imobilização	insatisfatório	acima de 0.95	acima de 0.85	acima 1.03	acima 0.67	acima de 1.43	acima 0.69
	regular	0.94 à 0.77	0.84 à 0.63	1.02 à 0.87	0.66 à 0.45	1.42 à 0.83	0.68 à 0.56
	satisfatório	0.76 à 0.39	0.62 à 0.35	0.86 à 0.43	0.44 à 0.22	0.82 à 0.43	0.55 à 0.27
	bom	abaixo 0.38	abaixo 0.34	abaixo 0.42	abaixo 0.21	abaixo 0.42	abaixo 0.26
de endividamen	insatisfatório	acima de 0.60	acima 0.67	acima 0.61	acima 0.51	acima 0.61	acima 0.76
	regular	0.59 à 0.44	0.66 à 0.53	0.60 à 0.29	0.50 à 0.35	0.60 à 0.43	0.75 à 0.61
	satisfatório	0.43 à 0.21	0.52 à 0.30	0.28 à 0.11	0.34 à 0.15	0.42 à 0.12	0.60 à 0.39
	bom	abaixo 0.20	abaixo 0.29	abaixo 0.10	abaixo 0.14	abaixo 0.11	abaixo 0.38
gar.cap. terceiros	insatisfatório	até 0.66	até 0.53	até 0.69	até 1.02	até 1.16	até 0.29
	regular	0.67 à 1.28	0.54 à 0.85	0.70 à 2.47	1.03 à 1.94	1.17 à 2.08	0.30 à 0.60
	satisfatório	1.29 à 4.02	0.86 à 2.45	2.48 à 7.50	1.95 à 6.32	2.09 à 8.37	0.61 à 1.53
	bom	acima de 4.03	acima 2.46	acima 7.51	acima 6.33	acima 8.38	acima 1.54
lucr. sobre vendas	insatisfatório	até 1.47	até 0.72	até 0.67	até 0.37	até 2.02	até 1.35
	regular	1.48 à 3.06	0.73 à 2.13	0.68 à 3.36	0.38 à 0.68	2.03 à 9.77	1.36 à 3.82
	satisfatório	3.07 à 17.40	2.14 à 9.07	3.37 à 18.36	0.69 à 3.17	9.78 à 35.81	3.83 à 11.57
	bom	acima 17.41	acima 9.08	acima 18.37	acima 3.18	acima 35.82	acima 11.58

TABELA 5.1. - Intervalos dos quocientes econômico-financeiros

FONTE: BESC, 1993.

## 5.5. FUZIFICAÇÃO

Ao universo de valores encontrados para os índices dos quocientes econômico-financeiros, que podem ser representados pelo intervalo  $[0, \infty)$ , são definidos subconjuntos que representam o intervalo de associação dado aos conceitos dos índices, ou seja, as informações linguísticas. A definição destes subconjuntos apresentados na TABELA 5.1. provém de estudos estatísticos.

A integração entre a imprecisão contida nas informações linguísticas e instruções precisas exigidas pelo sistema computacional é fornecida pelo uso de conjuntos difusos.

Para que cálculos possam ser efetuados, serão criados conjuntos difusos que representam a imprecisão contida dentro dos intervalos apresentados na TABELA 5.1.

Nesses cálculos são utilizadas as funções de pertinência de cada índice dos quocientes econômico-financeiros correspondentes. Assim, para cada valor real dos índices são obtidas as pertinências dos valores linguísticos.

No processo de aquisição do conhecimento foi observado que os conceitos associados aos índices tem significados que podem ser positivos ou negativos, no que tangem a imagem da empresa, ou seja, a empresa pode possuir uma situação mais estável quanto maior o valor numérico de um determinado índice ou, em outros casos, quanto menor o valor numérico do índice maior a estabilidade da empresa.

As funções de pertinência foram obtidas com base nas opiniões subjetivas de especialistas da área, bem como o significado e utilização do conjunto difuso.

Na construção das funções de pertinência é tratado a imprecisão contida dentro do intervalo de cada índice e o comportamento de proporcionalidade de um elemento quanto ao seu grau de pertinência [WEBER, 1993].

Para ilustrar, a seguir são apresentadas as funções de pertinência das variáveis difusas de cada índice econômico-financeiro no ramo de atividade da agropecuária.

LIQUIDEZ CORRENTE:

$$\mu_{li}(x) = 1 - (x / 0.96)$$

$$\mu_r(x) = 1 - ((x - 0.97) / 0.45)$$

$$\mu_s(x) = (x - 1.43) / 2.41$$

$$\mu_b(x) = (x - 3.85) / 2.84$$

LIQUIDEZ GERAL:

$$\mu_{li}(x) = 1 - (x / 0.86)$$

$$\mu_r(x) = 1 - ((x - 0.87) / 0.40)$$

$$\mu_s(x) = (x - 1.28) / 2.17$$

$$\mu_b(x) = (x - 3.45) / 2.54$$

IMOBILIZAÇÃO:

$$\mu_{li}(x) = (x - 1.43) / 1.64$$

$$\mu_r(x) = (x - 0.83) / 0.59$$

$$\mu_s(x) = 1 - ((x - 0.43) / 0.39)$$

$$\mu_b(x) = 1 - (x / 0.42)$$

## ENDIVIDAMENTO:

$$\mu_i(x) = (x - 0.61) / 0.84$$

$$\mu_r(x) = (x - 0.43) / 0.17$$

$$\mu_s(x) = 1 - ((x - 0.12) / 0.30)$$

$$\mu_b(x) = 1 - (x / 0.11)$$

## CAPITAIS DE TERCEIROS:

$$\mu_i(x) = 1 - (x / 1.16)$$

$$\mu_r(x) = 1 - ((x - 1.17) / 0.91)$$

$$\mu_s(x) = (x - 2.09) / 6.28$$

$$\mu_b(x) = (x - 8.38) / 4.16$$

## LUCRATIVIDADE SOBRE VENDAS:

$$\mu_i(x) = 1 - (x / 2.02)$$

$$\mu_r(x) = 1 - ((x - 2.03) / 7.74)$$

$$\mu_s(x) = (x - 9.78) / 26.03$$

$$\mu_b(x) = (x - 35.82) / 19.54$$

As FIGURAS 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, apresentam as representações gráficas das funções de pertinência da atividade agropecuária definidas anteriormente. Nestas figuras são apresentadas especificamente as funções de pertinência do conjunto difuso endividamento, com os rótulos insatisfatório, regular, satisfatório e bom.

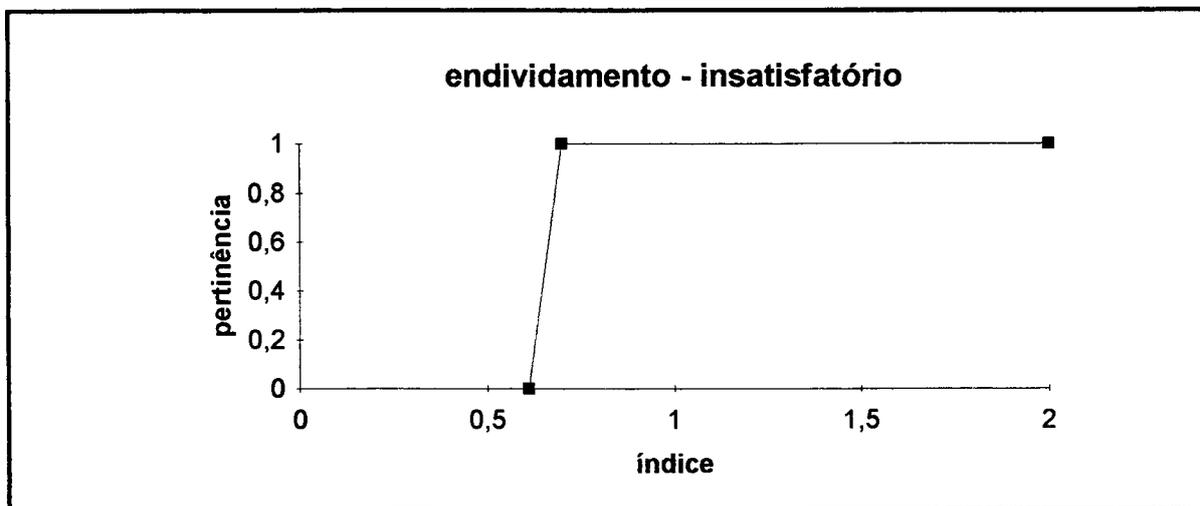


FIGURA 5.2. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso endividamento de rótulo insatisfatório.

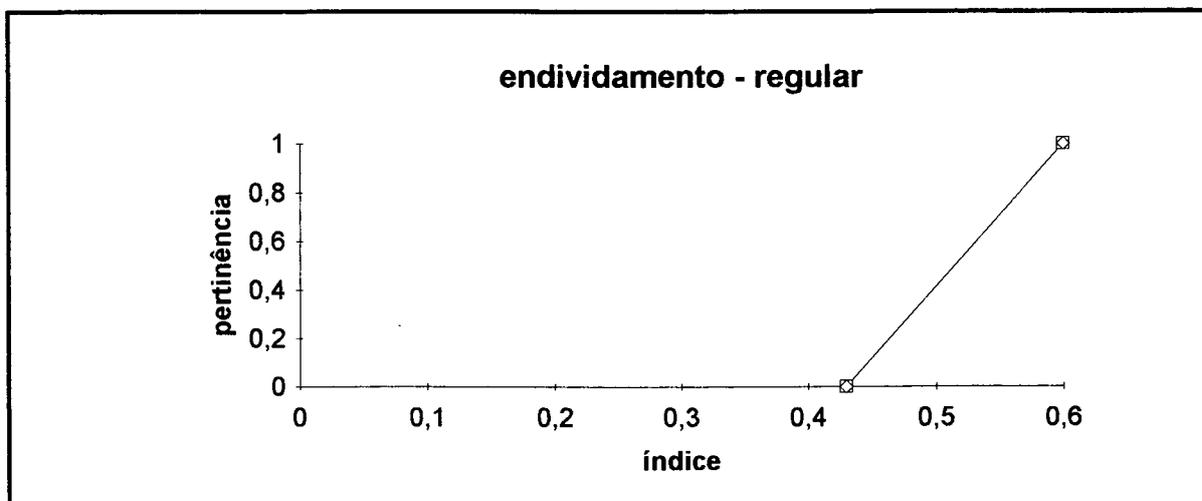


FIGURA 5.3. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso endividamento de rótulo regular.

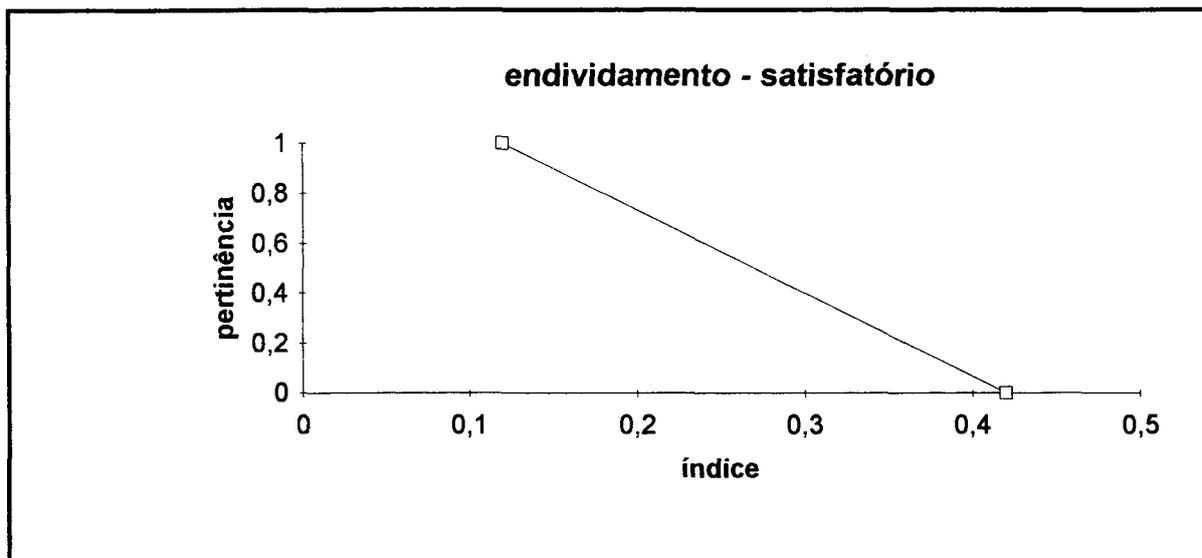


FIGURA 5.4. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso endividamento de rótulo satisfatório.

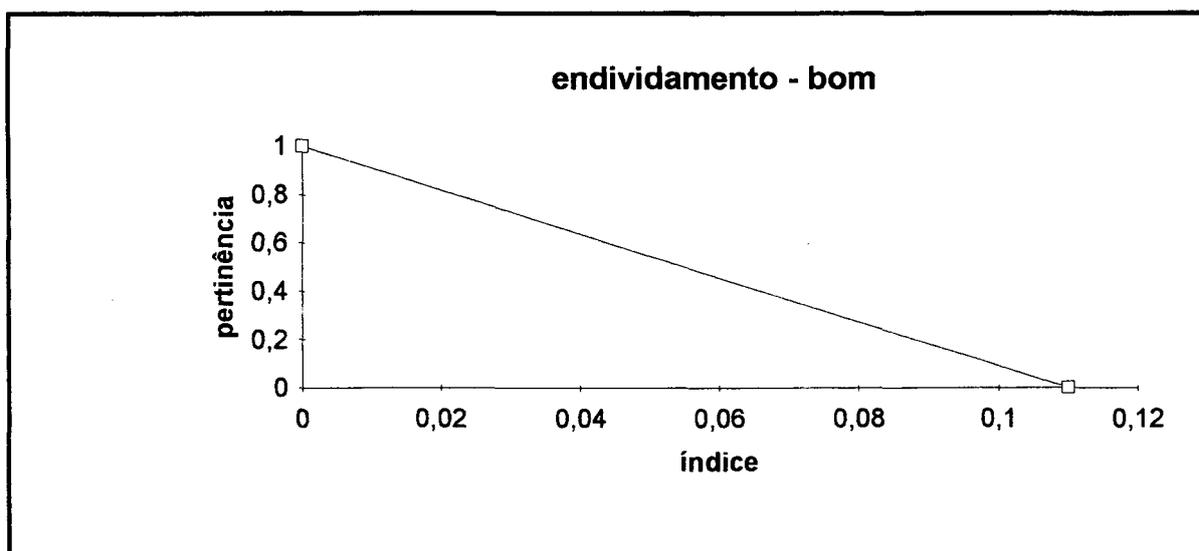


FIGURA 5.5. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso endividamento de rótulo bom.

Para os demais ramos de atividades o raciocínio é análogo, e a partir dos valores das funções de pertinência pode-se realizar as computações necessárias.

## 5.6. CÁLCULOS DIFUSOS

Na TABELA 5.1., observa-se que os conceitos atribuídos aos índices econômico-financeiros variam de acordo com o mercado em que o cliente é atuante.

O sistema não pode ser alimentado somente com os conceitos dos índices porque desta forma não seria analisado a imprecisão contida dentro de cada intervalo. É necessário que se tenha uma idéia da distancia deste conceito com relação aos conceitos adjacentes. Isto significa que deve ser verificado o valor numérico e o grau de importância do conceito de cada índice.

A representação de conhecimento impreciso do especialista humano é tratada pela utilização da teoria dos conjuntos difusos, que nos permitem agregar imprecisão ao raciocínio no sistema computacional, para representar os conceitos definidos como bom, satisfatório, regular e insatisfatório.

Assim, foram criados conjuntos difusos a partir de subconjuntos do universo de cada índice associado aos respectivos conceitos, e uma função de pertinência para mapear o intervalo de cada subconjunto.

Para prosseguir no caminho de raciocínio do especialista humano, surge a necessidade de compor os conjuntos difusos.

Compor conjuntos difusos significa obter um novo conjunto difuso a partir de dois ou mais conjuntos difusos iniciais.

A preocupação neste momento é a maneira como foi tratada esta composição pelos especialistas humanos.

No processo de aquisição do conhecimento, foi observado que o raciocínio dos especialistas humanos nos leva a idéia de média, podendo-se assim, propor a utilização da média dos graus de pertinência.

A média simples é entendida como uma medida de tendência central que soma volumes e divide esta soma pelo número de parcelas somadas. O conceito mais próximo ao volume de um conjunto difuso é sua cardinalidade, discutido no capítulo IV.

Para se obter o grau de pertinência das composições efetuadas, será utilizada então, a média simples dos graus de pertinência dos conjuntos difusos iniciais.

No caso dos conceitos, a composição também será feita seguindo-se a orientação dos especialistas humanos. Estas composições podem ser oriundas de subconjuntos adjacentes ou não.

Quando os subconjuntos forem adjacentes a composição terá como resposta o conceito do conjunto que apresentar o maior grau de pertinência. Por exemplo, se os subconjuntos tiverem conceitos bom e satisfatório e o grau de pertinência do primeiro for superior ao segundo, então o conceito da composição será bom.

Se os subconjuntos não são adjacentes então a composição torna-se mais evidente, conforme o raciocínio do especialista humano. Por exemplo, se os conceitos envolvidos são satisfatório e insuficiente, então a composição terá conceito regular.

A composição dos conjuntos com os índices iniciais tem como resultado os conjuntos com os índices de estrutura, rentabilidade e liquidez, que também serão compostos seguindo-se o mesmo raciocínio das composições anteriores.

As composições acontecem até que se tenha o conjunto difuso conclusivo, para que se defina as atribuições de crédito.

## **5.7. DEFUZIFICAÇÃO**

Até que se obtenha a liberação do crédito através dos conjuntos difusos, vários cálculos são efetuados e estes nos fornecem como resultados os graus de pertinência das variáveis linguísticas do sistema.

O processo de defuzificação das variáveis difusas são tratadas neste trabalho da seguinte maneira:

A partir do conceito difuso conclusivo, através de regras, é feito um mapeamento de valores que comparados aos limites de risco e ao crédito solicitado, resultam no crédito a ser liberado para o cliente.

## **5.8. CONCLUSÃO**

Neste capítulo foi apresentado um modelo teórico para análise de crédito no que tange o limite de uma agência.

Para o desenvolvimento do modelo, foram descritos seus principais componentes, onde mostrou-se as informações não difusas, os cálculos numéricos, as informações linguísticas, os cálculos difusos e os procedimentos de "fuzificação" e "defuzificação".

No próximo capítulo será apresentado uma aplicação prática deste modelo, que foi desenvolvido numa instituição financeira bancária - Besc - Banco dos Estado de Santa Catarina S.A., no último semestre de 1994.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. APLICAÇÃO**

#### **6.1. INTRODUÇÃO**

A complexidade na tarefa de análise de crédito nos limites da agência motivou a realização deste trabalho. Para o desenvolvimento foram utilizados como principais ferramentas, os sistemas especialistas e a teoria dos conjuntos difusos.

Com base nas informações dos especialistas do SISTEMA FINANCEIRO BESC, neste capítulo é apresentado a aplicação prática do modelo proposto, utilizando-se dados reais dos solicitantes de crédito. Assim, as empresas testadas terão preservados seus dados confidenciais.

O objetivo é mostrar os resultados obtidos pelo sistema computacional, que serão comparados aos resultados dos especialistas humanos.

O sistema computacional, em forma de protótipo, foi desenvolvido em Borland Pascal for Windows - versão 7.0.

Foram submetidas aos testes, solicitações de crédito de diferentes ramos de atividade, efetuadas nas diversas agências do Sistema Financeiro, com um percentual de aceitação considerado satisfatório, conforme está exposto posteriormente.

## 6.2. IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

Conforme mostrado na FIGURA 5.1., do capítulo anterior, um conjunto de rotinas computacionais foram desenvolvidas. A aplicação do modelo é ilustrada através do exemplo a seguir.

A FIGURA 6.1. mostra a janela principal, que é apresentada para que o analista tenha disponível as diversas opções para o procedimento de análise de crédito.

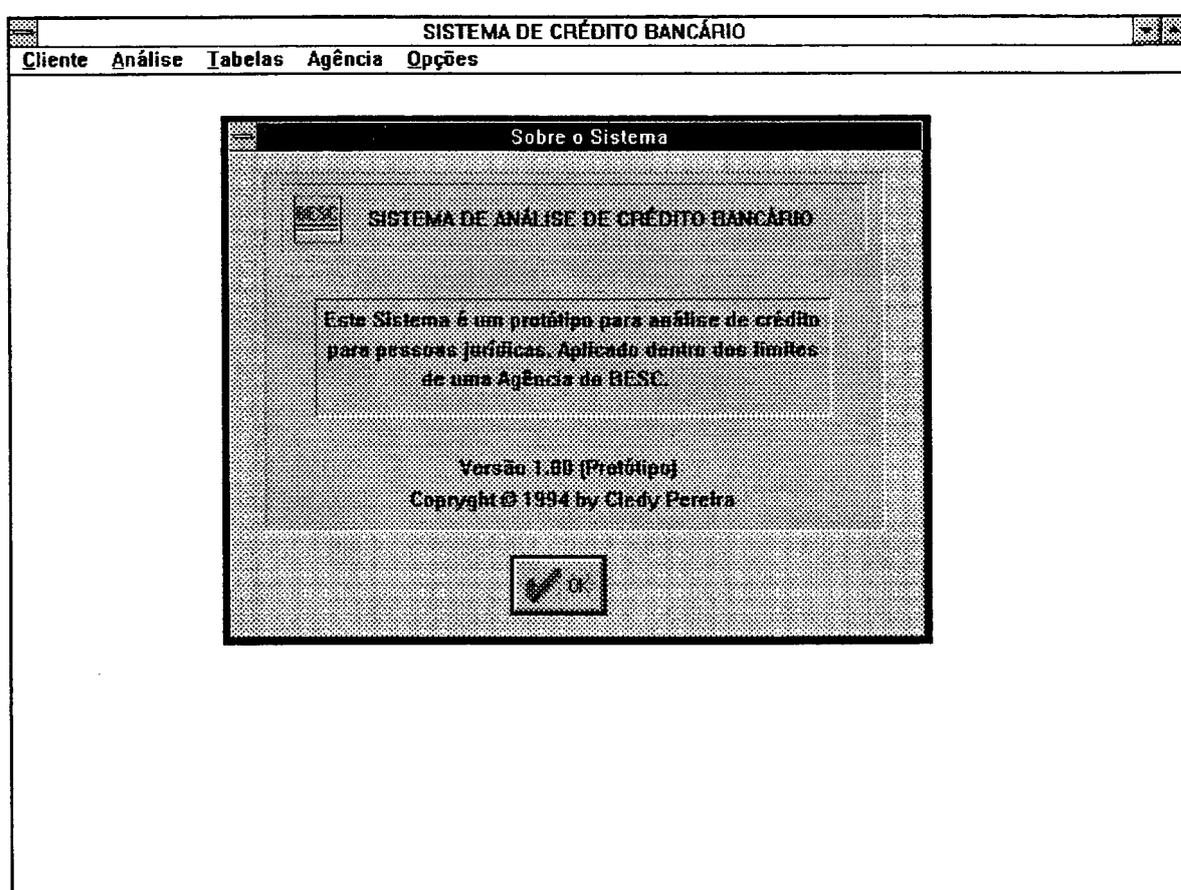


FIGURA 6.1. - Janela principal do sistema

Ao acionar **Cliente**, o analista tem disponível as opções para inclusão, consulta ou exclusão de dados referentes a empresa solicitante.

No exemplo, selecionou-se a opção **Incluir** para que todos os dados de entrada sejam fornecidos ao sistema. A FIGURA 6.2. nos mostra este procedimento.

**SISTEMA DE CRÉDITO BANCÁRIO**

Cliente **Análise**  **Tabelas**  **Agência**  **Opções**

---

**INFORMAÇÕES DO CLIENTE**

Nome: **CLIENTETESTE**      CGC: **11111111111111**

Ramo de Atividade: **Indústrias e Fabricas**      Data Solicitação: **12/2/1995**

Crédito Solicitado: **2000000**      Limite da Agência: **2147000000**

Limite Cadastral:  Com Restrições  Sem Restrições      Data base: **11/11/11**

---

**CONTAS**

Total do Ativo Circulante	9168505
Ativo circulante + realizável a longo	9170112
Total da imobilizada	8879468
Total do Ativo	18674717
Total do passivo circulante	12617360
Passivo circulante + exigível a longo prazo	17345604
Total do resultado do exercício futuro	1
Total do patrimônio Líquido (PL)	1329113
Receita Operacional Bruta (vendas/serviços)	8639946
Lucro / prejuízo do exercício	803163
Faturamento média (últimos 6 meses)	226343152

FIGURA 6.2. - Janela com os dados de entrada do sistema.

Se selecionarmos a opção **Consulta**, o analista poderá confirmar se o cliente já está ativo e seus dados atualizados. Nesta opção podem ser feitas alterações nas informações.

Após a entrada de dados, o sistema faz os cálculos dos índices através das fórmulas apresentadas no capítulo II.



Após os cálculos dos índices, são feitos os cálculos dos limites de risco com relação ao patrimônio líquido e faturamento médio, de acordo com os procedimentos apresentados no capítulo II.

A FIGURA 6.4. mostra os limites de risco calculados para o exemplo.

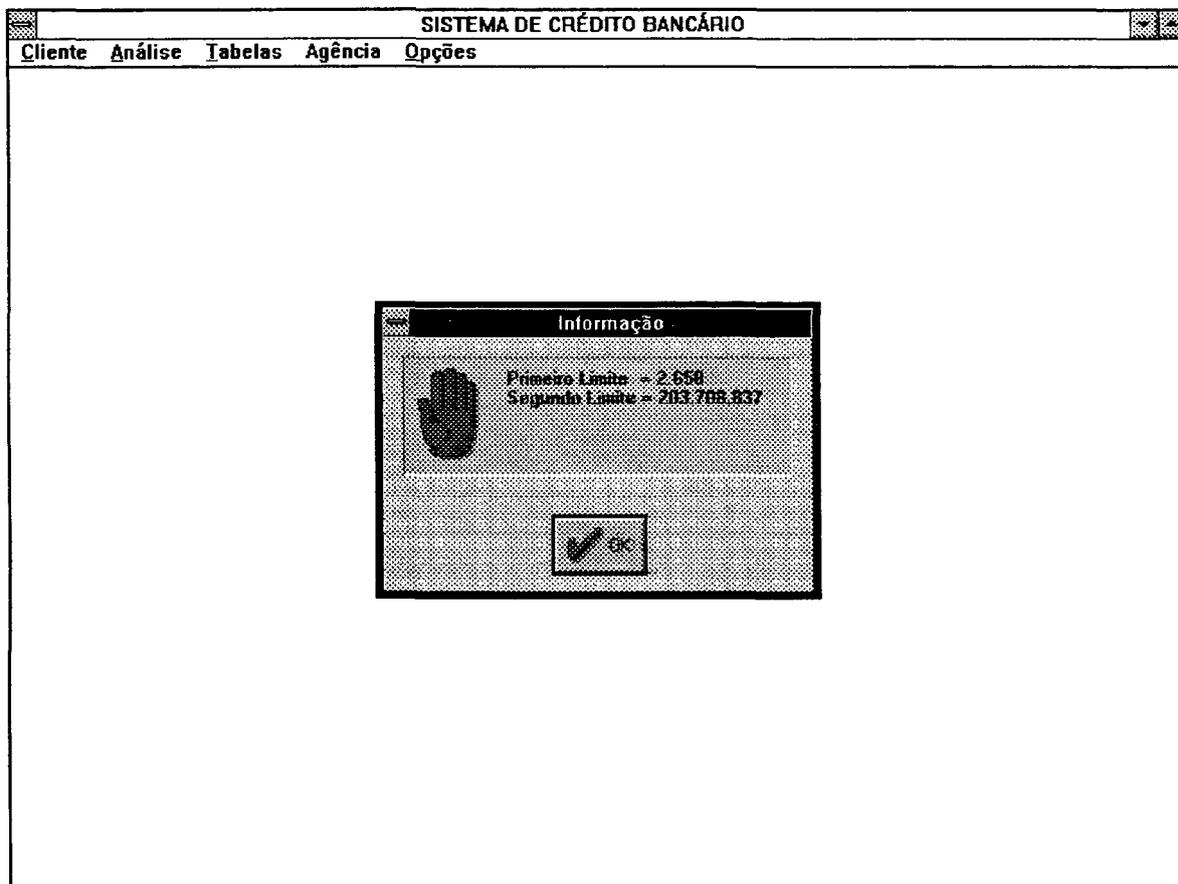


FIGURA 6.4. - Janela com o cálculo dos limites de risco.

A partir das várias informações constantes no sistema, é feita uma busca para solução final. Este procedimento é chamado de encadeamento para frente, apresentado no capítulo III.

Conforme descrições apresentadas no capítulo anterior, para se efetuar os cálculos difusos, funções de pertinência foram criadas. No exemplo, foram utilizadas as seguintes funções:

- Liquidez Corrente:  $\mu_l(x) = 1 - (x / 1.03)$

- Liquidez Geral:  $\mu_{\tilde{a}}(x) = 1 - (x / 1.04)$
- Imobilização:  $\mu_{\tilde{a}}(x) = (x - 0.95) / 1.52$
- Endividamento:  $\mu_{\tilde{a}}(x) = (x - 0.60) / 0.86$
- Capitais de Terceiros:  $\mu_{\tilde{a}}(x) = 1 - (x / 0.66)$
- Lucratividade Sobre Vendas:  $\mu_{\tilde{b}}(x) = (x - 17.41) / 6.12$

A representação gráfica das funções de pertinência utilizadas para o exemplo, são apresentadas nas FIGURAS 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10.

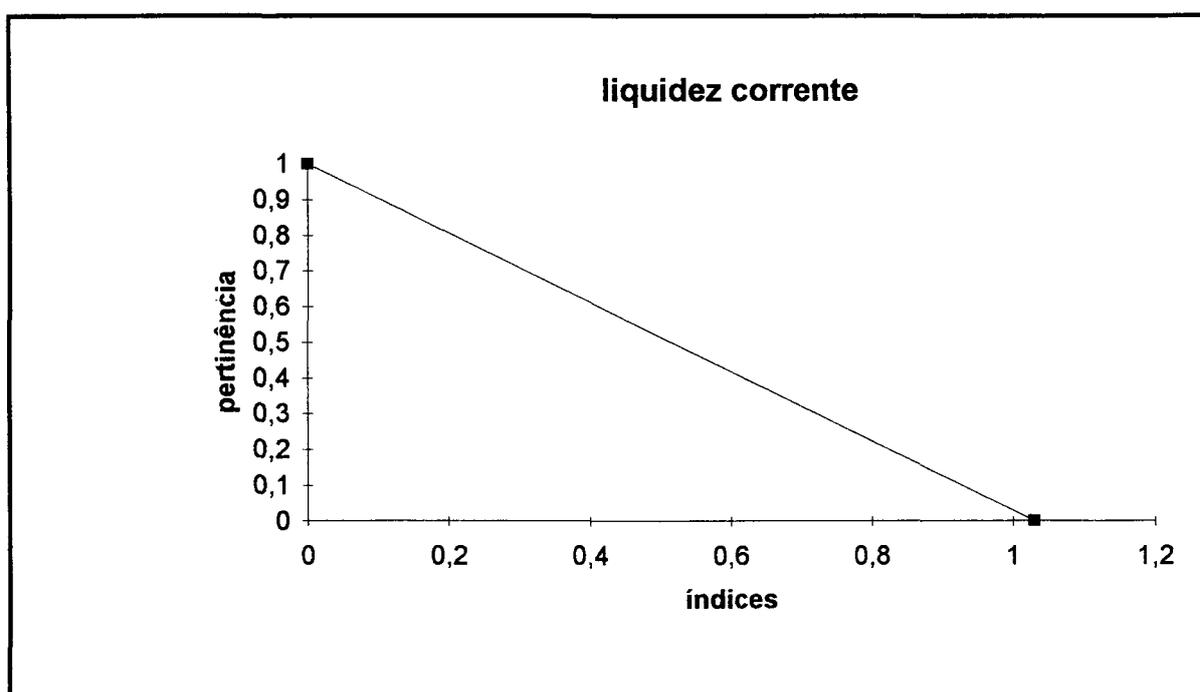


FIGURA 6.5. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso liquidez corrente de rótulo insatisfatório.

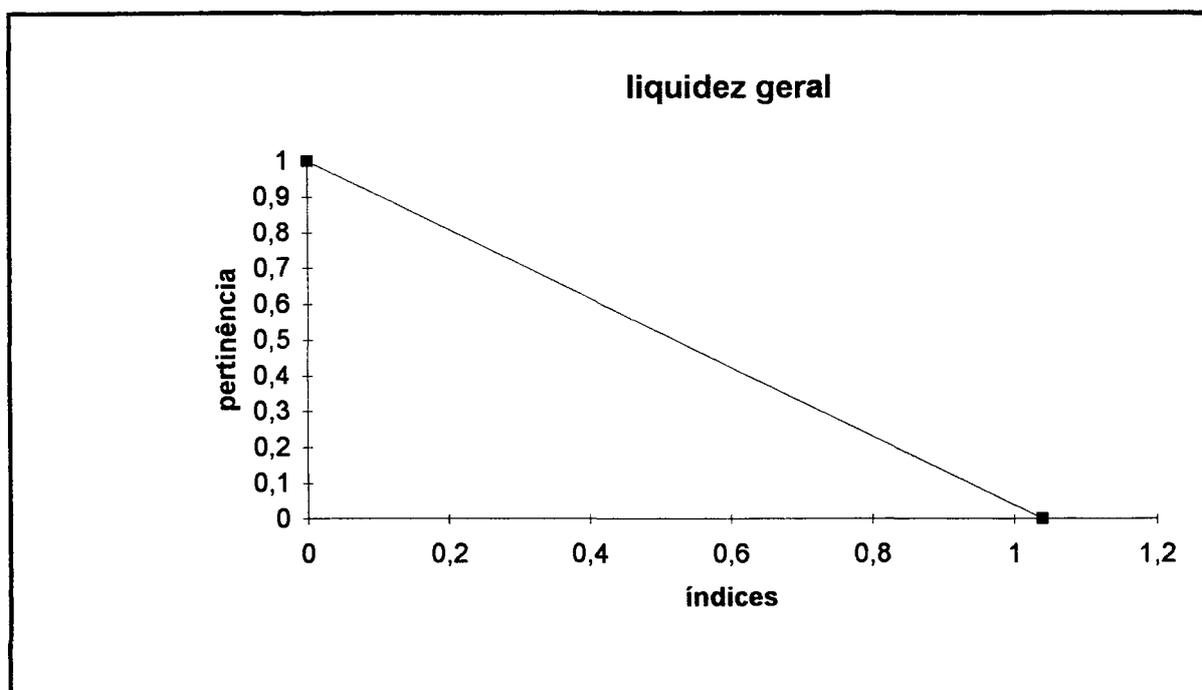


FIGURA 6.6. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso liquidez geral de rótulo insatisfatório.

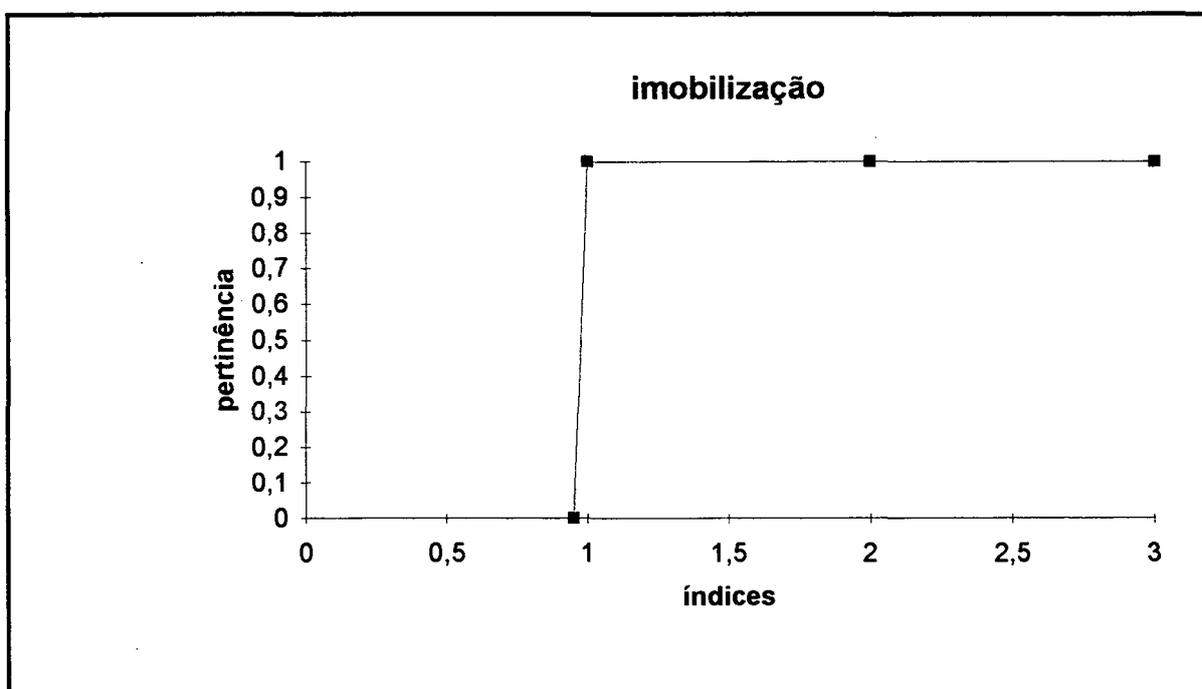


FIGURA 6.7. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso imobilização de rótulo insatisfatório.

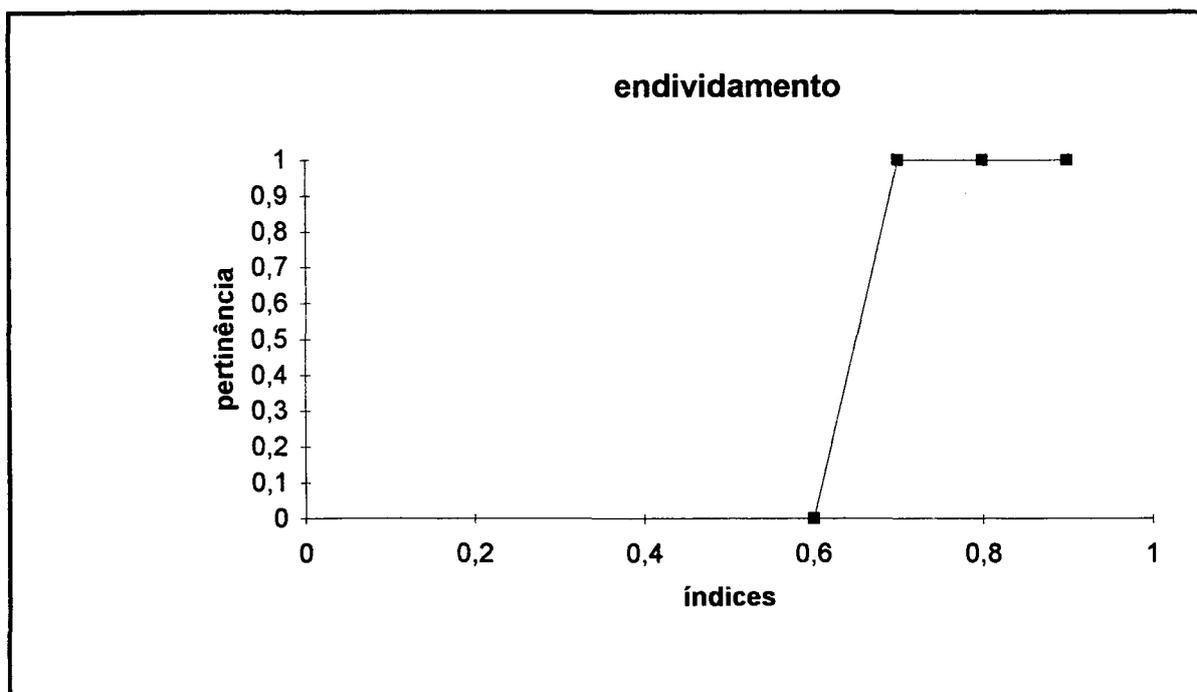


FIGURA 6.8. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso endividamento de rótulo insatisfatório.

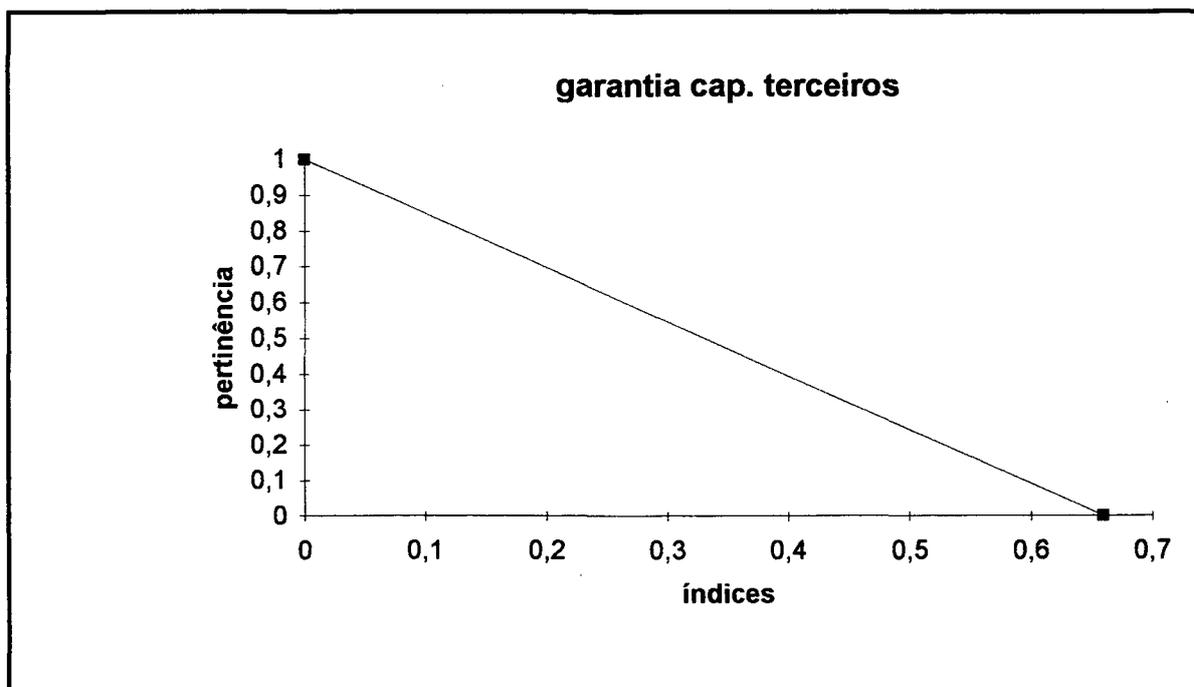


FIGURA 6.9. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso garantias de cap. terceiros de rótulo insatisfatório.

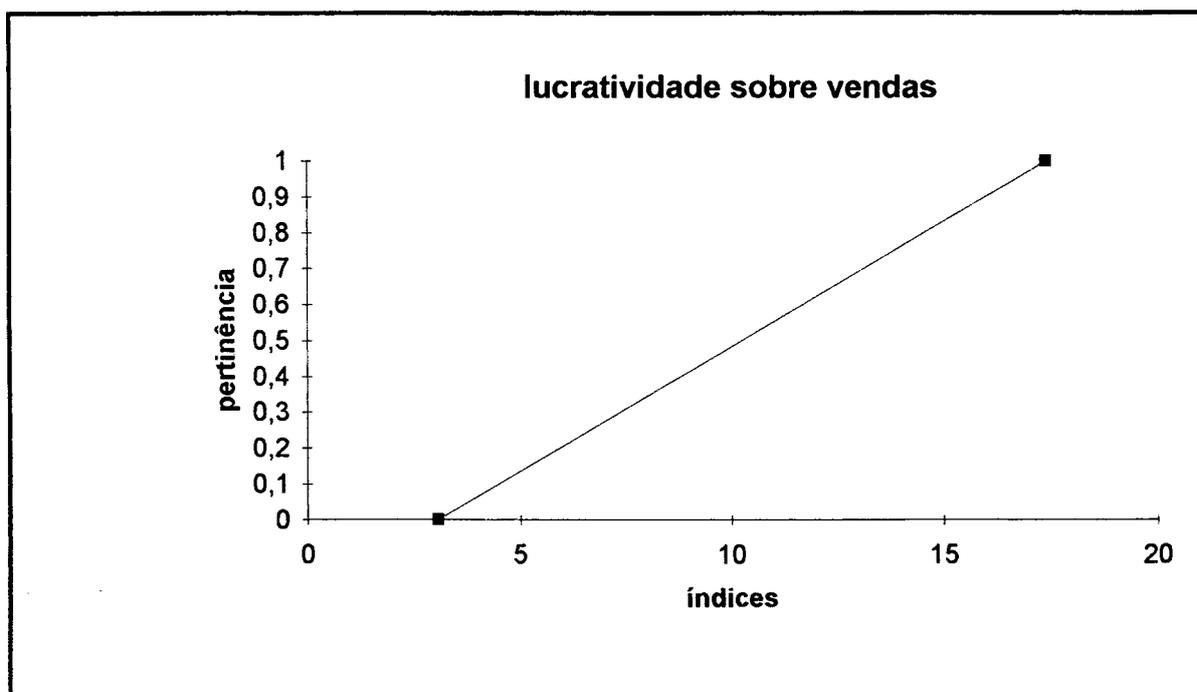


FIGURA 6.10. - Representação gráfica da função de pertinência do conjunto difuso lucratividade sobre vendas de rótulo satisfatório.

A TABELA 6.1 mostra os valores numéricos dos índices e seus atributos difusos.

índices	valores numéricos	conceito difuso
liquidez corrente	0.73	( I, 0.291262 )
liquidez geral	0.53	( I, 0.480384 )
de imobilização	6.68	( I, 1.000000 )
de endividamento	0.93	( I, 0.383720 )
de gar. de cap. terceiros	0.08	( I, 0.878787 )
lucratividade s/vendas	9.30	( S, 0.43475 )

TABELA 6.1. - Valores numéricos dos índices e seus atributos difusos.

Após a criação dos conjuntos difusos dos índices iniciais, novos conjuntos serão formados pelas composições. Neste exemplo as composições foram efetuadas da seguinte maneira:

Seja (I,0.291262) o conceito difuso do índice de liquidez corrente e (I,0.480384) o conceito difuso do índice de liquidez geral. Como os conceitos são

iguais então o conceito da composição será I e o grau de pertinência é a média dos graus que vale 0.385823. Esta composição nos mostra o conjunto difuso do índice de liquidez.

No caso do conceito difuso do índice de imobilização (I,1.000000) e o índice de capitais de terceiros (I,0.878787), tem-se uma composição igual à (I,0.9393935), que é a composição para o índice de estrutura.

Para o conceito difuso do índice de endividamento (I,0.383720) e lucratividade sobre vendas (S, 0.43475), a composição é o conjunto difuso (R,0.409235), que representa o índice de rentabilidade.

Os conjuntos difusos que representam os índices de liquidez, estrutura e rentabilidade também serão compostos dois a dois, usando-se o raciocínio anterior, até que se tenha o conceito difuso conclusivo, onde através de regras, serão mapeados os valores que comparados ao crédito solicitado e aos limites com relação ao patrimônio líquido e faturamento médio, resultam no crédito a ser liberado para o cliente. As regras utilizadas são do tipo SE ... ENTÃO.

No exemplo, o crédito solicitado pelo cliente foi de 2.000.000, sendo que o especialista liberou 800.000, que representa 80% do valor liberado pelo sistema computacional.

A FIGURA 6.11. apresenta uma tela com o perfil geral do cliente exemplo e os valores de crédito solicitado e crédito liberado.



### 6.3. RESULTADOS OBTIDOS

De acordo com o que foi apresentado na seção anterior, um conjunto de testes foram submetidos para se obter a eficiência do sistema computacional.

A TABELA 6.2. mostra outros exemplos executados pelo sistema computacional.

CLIENTE	VALOR \$		
	SOLICITADO	LIBERADO	
		SISTEMA	ESPECIALISTA
CLIENTE1	2.000.000	1.000.000	800.000
CLIENTE2	8.000.000	4.000.000	4800.000
CLIENTE3	1.000.000	500.000	700.000
CLIENTE4	400.000.000	40.000.000	60.000.000
CLIENTE5	1.000.000.000	600.000.000	800.000.000
CLIENTE6	90.000.000	54.000.000	45.000.000
CLIENTE7	16.000.000	1.600.000	não liberou
CLIENTE8	50.000.000	25.000.000	40.000.000
CLIENTE9	6.000.000	3.000.000	3.500.000
CLIENTE10	20.000.000	2.000.000	3.000.000
CLIENTE11	10.000.000	1.000.000	não liberou
CLIENTE12	1.800.000	1.440.000	1.000.000
CLIENTE13	7.000.000	5.600.000	4.500.000
CLIENTE14	400.000.000	40.000.000	30.000.000
CLIENTE15	3.000.000.000	900.000.000	750.000.000
CLIENTE16	5.000.000	4.000.000	2.500.000
CLIENTE17	18.000.000	4.500.000	5.400.000
CLIENTE18	2.500.000	500.000	750.000
CLIENTE19	8.000.000	4.400.000	4.000.000
CLIENTE20	15.000.000	11.250.000	12.000.000
CLIENTE21	23.000.000	13.800.000	11.500.000
CLIENTE22	2.000.000.000	1.600.000.000	1.500.000.000
CLIENTE23	15.000.000	3.750.000	4.500.000
CLIENTE24	600.000.000	não liberou	não liberou
CLIENTE25	4.000.000	não liberou	não liberou
CLIENTE26	5.000.000	2.000.000	2.500.000
CLIENTE27	13.000.000	1.300.000	não liberou
CLIENTE28	7.500.000	750.000	1.875.000
CLIENTE29	200.000.000	140.000.000	150.000.000
CLIENTE30	400.000.000	350.000.000	300.000.000

TABELA 6.2. - Exemplos executados pelo sistema computacional.

A TABELA 6.3. representa a matriz-confusão, utilizada para comparação dos resultados.

A matriz-confusão, é uma matriz que determina similaridades entre as respostas obtidas pelos especialistas humanos e pelo sistema computacional desenvolvido [MAUS e KEYES, 1991].

Na construção da matriz-confusão foram adotados os intervalos de percentuais de 0 - 25%, 25 - 50%, 50 - 75% e 75 - 100%. A justificativa para este procedimento se deve ao fato de que as diferenças de valores encontradas pelo sistema em relação ao especialista, não afetam a situação econômica da instituição financeira.

		Respostas do sistema			
		25%	50%	75%	100%
Respostas Especialista	25%	n/a	6,66%	0	0
	50%	10%	n/a	10,0%	3,33%
	75%	0	10%	n/a	13,33%
	100%	0	0	6,66%	n/a

TABELA 6.3. - Matriz-confusão

Observando a TABELA 6.3., que representa a matriz-confusão, é possível concluir que dos teste executados, o sistema tem um comportamento mais próximo

em relação ao especialista quando os valores liberados são menores. Quando os valores são elevados o especialista agrega ao seu raciocínio regras não utilizadas pelo sistema. Em âmbito geral, o índice médio de acertos do sistema desenvolvido é de 85,005%.

O percentual de acertos foi considerado satisfatório, uma vez que dentro da tarefa de análise de crédito estão envolvidas muitas informações com elevado grau de complexidade.

## **CAPÍTULO VII**

### **7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

#### **7.1. CONCLUSÕES**

A análise de crédito numa instituição financeira é tarefa complexa e envolve a habilidade de fazer uma decisão de crédito.

A complexidade envolve o raciocínio dos especialistas humanos, que trabalham com constantes informações incompletas ou imprecisas.

Sistema especialista é um sistema computacional que emula a estratégia de resolução de problemas de um especialista humano.

A capacidade cognitiva do especialista humano nunca será substituído pelo sistema especialista, porém, este é uma importante ferramenta na resolução de problemas.

A capacidade de agregar o conhecimento e experiência de muitos especialistas humanos ao mesmo tempo, faz com que o sistema especialista seja uma ferramenta não só de racionalização operacional, como também de uniformização e controle de procedimentos.

A resolução para a representação das imprecisões e complexidades do raciocínio humano é encontrada na teoria dos conjuntos difusos.

Na presente dissertação foi desenvolvido um sistema especialista com técnicas da teoria dos conjuntos difusos, para análise de crédito bancário no que tange os limites da agência.

O sistema aqui desenvolvido está voltado para o problema específico do SISTEMA FINANCEIRO BESC.

Diante dos conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento do sistema aqui apresentado, este trabalho, no sentido de aprimorar a utilização das ferramentas computacionais, é mais um passo na busca da agilidade e qualidade na tarefa de análise de crédito.

## **7.2. RECOMENDAÇÕES**

Aplicar extensivamente o modelo nas diversas agências do SISTEMA FINANCEIRO BESC com o acompanhamento paralelo dos especialistas, incorporar novas regras no sistema computacional, utilizar outros operadores para agregação das informações e ampliar a base de conhecimento do sistema especialista, são recomendações para se chegar a um modelo mais próximo do ideal.

## **BIBLIOGRAFIA**

BASTOS, R. C. Avaliação de Desempenho de Sistemas Educacionais, Uma Abordagem Utilizando Conjuntos Difusos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.

BESC. Manual de Serviços - MS8 - Cadastro e Análise de Crédito, 1993.

COMPTON, E.N. Princípios das Atividades Bancárias. São Paulo, IBCB, 1990.

DOMBI, J. Membership function as an evaluation. Fuzzy Sets and Systems, 1990.

DUBOIS, D. e PRADE, H. Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications. New York, Academic Press, 1980.

FILHO, F.P.S. Garantias nas Operações de Crédito, São Paulo, IBCB, 1990.

HALL, Lawrence, O'Higgins, KANDEL, Abraham. Designing Fuzzy Expert Systems. Verlag TUV Rheinland, 1986.

HOFFMAN, R. R., The problem of extracting the knowledge of experts from the perspective of experimental psychology, 1987.

INTERRANTE, L.D. E BIEGEL, J.E. Design of Knowledge based Systems: Matching Representations with Application Requirements. Computers and Engeneering, 1990.

KANDEL, A. Fuzzy Mathematical Techniques with Applications. Reading, Addison-Wesley, 1986.

KANDEL, A. Fuzzy Techniques in Pattern Recognition. New York, John Wiley, 1982.

LAPOLLI, F. R. Sistema Especialista Difuso para Controle de Estações de Tratamento de Esgotos pelo Processo de Lodos Ativados. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

MAUS, R. E KEYES, J. Handbook of Expert Systems in Manufacturing, New York, 1991.

MAUS, R. e KEYES, j. Handbook of Expert Systems in Manufacturing, New York, 1991.

PACHECO, R.C.S. Tratamento de Imprecisão em Sistemas Especialistas. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.

PASSOS, E. L. Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas ao Alcance de Todos. Rio de Janeiro, Soc. Ben. Guilherme Guinle, 1989.

PINHEIRO, C. C. Uma Técnica Difusa para Análise da Programação da Produção. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

RICH, E. Artificial Intelligence. New York, McGraw-Hill, 1988.

SCHRICKEL, W.K. Análise de Crédito: Concessão e gerência de empréstimos, São Paulo, Atlas, 1994.

SILVA, J. P. Análise Financeira das Empresas. São Paulo, Atlas, 1988.

SILVA, J. P. Análise e Decisão de Crédito. São Paulo, Atlas, 1988.

TUCKER, A.R.J, FRALEY, P.E., SWANSON,L.P. Fuzzy logic in C: An Update, Dr. Dobb's Journal, April 1994.

WATERMANN, D. A. A Guide to Experts Systems. Addison-Wesley, 1986.

WEBER, R.O. Sistema Especialista Difuso para Análise de Crédito. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

ZADEH, L The concept of a linguistic variable and its applications to aproximate reasoning-part I. Information Sciences, 1975.

ZADEH, L The concept of a linguistic variable and its applications to aproximate reasoning-part II. Information Sciences, 1975.

ZADEH, L The concept of a linguistic variable and its applications to aproximate reasoning-part III. Information Sciences, 1975.

ZADEH, L.A. Fuzzy Sets, Information and Control, 1965.

ZIMMERMANN, H. J. Fuzzy Set Theory and Its Applications. Boston, Kluwer, 1985.