

# APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE RISCO DE CLIENTE PARA TOMADA DE CRÉDITO UTILIZANDO LÓGICA FUZZY TOOLBOX DO MATLAB

Diogo Mendes. Luciana Wanderley

Especialização em Engenharia de Sistemas  
Universidade Estadual de Montes Claros  
Campus Universitário Professor Darcy Ribeiro  
Cx. Postal 126 – 39401-089 - Montes Claros - MG

## 1 – Introdução

A realidade da concessão do crédito a pessoas físicas gera riscos para a instituição financiadora, há preocupação com a inadimplência. Faz-se então necessário ao especialista da área de empréstimo classificar o cliente, quanto à capacidade e disposição de pagar um empréstimo solicitado de acordo com os termos do contrato assinado.

Para análise simples da capacidade financeira do cliente, utilizaremos as informações que são tradicionalmente conhecidas como “C’s do Crédito”: Caráter, Capacidade, Capital, Colateral e Condições.

Propomos um modelo que utiliza como base, informações do sistema de crédito, descritas acima e conceitos da lógica fuzzy, que possibilita modelar e manipular matematicamente informações vagas e imprecisas. Esta manipulação é feita a partir da composição de variáveis escolhidas, estabelecendo um conjunto de *regras lingüísticas*, gerando respostas para a tomada de decisão.

## 2 – Conceitos Básicos da Lógica Nebulosa ou Fuzzy

A teoria dos conjuntos nebulosos foi desenvolvida a partir de meados de 1960 por Lotfi Zadeh, na Universidade da Califórnia em Berkeley, para tratar do aspecto vago da informação.

Para BITTENCOURT (2001, p. 282), “a teoria dos conjuntos nebulosos é o modelo mais tradicional para o tratamento da informação imprecisa e vaga”. Este modelo permite graduações na pertinência de um elemento a uma dada classe, ou seja, possibilitando a um elemento de pertencer com maior ou menor intensidade àquela classe.

Segundo TANSCHKEIT, os conjuntos nebulosos é uma generalização da teoria dos conjuntos tradicionais, pois na lógica clássica, são utilizados os valores extremos, verdadeiro ou falso, 0 ou 1. Definindo a pertinência de um elemento  $x$  a um conjunto  $A$ , a ideia proposta por Zadeh é que a função de pertinência assumisse infinitos valores no intervalo entre 0 e 1, ampliando a teoria dos conjuntos tradicionais.

SANDRI; CORREA (1999, p. c074) descreve como um conjunto nebuloso é definido formalmente:

*“um conjunto  $A$  do universo de discurso  $\Omega$  é definido por uma função de pertinência  $\mu_A : \Omega \rightarrow [0,1]$ . Essa função associa a cada elemento  $x$  de  $\Omega$  o grau  $\mu_A(x)$ , com o qual  $x$  pertence a  $A$  [1]. A função de pertinência  $\mu_A(x)$  indica o grau de compatibilidade entre  $x$  e o conceito expresso por  $A$ :*

- $\mu_A(x) = 1$  - indica que  $x$  é completamente compatível com  $A$ ;
- $\mu_A(x) = 0$  - indica que  $x$  é completamente incompatível com  $A$ ;
- $0 < \mu_A(x) < 1$  - indica que  $x$  é parcialmente compatível com  $A$ ;

A Lógica Nebulosa, ou Lógica Fuzzy, é baseada na teoria dos Conjuntos Nebulosos. Utilizam a expressão “variável linguística” para descrever uma variável cujos valores são nomes de conjuntos fuzzy. Os valores de uma variável linguística podem ser sentenças em uma linguagem especificada. TANSCHHEIT

A Lógica Nebulosa está baseada em palavras e não em números, ou seja, os valores verdadeiros são expressos linguisticamente. Por exemplo, uma variável linguística Altura poderá assumir os termos: baixo, médio, alto, muito alto, etc.

Para SANDRI; CORREA (1999), um controlador nebuloso é um sistema nebuloso baseado em regras do tipo Se <premissa> Então conclusão>, que define ações de controle em função das diversas faixas de valores que as variáveis podem assumir. As primeiras aplicações de técnicas de controle nebuloso originaram-se de pesquisas e projetos de E. H. Mamdani. Os tipos de controladores nebulosos são os modelos clássicos, compreendendo o modelo de Mamdani e o de Larsen, e os modelos de interpolação, compreendendo o modelo de Takagi-Sugeno e o de Tsukamoto.

Os Controladores nebulosos são compostos por módulos de: entrada, fuzzificação, base de regras, inferência, defuzzificação e saída.

O módulo de *fuzzificação* consiste em transformar os valores de entrada, representado pelas variáveis linguísticas, que possuem valores numéricos, em valores nebulosos. Cada variável linguística deve ser representada por uma função de pertinência. Os formatos mais comumente utilizados para funções de

pertinência são: triangulares, trapezoidais e gaussianos.

Segundo AMENDOLA et al, a *base de regras* é o que constitui o núcleo do sistema. É neste módulo onde “se guardam” as variáveis e suas classificações linguísticas; O módulo de *inferência* verifica as regras, disparando um peso para cada uma.

O módulo de saída gera um resultado a partir das regras, combinando os resultados de cada regra por uma operação matemática, resultando em um valor nebuloso.

O módulo de defuzzificação consiste em transformar os valores nebulosos obtidos na saída do controlador em valores numéricos.

Segundo SANDRI; CORREA, os métodos de “defuzzificação” mais utilizados são:

- Primeiro Máximo (SOM): Encontra o valor de saída através do ponto em que o grau de pertinência da distribuição da ação de controle atinge o primeiro valor máximo;
- Método da Média dos Máximos (MOM): Encontra o ponto médio entre os valores que têm o maior grau de pertinência inferido pelas regras;
- Método do Centro da Área (COA): O valor de saída é o centro de gravidade da função de distribuição de possibilidade da ação de controle.

### 3 – MATLAB

O MATLAB (Matrix Laboratory) é um sistema interativo e uma linguagem de programação para a computação técnica e científica em

geral, ele é baseado em matrizes. Permite a interação com o usuário através de uma janela de Comando, onde os usuários devem fornecer os comandos para que os cálculos e resultados sejam exibidos.

O Matlab possui uma família de aplicativos específicos (toolboxes), que são coleções de funções usadas para resolver determinados problemas tais como: otimização, manipulação algébrica, redes neurais, processamento de sinais, simulação de sistemas dinâmicos, lógica fuzzy, entre outros.

O Toolbox Fuzzy do MATLAB oferece duas opções: o Método de Mamdani e o Método de Sugeno. Analogamente, existem diversos métodos de defuzificação. Devido à simplicidade e eficiência, utilizaremos no modelo prático o Método de Mamdani, na etapa de inferência, e o Método do centróide, na etapa de defuzificação.

#### 4 – Crédito e Risco

A concessão de crédito é a disponibilização de um valor e mediante uma promessa de pagamento desse mesmo valor no futuro, que pressupõe a confiança na capacidade de pagamento do tomador, isto é, de que o mesmo irá honrar os seus compromissos nas datas previamente acordadas. A concessão do crédito gera um risco: o risco de crédito ocorre quando há incapacidade de uma contrapartida numa operação de concessão de crédito

As informações que são necessárias para a análise simples da capacidade financeira dos tomadores de crédito são tradicionalmente conhecidas como “C’s do Crédito”: Caráter, Capacidade, Capital, Colateral e

Condições. Os C’s do crédito são resumidamente descritos a seguir:

- **CARÁTER:** É o histórico do solicitante quanto ao cumprimento de suas obrigações financeiras, contratuais e morais. Para este conceito podem ser levados em consideração os dados históricos de pagamentos e quaisquer causas judiciais pendentes ou concluídas contra o solicitante do crédito.
- **CAPACIDADE:** Leva em consideração o potencial do cliente para quitar o crédito solicitado. Para quantificar este conceito são feitas análises dos demonstrativos financeiros, com ênfase especial nos índices de liquidez e de endividamento.
- **CAPITAL:** A solidez financeira do solicitante, conforme se encontra indicada pelo patrimônio líquido do solicitante. O total de exigíveis (a curto prazo e a longo prazo) em relação ao patrimônio líquido.
- **COLATERAL:** O montante dos ativos colocados à disposição pelo solicitante para garantir o crédito. Naturalmente, quanto maior esse montante, maior será a probabilidade de se recuperar o valor creditado, no caso de inadimplência. O exame do balanço patrimonial e a avaliação de ativos em conjunto com o levantamento de pendências judiciais podem ser usados para estimar os colaterais.
- **CONDIÇÕES:** As condições econômicas e empresariais vigentes, bem como

circunstâncias particulares que possa afetar qualquer das partes envolvidas na negociação.

O processo de concessão de crédito levanta uma questão relacionada com a possibilidade ou incerteza do cumprimento do combinado por parte do cliente. Segundo GITMAN (1997, p.202), risco pode ser entendido como possibilidade de perda, ou como variabilidade de retornos esperados relativos a um ativo. Enquanto incerteza seria outro termo formalmente usado com o mesmo sentido de risco.

## 5 – Aplicação

O modelo proposto deste trabalho se baseia nos conceitos e variáveis de cada um dos elementos dos C's do Crédito para indicar o possível risco de um cliente quando ele for realizar uma operação de crédito. O modelo foi desenvolvido na ferramenta Toolbox Fuzzy do Matlab e a informação dos valores de entrada para cada uma das variáveis deve auxiliar o analista bancário a calcular o risco de uma operação de crédito.

- 1 - Experiência Anterior,
- 2 - Comprometimento de Renda
- 3 - Renda,
- 4 - Garantias
- 5 - Condições:

- 5.1 - Idade
- 5.2 - Valor Solicitado
- 5.3 - Ambiente

1 – Experiência Anterior: Esta variável considera o histórico do tomador de crédito. Baseado nas suas experiências anteriores o cliente pode ser beneficiado ou pode ser o acesso ao crédito restrito. Para esta variável podemos considerar os seguintes valores:

- Experiência Negativa: Cliente sem histórico com anotações

cadastrais ou que possui histórico com operações mal sucedidas ou com atrasos constantes.

- Experiência Neutra: Cliente sem histórico de operações e sem anotações cadastrais.
- Experiência Positiva: Cliente com histórico de operações realizadas com pagamentos em dia e sem restrições ou anotações cadastrais.

2 – Comprometimento de Renda: Com esta variável é possível informar a porcentagem do valor de renda já comprometida pelo cliente podendo indicar a facilidade de honrar os compromissos das parcelas ou se irá ocorrer o endividamento do tomador de recursos. Para esta variável podemos considerar os seguintes valores:

- 0% a 33% de renda livre = renda muito comprometida
- 34% a 66% de renda livre = renda pouco comprometida
- Acima 66% de renda livre = renda mínima comprometida

3 – Renda: Esta variável deve especificar a faixa salarial que o tomador se enquadra. A unidade de medida escolhida para esta variável será a quantidade de salários mínimos recebidos.

- Até dois salários mínimos = renda Baixa.
- Dois a Dez salários mínimo = renda Média.
- Acima de Dez salários mínimos = renda Alta.

4 – Garantias: Esta variável possibilitará especificar um índice que o clientes (tomador de crédito) pode disponibilizar através de garantias como por exemplo imóveis como elementos garantidores de pagamento pelo crédito tomado.

- Garantia de até 25% = Garantia Mínima.
- Garantias de 25% a 75% = Garantia Considerável.
- Garantia acima de 75% = Garantia Aceitável

5 – Condições: Nesta variável será relacionado o elemento. Ele está relacionado com as condições econômicas vigentes. Podemos ter um ambiente favorável ou não para a liberação do crédito influenciado pelo incentivo ou não do acesso ao crédito que é anunciado pelo governo.

- Favorável
- Desfavorável

O resultado será expresso em conceito para representar o nível de risco que será atribuído ao cliente para uma possível operação de crédito. Como resultado será possível atribuir aos clientes um dos cinco tipos de risco:

- Risco A - Risco Mínimo
- Risco B - Risco Aceitável
- Risco C - Risco Médio
- Risco D - Risco Considerável
- Risco E - Risco Alto

### 5.1 – Modelo Prático

No modelo prático utilizando o Toolbox Fuzzy foram utilizadas as variáveis de entrada ou variáveis lingüísticas, descritas no sistema de crédito como C's. As variáveis de entrada foram denominadas como: *Experiência Anterior*, *Comprometimento De Renda*, *Renda*, *Garantia*, *Ambiente*, e *Risco Do Cliente* como variável de saída.

As regras escolhidas na aplicação estão descritas a seguir:

1. Se (*Experiência Anterior* é Negativa) ou (*Comprometimento de Renda* é Muito) então (*Risco do Cliente* é Risco E)

2. Se (*Experiência Anterior* é Neutra) e (*Comprometimento de Renda* é pouca) e (*Renda* é Média) e (*Garantia* é Mínima) e (*Ambiente* é Desfavorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco E)

3. Se (*Experiência Anterior* é Neutra) e (*Comprometimento De Renda* é pouca) e (*Renda* é Média) e (*Garantia* é Mínima) e (*Ambiente* é Favorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco D)

4. Se (*Experiência Anterior* é Neutra) e (*Comprometimento De Renda* é pouca) e (*Renda* é Média) e (*Garantia* é Considerável) então (*Risco Do Cliente* é Risco D)

5. Se (*Experiência Anterior* é Neutra) e (*Comprometimento De Renda* é pouca) e (*Renda* é Média) e (*Garantia* é Aceitável) então (*Risco Do Cliente* é Risco C)

6. Se (*Experiência Anterior* é Neutra) e (*Comprometimento De Renda* é Mínima) e (*Renda* é Média) e (*Garantia* é Considerável) então (*Risco Do Cliente* é Risco C)

7. Se (*Experiência Anterior* é Neutra) e (*Comprometimento De Renda* é Mínima) e (*Renda* é alta) então (*Risco Do Cliente* é Risco C)

8. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é Muito) e (*Renda* é Baixa) e (*Garantia* é Mínima) então (*Risco Do Cliente* é Risco C)

9. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é Muito) e (*Renda* é Média) e (*Garantia* é Considerável) e (*Ambiente* é Favorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco C)

10. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é Muito) e (*Renda* é Média) e (*Garantia* é Aceitável) e (*Ambiente* é Favorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco C)

11. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é pouca) e (*Renda* é Média) e (*Garantia* é Considerável) e (*Ambiente* é Favorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco B)

12. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é pouca) e (*Renda* é alta) e (*Garantia* é Mínima) e (*Ambiente* é Favorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco B)

13. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é pouca) e (*Renda* é alta) e (*Garantia* é Considerável) e (*Ambiente* é Desfavorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco B)

14. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é pouca) e (*Renda* é alta) e (*Garantia* é Considerável) e (*Ambiente* é Favorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco A)

15. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é pouca) e (*Renda* é alta) e (*Garantia* é Aceitável) e (*Ambiente* é Favorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco A)

16. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é Mínima) e (*Renda* é alta) e (*Garantia* é Mínima) e (*Ambiente* é Desfavorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco B)

17 Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é Mínima) e (*Renda* é alta) e (*Garantia* é Mínima) e (*Ambiente* é Favorável) então (*Risco Do Cliente* é Risco A)

18. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é Mínima) e (*Renda* é alta) e (*Garantia* é Considerável) então (*Risco Do Cliente* é Risco A)

19. Se (*Experiência Anterior* é Positiva) e (*Comprometimento De Renda* é Mínima) e (*Renda* é alta) e (*Garantia* é Aceitável) então (*Risco Do Cliente* é Risco A)

## 6 – Conclusão

O desenvolvimento na ferramenta Toolbox Fuzzy do Matlab possibilitou o desenvolvimento de um modelo demonstrativo simples e flexível, pois é muito simples fazer

mudanças nos critérios adotados, visando restringir ou flexibilizar a concessão de crédito.

Cada instituição financeira utiliza regras e parâmetros diferenciados para a análise de risco de seus clientes sendo que as regras propostas no modelo apenas foram criadas para demonstração.

O modelo proposto leva em consideração apenas as cinco variáveis mais importantes do processo de análise financeira, mas possibilita visualizar uma saída esperada para as devidas condições de entrada.

## 7 - Referências:

AMENDOLA, M. SOUZA, A. L. BARROS, L. C. **Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5.** [On Line]. Acessado em 20/04/2011. Disponível em <<[http://www.ime.unicamp.br/~laeciocb/manual\\_fuzzy\\_matlab.pdf](http://www.ime.unicamp.br/~laeciocb/manual_fuzzy_matlab.pdf)>>

BITTENCOURT, Guilherme. **Inteligência Artificial: ferramentas e teorias.** 2. Edição. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira.** Porto Alegre: Bookman, 1997, 1. Edição.

SANDRI, Sandra. CORREA, Cláudio. **Lógica Nebulosa.** Acessado em 28/04/2011. Disponível em <[http://www.deti.ufc.br/~guilherme/PAPERS/curso\\_ERN99\\_fuzzy.pdf](http://www.deti.ufc.br/~guilherme/PAPERS/curso_ERN99_fuzzy.pdf)>

TANSCHKEIT, Ricardo. **Lógica Fuzzy, Raciocínio Aproximado e Mecanismos de Inferência.** [On Line]. Acessado em 28/04/2011. Disponível em <[http://tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/Si-artigo\\_logicafuzzy.pdf](http://tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/Si-artigo_logicafuzzy.pdf)>