

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO PARA APROVAÇÃO
DO LIMITE DE CRÉDITO FINANCEIRO DE UMA EMPRESA
TÊXTIL BASEADO EM REDE NEURAL

EDSON VANDER DE SOUZA

BLUMENAU
2006

2006/1-09

EDSON VANDER DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO PARA APROVAÇÃO
DO LIMITE DE CRÉDITO FINANCEIRO DE UMA EMPRESA
TÊXTIL BASEADO EM REDE NEURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Universidade Regional de Blumenau para a
obtenção dos créditos na disciplina Trabalho
de Conclusão de Curso II do curso de Ciências
da Computação — Bacharelado.

Prof. Oscar Dalfovo, Dr. - Orientador

**BLUMENAU
2006**

2006/1-09

**DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO PARA APROVAÇÃO
DO LIMITE DE CRÉDITO FINANCEIRO DE UMA EMPRESA
TÊXTIL BASEADO EM REDE NEURAL**

Por

EDSON VANDER DE SOUZA

Trabalho aprovado para obtenção dos créditos
na disciplina de Trabalho de Conclusão de
Curso II, pela banca examinadora formada
por:

Presidente: _____
Prof. Oscar Dalfovo, Dr. – Orientador, FURB

Membro: _____
Prof. Roberto Heinzle, MSc. – FURB

Membro: _____
Prof. Jomi Fred Hübner, Dr. – FURB

Blumenau, 31 de Maio de 2006

Dedico este trabalho a minha família e a todos os amigos, especialmente aqueles que me ajudaram diretamente na realização deste.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por estar presente em todos os momentos e me iluminando nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais, que me apoiaram durante toda a minha vida e sem os quais eu não teria chegado a este momento.

Aos meus amigos, pelos empurrões e cobranças.

Aos professores do curso, que me proporcionaram conhecimento para desenvolver este trabalho, ao professor Cláudio Loesch e especialmente ao professor Oscar Dalfovo, pela orientação, atenção e apoio dispensados na elaboração deste trabalho.

Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para elaboração deste trabalho.

Toda a vida do homem sobre a face da Terra se resume a isto: buscar a outra parte. Não importa se ele finge correr atrás da sabedoria, do dinheiro ou do poder.

Paulo Coelho

RESUMO

Nas últimas décadas, houve um grande desenvolvimento em métodos que visam a implementação de inteligência artificial. Entre eles, estão as técnicas de redes neurais. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação para análise do limite de crédito financeiro dos clientes de uma empresa no setor têxtil. Para esta análise utilizou-se uma Rede Neural Artificial *feedforward* multicamadas com treinamento *backpropagation*. Como entradas para esta rede são selecionadas variáveis segundo sua relevância, para análise do limite de crédito financeiro do cliente, tendo como objetivo a classificação desse limite como aprovado ou reprovado. Para a implementação desta aplicação foi utilizada a ferramenta Xseed/Java, e como ferramenta CASE de modelagem utilizou-se o Power Designer. Foram realizadas várias simulações para mostrar a eficiência deste trabalho. Os resultados obtidos foram satisfatórios pela agilidade e segurança adquiridos na concessão do limite de crédito financeiro dos clientes. Conclui-se que este trabalho foi importante pela oportunidade de aplicar o conceito de RNAs em uma organização, podendo assimilar melhor esse conceito com o desenvolvimento da aplicação.

Palavras-chave: Inteligência artificial. Redes neurais artificiais. Limite de crédito.

ABSTRACT

On the last decades we 've had great developments aiming artificial intelligence implementation. Among them we have neural Network Technics. This subject presents us the development concerning the application of Textile section Financial Credits limit analysis. Backpropagation Training and Multi - layered perceptron Artificial neural network were used. As entrances to this network, variables are selected according to its relevance to the Client's Financial Credit Analysis, aiming the passed or failed classificaton of the Limit. For the implementation of this application tool Xseed/Java was used along with the Power Design as modeling CASE tool. Several simulators were accomplished to show the efficiency of the work and the results were satisfactory for its agility and safety concerning Clients' Fincancial Credit Limits. It is ended that this work was important for the opportunity of applying the concept of RNAs in an organization, could assimilate that concept better with the development of the application.

Key-words: Artificial intelligence. Artificial neural network. Credit of limit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação de um neurônio biológico.....	19
Quadro 1 – Fórmula do cálculo da rede	21
Quadro 2 – Fórmula do cálculo da saída	21
Figura 2 – Representação do funcionamento de um neurônio artificial.....	21
Figura 3 – Representação dos Fluxos das RNA	22
Figura 4 – Função logística de ativação sigmóide binária	24
Quadro 3 – Fórmula do cálculo da função	24
Quadro 4 – Fórmula do cálculo da derivada.....	25
Figura 5 – Esquema do treinamento supervisionado.....	26
Figura 6 – Esquema do treinamento não supervisionado	27
Figura 7 – Exemplo de tela do sistema SINGE.....	46
Figura 8 – Diagrama de casos de uso	51
Figura 9 – Diagrama de seqüência Incluir Dados.....	52
Figura 10 – Diagrama de seqüência Treinar Rede	53
Figura 11 – Diagrama de seqüência Verificar Limite de Crédito.....	53
Figura 12 – Diagrama de seqüência Visualizar Relatório	54
Figura 13 – Diagrama de classes	55
Figura 14 – Tela de cadastro de pedido	61
Figura 15 – Tela para Incluir dados, Treinar rede e Verificar clientes.....	62
Quadro 5 – Exemplo do arquivo pra treinar rede	63
Quadro 6 – Código fonte pra treinar rede.....	63
Quadro 7 – Parte do código fonte da classe <i>backpropagation</i>	64
Quadro 8 – Exemplo do arquivo de análise de crédito.....	65
Figura 16 – Tela de consulta dos créditos de clientes	65
Quadro 9 – Parte do código fonte da classe MLP	66
Figura 17 – Tela de consulta dos créditos de clientes	67
Figura 18 – Relatório de análise do limite de crédito dos clientes	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de clientes	60
Tabela 2 – Pesos para análise do limite de crédito	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO	14
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 REDES NEURAIS	16
2.1.1 Redes Neurais Artificiais	17
2.1.2 Sistema Nervoso e Neurônio Biológico	18
2.1.2.1 Neurônio Artificial.....	20
2.1.2.2 Rede Neural Artificial Feedforward Multicamada	22
2.1.2.3 Funções de Ativação	24
2.1.2.4 Treinamento e Aprendizado	26
2.1.2.4.1 Treinamento supervisionado	26
2.1.2.4.2 Treinamento não supervisionado	27
2.1.2.4.3 Aprendizado por Retropropagação (backpropagation)	28
2.1.2.5 Escolha da Estrutura das Redes	29
2.2 VISÃO GERAL DA GESTÃO FINANCEIRA.....	29
2.3 RISCOS	31
2.4 CRÉDITO.....	34
2.5 POLÍTICAS DE CRÉDITO	35
2.6 LIMITES DE CRÉDITO.....	37
2.6.1 Os 5 Cs do crédito	38
2.6.1.1 Caráter.....	38
2.6.1.2 Capacidade.....	39
2.6.1.3 Condições	39
2.6.1.4 Capital.....	40
2.6.1.5 Colateral.....	40
2.7 CONTEXTO ATUAL DO TRABALHO	41
2.7.1 ERP - Enterprise Resource Planning.....	41
2.7.2 ERP - SINGE	44
2.7.3 Características do ERP - SINGE.....	45
2.7.4 Módulo financeiro do ERP SINGE.....	47

2.7.5 Trabalhos Correlatos	47
3 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO	49
3.1 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO.....	49
3.2 VISÃO GERAL.....	49
3.3 ESPECIFICAÇÃO	50
3.3.1 Diagramas de Casos de Uso.....	50
3.3.2 Diagramas de Seqüência	52
3.3.3 Diagramas de Classes.....	55
3.3.4 Estrutura da Rede	56
3.3.5 Parâmetros de Treino	57
3.4 IMPLEMENTAÇÃO	58
3.4.1 Técnicas e ferramentas utilizadas.....	58
3.4.2 Operacionalidade da implementação	59
3.4.2.1 Iniciando a inclusão de dados pra treinar a rede neural.....	60
3.4.2.2 Treinar rede Neural.....	62
3.4.2.3 Verificar limite de crédito dos clientes	64
3.4.2.4 Visualizar relatório	67
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4 CONCLUSÕES.....	70
4.1 CONCLUSÃO.....	70
4.2 EXTENSÕES	71
REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

A palavra “crédito” pode ter mais de um significado, dependendo do contexto sob o qual esteja sendo tratada (GUIMARÃES, 2000, p. 10). Do ponto de vista meramente empresarial, a concessão de crédito significa a transferência da posse de um bem, ou de uma quantia em dinheiro, mediante a promessa de devolução no futuro. Então pode-se entender o crédito como sendo à disposição de uma pessoa, física ou jurídica, aliada a capacidade da mesma em obter dinheiro, produtos ou serviços mediante o compromisso de pagamento num determinado período de tempo.

Em toda e qualquer atividade que uma instituição financeira venha a atuar, sempre haverá um componente maior ou menor de risco (STEINER; ADAMOWICZ; STEINER NETO, 2003). Esse risco nasce da probabilidade que um evento desejado venha a não ocorrer. Desta forma, o risco como enfoque estatístico fundamenta-se em dados históricos, permitindo que as decisões sejam tomadas a partir de estimativas consideradas aceitáveis. Assim, quando é concedida uma operação de crédito, espera-se receber, em uma data futura, não só o principal como também seus rendimentos. Crédito, como a própria origem da palavra expressa (*credere* = *acreditar*), é a crença de que o cliente honrará os compromissos para com seu credor. Há fatores que contribuem para elevar o risco das operações de crédito. Tais fatores, se não cuidadosamente administrados, podem reduzir significativamente a qualidade do crédito (ARRAES; SEMOLINI; PICININI, 2001).

A política de crédito, de uma instituição, é o principal meio através do qual são direcionadas as atividades de crédito, buscando-se o maior grau de eficiência na gestão de tais riscos. Além de estabelecer padrões, a política de crédito estabelece, também, a filosofia básica de crédito desta instituição. A partir dela, são traçados e buscados os objetivos de qualidade das carteiras e dos resultados, delimitando os níveis de tolerância ao risco,

orientando as atividades de crédito de uma maneira coerente com a estratégia da instituição, pois uma instituição financeira, como instrumento de organização econômica, tem a responsabilidade de preservar os recursos que a ela são confiados. A adequada gestão dos recursos deve gerar condições para o atendimento das demandas de seus clientes por produtos de crédito.

Considerando que a política de crédito é um dos principais fatores de uma empresa, este trabalho centra-se na adimplência (ou não) de pessoa jurídica, o qual foi abordado a partir da exploração de redes neurais artificiais como forma de minimizar os fatores de riscos presentes neste tipo de relação financeira.

As redes neurais artificiais têm sido mencionadas por alguns autores (BUSCEMA; SACCO, 2003; FRANCO, 2000; ATIYA, 2001; STEINER et al., 1999) como uma ferramenta bastante poderosa na administração do risco de inadimplência existente na concessão de crédito. Especificamente, cabe citar o trabalho de Franco (2000), que faz uso de um sistema neural para avaliação de crédito a pessoa física no acompanhamento da carteira. O gerenciamento do risco de fornecer (ou não) o crédito financeiro ao cliente de uma empresa é, hoje, uma necessidade. O desenvolvimento ou aprimoramento de novas tecnologias baseadas em sistemas de apoio à decisão, que tem como intuito a busca pelo aperfeiçoamento da análise de viabilidade para concessão de crédito, tanto para o cliente quanto para a empresa, é o alicerce para que este gerenciamento se concretize de forma satisfatória para ambos.

Em face da necessidade de se tomar decisões bem informadas e com base no histórico de pessoas jurídicas, foi construído uma aplicação com base no modelo de avaliação do risco de inadimplência que a empresa já utiliza. Para isso, foram utilizados todos os dados disponíveis da empresa, a qual possui tanto informações sobre os clientes inadimplentes como dos não inadimplentes. Sendo então selecionadas algumas variáveis segundo sua relevância na avaliação do risco de inadimplência para treinamento da rede.

A aplicação desenvolvida foi integrada ao processo de análise de crédito de clientes, implementado dentro do módulo financeiro do SINGE (Sistema Integrado para Gestão de Empresas), sistema este que foi desenvolvido, para atender as necessidades de informações da empresa.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma aplicação, utilizando técnicas de RNAs, para análise do limite de crédito, direcionada a área financeira, para desempenhar e facilitar a tarefa de análise e concessão de crédito para pessoas jurídicas.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) gerar arquivo com dados para agilizar na liberação e na análise de crédito do cliente;
- b) disponibilizar informações dos clientes com os créditos aprovados e reprovados;
- c) demonstrar os critérios de análise utilizados pela RNA para aprovação do limite de crédito financeiro.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos.

No capítulo 1, apresenta-se a introdução e contextualização, sendo inicialmente apresentado uma breve idéia sobre crédito, política de crédito e redes neurais, bem como os objetivos a serem alcançados neste trabalho.

No capítulo 2, é apresentada a fundamentação teórica deste trabalho, sendo inicialmente apresentado todo embasamento teórico que permite compreender os aspectos e

elementos que as RNAs abordam e que são necessárias para a construção da aplicação proposta.

No capítulo 3, é apresentado o ERP SINGE e uma visão geral do processo atual de análise do limite de crédito financeiro da empresa. Em seguida é apresentado o desenvolvimento do trabalho bem como todos os recursos tecnológicos utilizados para implementação da aplicação para análise do limite de crédito.

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado o estudo das redes neurais, apresentando o conceito e suas funcionalidades. Em seguida apresenta-se uma visão geral da gestão financeira, bem como o estado da arte sobre o tema e também trabalhos correlatos encontrados.

2.1 REDES NEURAS

O cérebro humano é o dispositivo mais complexo conhecido pelo Homem, e que a capacidade de pensar, memorizar e resolver problemas tem conduzido muitos cientistas a tentar modelar sua operação. Diversos pesquisadores têm buscado criar modelos computacionais que representam a funcionalidade do cérebro. Um destes modelos resultou na criação das Redes Neurais Artificiais (RNA) (SILVA, 1999, p. 16).

Para Hartmann (2002, p. 18) as RNAs são uma maneira de criar modelos matemáticos, com capacidade de processar informações, inspirados em uma estrutura física natural: o cérebro humano. Estes modelos não pretendem replicar a operação do cérebro humano, apenas utilizam como inspiração fatores conhecidos sobre o seu funcionamento, ou seja, apresentando a capacidade de aprender, de tomar decisões, de se adaptar mesmo em presença de sinais ruidosos.

Segundo Maciel (2005, p. 20) são nestas características que se observa umas das maiores qualidades das RNAs: a capacidade de aprender através de exemplos e de generalizar sobre os padrões do conjunto de dados de treinamento, tornando possível a interpretação de outros padrões similares, mas não necessariamente idênticos aos utilizados durante o aprendizado.

2.1.1 Redes Neurais Artificiais

A história das redes neurais artificiais é recente, com pouco mais de meio século de estudos. Estes iniciaram por volta de 1940, quando as primeiras simulações foram feitas com papel e lápis por Donald Hebb e Karl Laschey. Seguidos por McCulloch e Pitts que propuseram uma modelagem matemática para os neurônios através dos fatos que: neurônios comportam-se como somadores algébricos; adicionam entradas excitatórias ou subtraem entradas inibitórias; neurônios possuem uma propriedade de limiar, entre outras (LOESCH; SARI, 1996, p. 15).

Loesch e Sari (1996, p. 5) define as RNAs como sendo sistemas computacionais de implementação em *software* ou *hardware*, que imitam as habilidades dos neurônios biológicos, usando para isto um grande número de neurônios artificiais interconectados.

Haykin (2001, p. 4) afirma que os benefícios obtidos pela utilização de uma RNA se dão graças a sua massiva estrutura distribuída e paralela, e sua habilidade de aprender e generalizar saídas de entradas que não estavam amostradas durante o seu treinamento. Estes benefícios permitem que ela resolva problemas complexos.

Masters (1993, p. 24, 68) fala que uma RNA pode ser auto-associativa ou hetero-associativa. O mapeamento de entrada, ou auto-associação, permite a uma RNA ser treinada para correlacionar um padrão com ele mesmo. E o mapeamento de saída, ou hetero-associação, associa um padrão treinado com outro. Elas podem também aproximar funções já que a partir de uma entrada produzem uma saída o que os qualifica como uma função.

Existem vários tipos de Redes Neurais Artificiais, onde os mais conhecidos são *adaline/madaline*, *back propagation perceptron* (ou *feedforward*), *time-delay*, *recurrent*, *bidirectional associative memory (BAM)*, *hofield* e *kohonen* (LOESCH; SARI, 1996, p. 46).

Gumz (2002, p. 24) explica que, para que as RNAs possam resolver os problemas para

o qual foram projetadas, as mesmas devem ser treinadas. Todo o desempenho da RNA está ligado ao processo de treino que deve adaptar seus pesos e sinais de saída de acordo com os objetivos finais. Esse processo de treino envolve ajustar os pesos das conexões entre os neurônios (ajuste sináptico) e configurar os valores de saída para cada caso verificando a quantidade de erro apontado por um cálculo sobre o valor de saída do neurônio.

2.1.2 Sistema Nervoso e Neurônio Biológico

O sistema nervoso juntamente com o sistema endócrino proporciona muitas das funções de controle do corpo. O cérebro é uma das partes do sistema nervoso que provê uma grande quantidade de controle sobre as funções do corpo. Nele existem dois tipos principais de células: as glias, responsáveis pelo suporte e nutrição e os neurônios que são as células especializadas na atividade nervosa (LOESCH; SARI, 1996, p. 8).

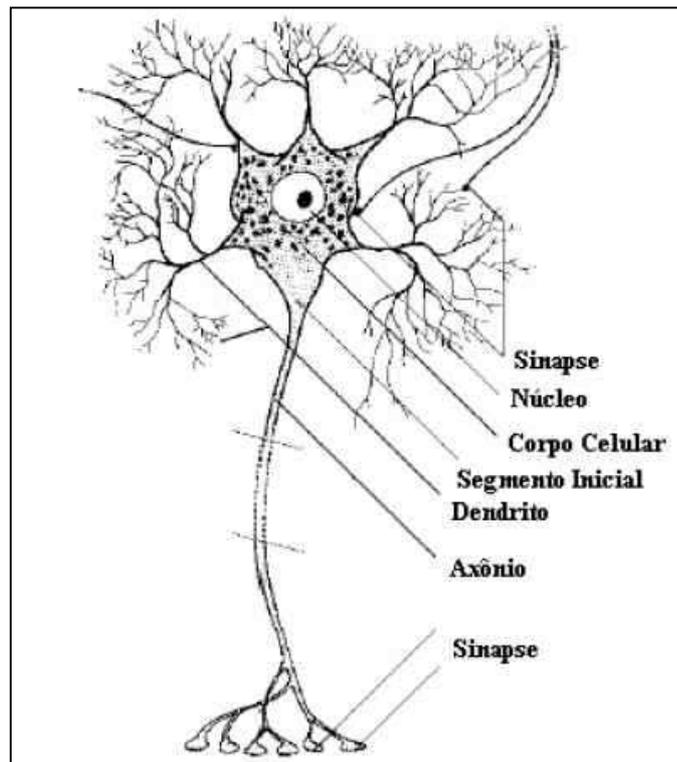
Tafner, Xerez e Rodrigues Filho (1996, p. 32) afirmam que o cérebro possui cerca de 10 bilhões de neurônios, e que cada neurônio é capaz de ter até 10.000 conexões com outros neurônios ou até mesmo com partes do próprio neurônio.

O neurônio biológico possui um corpo e diversas ramificações, que são chamadas de dendritos, que por sua vez conduzem sinais de entrada do neurônio para o corpo da célula. A partir do corpo da célula surge um filamento comprido denominado axônio, na extremidade deste filamento existem micro-ramificações, denominados terminais dos neurônios, que têm por objetivo transmitir um sinal do corpo para outra extremidade do neurônio. Os terminais dos neurônios são conectados aos dendritos de outros neurônios, cuja conexão dá-se o nome de sinapse (LOESCH; SARI, 1996, p. 8). Na Figura 1, é feita uma representação de um neurônio biológico.

Para Barreto (2002, p. 12) as sinapses tem um papel fundamental na memorização da

informação e são principalmente as do córtex cerebral e algumas vezes de partes mais profundas do cérebro que armazenam esta informação. Pode-se imaginar que em cada sinapse, a quantidade de neurotransmissores que podem ser liberados para uma mesma frequência de pulsos do axônio representa a informação armazenada nesta sinapse.

Segundo Loesch e Sari (1996, p. 9) e Silva (1999, p. 17), os estímulos entram nos neurônios através das sinapses de outros neurônios, conectadas aos dendrites deste primeiro, e quando chegam ao corpo da célula, ocorre um processo de integração (soma), deste estímulos. Ao resultado desta soma pode ser gerado um impulso elétrico que começa no axônio e se propaga para todas as sinapses. O processo de controle da produção destes impulsos elétricos se dá normalmente através de uma função de limiar que produz uma saída, caso esta soma supere este limiar.



Fonte: Osório e Bittencourt (2000, p. 8).

Figura 1 – Representação de um neurônio biológico.

2.1.2.1 Neurônio Artificial

Encontram-se outros nomes para os neurônios artificiais, como “Elemento de Processamento” ou “Nodo” (TAFNER; XEREZ; RODRIGUES FILHO, 1996, p. 56). Para o autor todo neurônio artificial tem um funcionamento muito parecido com o neurônio biológico, sendo que todo neurônio artificial possui apenas um sinal de saída, e um ou mais sinais de entrada. Estas entradas dos neurônios artificiais podem ser comparadas aos estímulos recebidos pelo neurônio biológico.

Um importante atributo dos neurônios artificiais são os pesos associados ao mesmo. Esses pesos (*weight*) são valores que representam o grau de importância que uma determinada entrada possui em relação ao neurônio. Sempre que as entradas são apresentadas ao neurônio, elas são multiplicadas pelos valores dos pesos, os resultados destas multiplicações são somados e apresentados a uma função de ativação (TAFNER; XEREZ; RODRIGUES FILHO, 1996, p. 56-58).

Segundo Loesch e Sari (1996, p. 20) o neurônio é ativado se, e somente se, o resultado da função de ativação alcançar um valor estipulado, chamado de limiar. Pode existir também um valor de entrada adicional, o *viés* ou *bias*, que é determinado no treinamento, com o objetivo principal de modificar o valor de limiar da função de ativação.

Haykin (2001, p. 36) resume, afirmando que um neurônio artificial é formado por um conjunto de sinapses que contém os pesos, um somador para calcular os sinais de entrada multiplicados aos pesos (soma ponderada), e uma função de ativação para limitar a amplitude do sinal de saída para um valor numérico finito.

A Figura 2 ilustra um neurônio artificial, onde os sinais de entrada $x_1..x_j$ podem ser saídas de outros neurônios; as variáveis $w_{j1}..w_{jp}$ armazenam os valores dos pesos sinápticos diretamente responsáveis pela saída esperada do neurônio após somatório ponderado; o valor

w_{j0} é o viés que será somado a $rede_j$; $rede_j$ é o resultado da soma ponderada da entrada; a função de ativação $f(rede_j)$ é a responsável pela ativação com a resposta da RNA sobre dada entrada se alcançado o valor de limiar l_j o qual impõe os valores limites máximos e mínimos que resultará numa saída y_j .

Para Masters (1993, p. 79-82), a saída do neurônio é calculada conforme quadro 1.

$$rede_j = (w_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i * w_{ji})$$

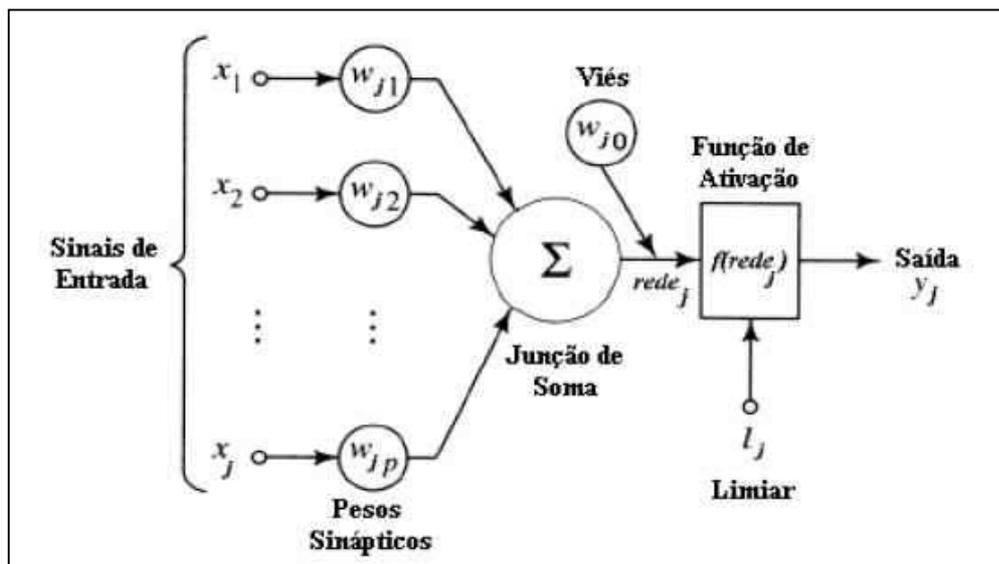
Quadro 1 – Fórmula do cálculo da rede

Sendo aplicada em, conforme quadro 2.

$$saida = f(rede_j)$$

Quadro 2 – Fórmula do cálculo da saída

Onde os pesos w_{ji} são primariamente responsáveis pelas características operacionais da rede, pela já conhecida soma ponderada com as entradas x_i . A função de ativação $f(rede_j)$ calcula o valor da saída do somatório ponderado de entradas da $rede_j$ e, w_{j0} é o valor do viés.



Fonte: Adaptado de Haykin (2001, p. 36).

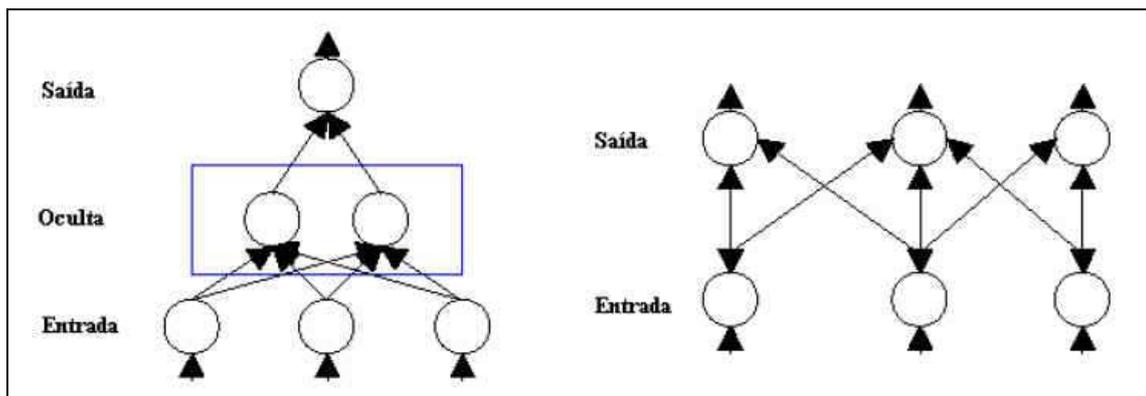
Figura 2 – Representação do funcionamento de um neurônio artificial

Segundo Tafner, Xerez e Rodrigues Filho (1996, p. 63), os neurônios artificiais sempre

são dispostos em camadas, toda rede neural apresenta uma camada de entrada e uma camada de saída. Algumas RNA podem apresentar camadas intermediárias ou ocultas como são chamadas, estas sempre se situam entre a camada de entrada e a camada de saída e não têm contato com o mundo externo. As camadas de entradas apenas recebem os valores de entradas e repassam para as camadas seguintes, as camadas seguintes sendo ocultas ou de saída é que realizam o processamento da rede.

As ligações entre os neurônios das RNAs podem ter diferentes fluxos, sendo *feedback* (realimentação), quando o sinal de saída de um neurônio servir de entrada para um outro, ou para o mesmo neurônio, ou *feedforward* quando o fluxo seguir apenas em uma direção.

Na Figura 3, apresenta-se os dois tipos de fluxo.



Fonte: Gumz (2002, p. 27).

Figura 3 – Representação dos Fluxos das RNA

2.1.2.2 Rede Neural Artificial *Feedforward* Multicamada

As RNA *feedforward* multicamadas (RNA-FM), ou *MLP* (*Multi Layer Perceptron - Perceptrons* de múltiplas camadas) como também são chamadas, são as mais utilizadas e difundidas dentre as RNAs. As *MLP* são uma extensão dos primeiros *Perceptrons*, também são hetero-associativas e podem possuir uma ou mais camadas ocultas, porém possuem

capacidades muito mais potentes e genéricas que seu primeiro modelo (LOESCH; SARI, 1996, p. 67). Segundo Welstead (1994, p. 59) estas são as RNAs mais utilizadas, onde estimativas apontam para 90% de todas as aplicações de RNA implementadas.

Numa RNA *feedforward* todos os neurônios de uma determinada camada são plenamente conectados aos neurônios da camada seguinte. Na Figura 3, no lado esquerdo tem-se uma RNA-FM, com uma camada de entrada, uma camada oculta e uma camada de saída. As RNA-FM podem apresentar mais de uma camada oculta, mas é conhecido que uma camada é suficiente para resolver problemas determinísticos (MASTERS, 1993, p. 79). A camada oculta além de não ter contato com o mundo externo tem a função de mediar a entrada externa e a saída da rede (HAYKIN, 2001, p. 19).

Segundo Haykin (2001, p. 183) este modelo de RNA têm sido aplicado com sucesso para resolver problemas difíceis através do seu treinamento supervisionado com um algoritmo muito conhecido como algoritmo de retropropagação de erro (*backpropagation*).

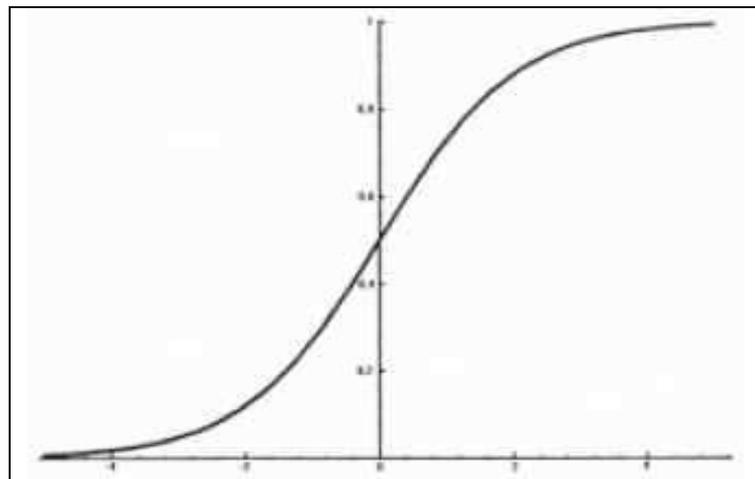
Masters (1993, p. 77) comenta que normalmente uma RNA-FM consegue aprender uma função ensinada. Se esta apresentar problemas, não é devido ao modelo em si, mas por um treinamento insuficiente, número pequeno de neurônios na camada oculta ou tentativa de aprender uma função que não é determinística.

Segundo Loesch e Sari (1996, p. 77), apesar de muitas aplicações bem sucedidas, inconvenientes podem ocorrer durante o processo de treinamento, onde problemas complexos podem requerer dias e até semanas para que a RNA aprenda. Mesmo com todo este tempo de treinamento um RNA pode não aprender todos os pares de treinamento que lhes foram apresentados.

2.1.2.3 Funções de Ativação

A função de ativação de um neurônio é uma função não-linear que quando aplicada as entradas de um neurônio determina a saída do mesmo. As faixas de valores de algumas funções são limitadas de 0 a 1 enquanto outras de -1 a $+1$. As funções de ativação mais usadas são a função sigmóide binária, a função sigmóide bipolar, a função tangente hiperbólica e a função arco-tangente escalar (GUMZ, 2002, p. 39).

A maioria dos modelos de RNA-FM usam a função de ativação logística sigmóide binária (formato de S), que é representada na Figura 4. Ela pode ser definida como uma função real cujo domínio são os números reais, a derivada é sempre positiva e a faixa de valores é limitada (MASTERS, 1993, p. 81).



Fonte: Masters (1993, p. 81).

Figura 4 – Função logística de ativação sigmóide binária

A função de ativação logística sigmóide dá-se por, conforme quadro 3.

$$f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$$

Quadro 3 – Fórmula do cálculo da função

Cuja derivada é, conforme quadro 4.

$$f(x) = f(x) * (1 - f(x))$$

Quadro 4 – Fórmula do cálculo da derivada

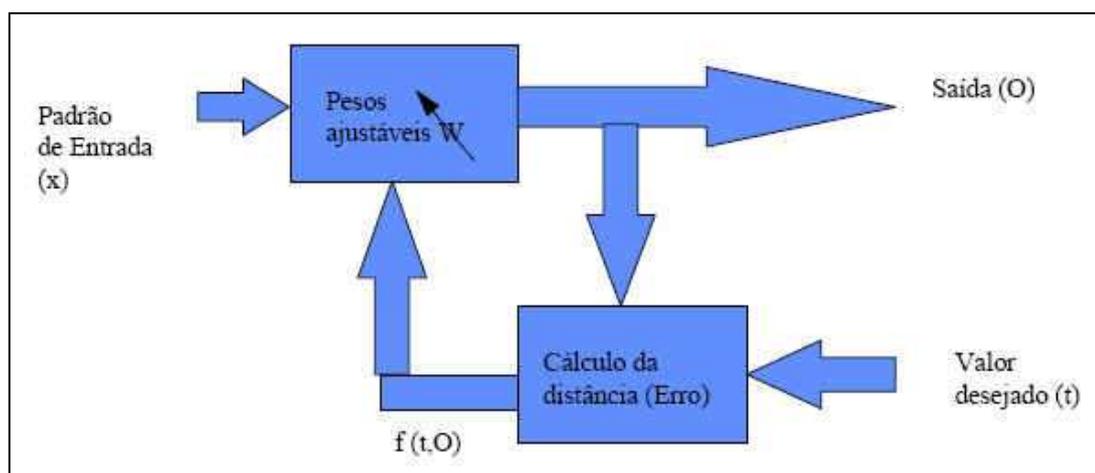
Onde o valor máximo da função usado é + 1,0 e o valor mínimo é 0,0. Lembrando sempre que as funções sigmóides nunca alcançam seus teóricos mínimo e máximo, geralmente os neurônios são considerados totalmente ativados por volta de 0,9 e desativados por volta de 0,1. Onde se pode dar como entrada numa rede os valores extremos de 1,0 e 0,0; mas nunca tentar treinar a rede para alcançá-los. Em muitos casos têm-se verificado que a forma exata da função tem pouco efeito no poder final da rede, embora possa ter impacto significativo na velocidade de treino (MASTERS, 1993, p. 81).

2.1.2.4 Treinamento e Aprendizado

O treinamento das RNAs acontece basicamente de duas formas, sendo por aprendizado supervisionado e aprendizado não-supervisionado (TAFNER; XEREZ; RODRIGUES FILHO, 1996, p. 65).

2.1.2.4.1 Treinamento supervisionado

A rede é treinada através do fornecimento dos valores de entrada e seus respectivos valores de saída desejados ("training pair"). Desta forma, é como se existisse um "professor" ensinando a rede qual é a saída desejada para cada entrada a ela apresentada. A rede tenta minimizar o erro entre a saída e a entrada. O algoritmo de aprendizado mais comum para este tipo de configuração de rede é o *backpropagation* (CABRERA, 1998, p. 15). A figura 5 ilustra o treinamento supervisionado.



Fonte: Cabrera (1998, p. 15).

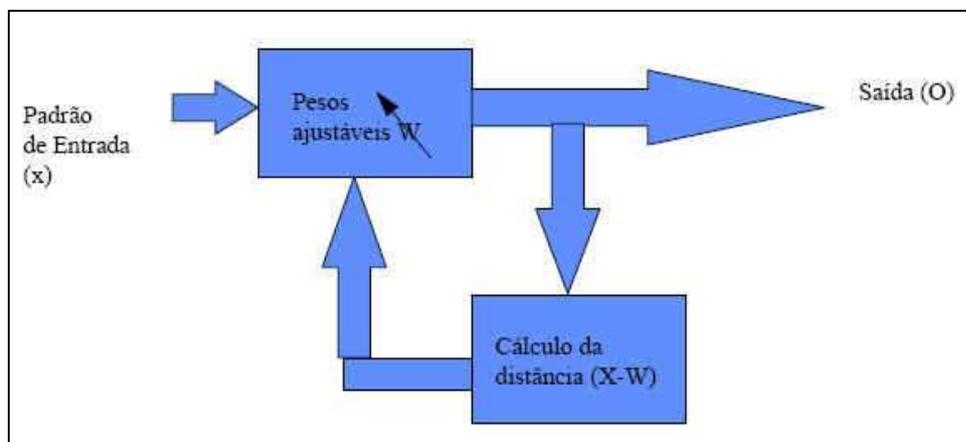
Figura 5 – Esquema do treinamento supervisionado

Segundo Loesch e Sari (1996, p. 71) a maioria das aplicações das RNAs são treinadas através do aprendizado supervisionado, onde o objetivo principal de treinar uma rede é ajustar

seus pesos de tal forma que para um vetor de entrada produza-se um vetor desejado de saída, onde para cada entrada amostrada, emparelha-se uma saída.

2.1.2.4.2 Treinamento não supervisionado

Não requer o vetor de saída desejado. O sistema extrai as características estatísticas do conjunto de padrões apresentado, agrupando-os em classes (classificação). É mais parecido com a maneira de processamento dos sistemas biológicos. Não existem saídas desejadas, para o treinamento da rede são usados apenas os valores de entradas, e é através destes valores que a rede se organiza de modo a classificar as entradas. O algoritmo de aprendizado mais comum para esta configuração é o Mapa Auto-Organizável de *Kohonen* (*Self Organizing Feature Maps* ou S.O.F.M.) (CABRERA, 1998, p. 15). Na figura 6 é mostrado o esquema de treinamento não supervisionado.



Fonte: Cabrera (1998, p. 16).

Figura 6 – Esquema do treinamento não supervisionado

2.1.2.4.3 Aprendizado por Retropropagação (backpropagation)

O método de treino por retropropagação, ou *backpropagation*, foi o primeiro método de treino utilizado para a RNA-FM. Este método consiste basicamente de duas etapas executadas através das camadas da rede: um passo para frente que é a propagação e um passo para trás, sendo a retropropagação. Na sua forma básica, a retropropagação é chamada por analistas numéricos de algoritmo de inclinação de gradiente, que determina a direção de um passo de cálculo (MATIAS, 2004, p. 39) .

Na propagação um vetor de entrada é aplicado aos pesos da rede e seu efeito é propagado para frente camada por camada até a camada de saída, produzindo um conjunto de valores de saídas como resposta da rede. Após é verificado se a resposta desejada da rede era igual a esperada de acordo com o vetor de saída, caso não seja é calculado um erro e este é retropropagado para correção de todos os pesos da rede (HAYKIN, 2001, p. 184).

Este ajuste dos pesos é executado de acordo com uma taxa de aprendizado, em que se for muito pequena irá convergir muito devagar e se for muito grande, irá saltar e nunca irá convergir (MASTERS, 1993, p. 100).

Segundo Masters (1993, p. 111) primeiramente o treino começa com todos os pesos da RNA iniciados com pequenos valores não-zero, freqüentemente gerados randomicamente ou por algoritmos específicos como o fortalecimento simulado (*simulated annealing*). Então pares de treinamento da coleção de amostras são apresentados a rede, um de cada vez.

Uma medida do erro é feita pela rede, através da comparação de seus valores de saídas, após é calculado um valor que irá auxiliar na correção dos pesos da rede, designado como delta, e por último os pesos da rede são atualizados de um modo a reduzir o erro. Todo este processo de apresentar as entradas à RNA, calcular as ativações das camadas, calcular os valores dos deltas e o erro, é chamado de *epoch*. As medidas de erro mais conhecidas são:

erro quadrado médio (*mean square error*), erro absoluto médio (*mean absolut error*), erro de *Kalman-Kwasny*, entropia cruzada (*cross entropy*), erro máximo quadrado (*maximum squared error*), *mean log error*, além de outros (MASTERS, 1993, p. 40-49).

2.1.2.5 Escolha da Estrutura das Redes

Normalmente a quantidade de neurônios existentes tanto na camada de entrada como na camada de saída é determinado pelo tipo de problema a ser resolvido, já a quantidade de neurônios na camada oculta podem variar consideravelmente. O neurônio na camada oculta será associado ao acrônimo NO de agora em diante (MATIAS, 2004, p. 41).

Uma solução inicial para a quantidade de NOs de uma RNA é dada na seguinte fórmula:

$$O = \sqrt{m * n}$$

Onde m é a quantidade de neurônios de saída e n a de entrada e O a quantidade de NOs. Após ser treinada e testada, a RNA pode não apresentar resultados satisfatórios, isto pode ocorrer devido a existência de muitos NOs ocasionando o superajustamento. Recomenda-se iniciar o treino com poucos neurônios artificiais nesta camada (GUMZ, 2002, p. 44).

2.2 VISÃO GERAL DA GESTÃO FINANCEIRA

A área de finanças está dividida em três grandes grupos, sendo em administração financeira, mercados monetários de capitais e investimentos. Para um gerente financeiro realizar corretamente seu trabalho, é fundamental que ele conheça esses três grupos. A administração financeira, sendo mais ampla, foi priorizada neste trabalho por estar, também,

diretamente ligada ao tema.

A administração financeira é importante em todo tipo de negócio, incluindo-se bancos, instituições financeiras, indústria, comércio, órgãos governamentais, escolas, enfim, todas as oportunidades de negócios. É através de seu estudo e análise que se pode decidir desde a expansão de uma fábrica até a escolha dos títulos que devem ser emitidos para financiar essa expansão (WESTON & BRIGHAM, 2000 p. 4-5).

Sua importância vem crescendo a partir da depressão ocorrida em 1930, quando a ênfase estava nas falências e reorganizações, liquidez empresarial e regulação do mercado dos mercados de títulos. Nas décadas de 40 e 50 era mais analisada sob a perspectiva de alguém de fora do que pela própria administração. Na década de 60 os objetivos da administração financeira passaram a ser as decisões administrativas ligadas à escolha de ativos e passivos para maximizar o valor das empresas. Já na década de 80 esta análise foi expandida para incluir os efeitos da inflação sobre as decisões empresariais, desregulamentando as instituições financeiras com tendências a diversificar os serviços prestados, aumentando a utilização de computadores para análise e transferências eletrônicas de informações e dando maior ênfase às operações empresariais no mercado global. As tendências mais importantes da década de 90 provavelmente foram a contínua globalização das empresas e o largo emprego da tecnologia de informação (WESTON & BRIGHAM, 2000 p. 6).

Muitas empresas têm aderido à globalização quase que compulsoriamente, dada a queda dos custos de embarque e conseqüente aumento do comércio internacional; o fim das barreiras protecionistas de produtos fabricados com alto custo e de forma ineficiente, conseqüência da mudança no comportamento dos consumidores que desejam produtos de custo baixo e alta qualidade. A tecnologia tem avançado e como conseqüência houve o aumento do custo de desenvolvimento de novos produtos, o que deve ser compensado pelo aumento das vendas. Em um mundo povoado por empresas multinacionais, capazes de mudar

a produção para onde os custos são mais baixos, uma empresa cujas operações financeiras são restritas a um só país não pode competir, a menos que os custos em seu país de origem sejam ainda inferiores.

Dessa forma, a sobrevivência das empresas exige produção e venda no mercado global, com custos reduzidos e excelente qualidade. Da mesma maneira, as empresas de serviços, agências de publicidade e bancos, também estão sendo obrigados a adaptar-se à globalização.

Nos últimos anos houve um avanço contínuo na tecnologia da informação e nas comunicações. Os gerentes financeiros são agora capazes de partilhar dados, informações e participar de teleconferências em tempo real, o que torna dinâmica a forma de analisar e tomar as decisões na área financeira. Torna-se cada vez mais importante a análise e a tomada de decisões do responsável pela área financeira num mercado globalizado, extremamente competitivo, onde as informações são disponibilizadas dinamicamente, e os recursos devem ser obtidos e utilizados de uma forma que maximize o valor de suas empresas (WESTON & BRIGHAM, 2000 p. 6-7).

2.3 RISCOS

O risco permeia a atividade humana. Tudo que é feito ou dito tem a possibilidade de gerar consequência diferente daquela que se imagina e a atitude frente ao risco difere para cada pessoa, é inerente à personalidade e mutável com o tempo.

Ferreira (1999, p. 1772) defini o risco como a situação em que há possibilidade mais ou menos previsível de perda ou ganho. Lello (1981, v.2, p. 769) o define como o “perigo; inconveniente possível: todos os negócios têm seus riscos”. Para Jorion (1998, p. 3) é a volatilidade de resultados inesperados, normalmente relacionada ao valor de ativos e passivos

de interesse e as empresas estão expostas a três tipos de risco: operacional, estratégico e financeiro.

O risco também é definido no dicionário *Webster* como “um perigo; exposição à perda ou ao dano”. Assim, refere-se à possibilidade de que algum acontecimento desfavorável venha a ocorrer (WESTON & BRIGHAM, 2000, p.155). Os autores também o define como a possibilidade de que algum acontecimento desfavorável venha a ocorrer.

Esta definição é confirmada por Gitman (1997, p. 202) quando define risco como a probabilidade de prejuízo financeiro ou então a variabilidade de retornos associada a um determinado ativo.

Securato (1996, p. 27-28) cita definições de Gitman: “no sentido mais básico, risco pode ser definido como a possibilidade de perda“ e a de Solomon e Pringle: “é o grau de incerteza a respeito de um evento”, para fazer a ligação entre a idéia de probabilidade através do uso dos termos possibilidade e graus de incerteza, constantes nas citações referidas.

O risco existe quando o tomador da decisão pode embasar-se em probabilidade para estimar diferentes resultados, de modo que sua expectativa se fundamente em dados históricos, a decisão é tomada a partir de estimativas julgadas aceitáveis.

A incerteza ocorre quando o tomador não dispõe de dados históricos acerca de um fato, o que poderá exigir que a decisão se faça de forma subjetiva, apenas através de sua sensibilidade pessoal.

Saunders (2000, p. 99-109) classifica os riscos em:

- a) risco de variação de taxas de juros: ocorre quando as Instituições Financeiras descasam os prazos de vencimento de seus ativos e passivos, expondo-se à possibilidade de risco de refinanciamento ou de reinvestimento;
- b) risco de mercado: ocorre sempre que uma instituição financeira assume uma posição a descoberto, comprada ou vendida, em títulos de renda fixa, ações,

mercadorias e derivativos, e os preços variam em direção oposta à esperada;

- c) risco de operações fora do balanço: refere-se ao risco decorrente de operações que não aparecem no balanço patrimonial corrente por não dizer respeito à posse de um direito ou à emissão de uma obrigação, mas que poderão afetar o balanço no futuro, pois poderão criar ativos e passivos;
- d) riscos tecnológico e operacional: ocorrem quando os investimentos em tecnologia não produzem as reduções de custos esperadas ou quando essa tecnologia deixa de funcionar adequadamente;
- e) risco de câmbio: as instituições financeiras investem em títulos no exterior, que podem ter retornos diferentes em função das tecnologias existentes nas várias economias distintas. Se essas aplicações forem efetuadas de maneira não diversificada elas ficam expostas ao risco de câmbio além do risco da variação da taxa de juros e da inadimplência;
- f) risco soberano: é a possibilidade de um país tomador de empréstimo, ou que tenha empresa que o faça, proibir qualquer pagamento de dívidas em dólares a credores externos;
- g) risco de liquidez: ocorre sempre que os titulares de passivos de uma Instituição Financeira, como depositantes ou segurados de uma companhia de seguro, exigem dinheiro à vista em troca de seus direitos financeiros, obrigando a Instituição a obter recursos adicionais ou a liquidar ativos para atender a exigência de retirada de fundos;
- h) risco de insolvência: é uma decorrência ou conseqüência de riscos excessivos de variação de taxas de juros, preços de mercado, crédito, operações fora do balanço, riscos tecnológicos, cambiais, soberanos e de liquidez, ou seja, quando os recursos próprios ou internos são insuficientes para cobrir perdas incorridas em função de

um ou mais riscos de qualquer natureza;

- i) outros riscos e interações de riscos: além dos riscos anteriores, que podem interagir entre si, há outros tipos decorrentes de mudança da legislação tributária, estado de guerra e revoluções ou colapsos repentinos;
- j) risco de crédito: ocorre quando um devedor deixa de cumprir suas obrigações, tanto o principal do empréstimo quanto aos pagamentos de juros.

Para Santos (2003, p. 17), o risco de inadimplência pode ser determinado por fatores internos e externos. O risco total de crédito é função direta desses dois fatores. Entre os fatores internos podem-se elencar profissionais desqualificados, controles de riscos inadequados, ausência de modelos estatísticos, concentração de crédito com clientes de alto risco e fatores externos são de natureza macroeconômica.

O risco representa uma possibilidade de perda a partir do deferimento do limite de crédito. Sujeito às mudanças de cenário, pode aumentar ou diminuir e diversos fatores, analisados neste trabalho, contribuem para eliminar a incerteza e calcular o risco que corre o conessor de crédito de não receber do tomador do empréstimo o pagamento devido.

2.4 CRÉDITO

A palavra crédito deriva do latim *credere* que significa acreditar, confiar: acredita-se, confia-se que alguém vai honrar os compromissos assumidos. A convivência, ao longo do tempo, propicia informações que permitem firmar conceito sobre a conduta. Segundo Ferreira (1999, p. 575) crédito é a segurança de que alguma coisa é verdadeira; é confiança. Em finanças o crédito é definido como um instrumento de política financeira a ser utilizado por uma empresa comercial ou industrial, na venda a prazo de seus produtos, ou por um banco, na concessão de empréstimos, financiamentos ou fiança.

A palavra “crédito” pode ter mais de um significado, dependendo do contexto sob o qual esteja sendo tratada (GUIMARÃES, 2000, p. 10). Do ponto de vista meramente empresarial, a concessão de crédito significa a transferência da posse de um bem, ou de uma quantia em dinheiro, mediante a promessa de devolução no futuro. Então pode-se entender o crédito como sendo à disposição de uma pessoa, física ou jurídica, a capacidade da mesma em obter dinheiro, produtos ou serviços mediante compromisso de pagamento num determinado período de tempo.

Para Gitman (2000, p. 32), bancos comerciais são instituições que aceitam depósitos à vista e a prazo, contas de poupanças e concedem empréstimos diretamente aos tomadores.

Através do processo de giro dos recursos financeiros essa intermediação financeira influencia a formação de capital contribuindo para o crescimento de um país, uma vez que provê a alocação mais eficiente de riquezas tangíveis, alocação eficiente de novos investimentos, mais produtivos através de economias de escala nos custos de transferência da poupança para o investidor e aumento na taxa de acumulação de capital (ativos financeiros com maior retorno e menor risco do que antes).

Se o crédito aumenta o nível de atividade da economia e cumpre a função social, é previsível uma tendência para atender as unidades altamente endividadas, que devem ser administradas através da política de crédito das instituições financeiras, dentro do contexto risco x retorno (DOUAT, 1995, p.8 - 9).

Conclue-se, portanto, que crédito é uma relação de confiança que varia em função do conhecimento e da experiência vivida com o cliente. Confiança é a palavra chave do crédito.

2.5 POLÍTICAS DE CRÉDITO

A política de crédito envolve um conjunto de decisões que inclui, além do período de

crédito de uma empresa, os padrões de crédito, procedimentos de cobrança e descontos oferecidos (WESTON & BRIGHAM, 2000, p. 438).

Não se pode realizar um negócio de crédito e abandoná-lo na expectativa de que tudo vai dar certo, que o cliente pagará ao banco na data combinada para resgatar suas obrigações. As condições que justificaram a confiança de retorno dos capitais emprestados podem sofrer alterações com o passar do tempo e é por esse motivo que os clientes e operações devem ser permanentemente acompanhados. Quem primeiro detecta o problema tem maiores chances de adotar medidas capazes de proteger seus capitais.

Para que o crédito possa ser devidamente disseminado são necessários princípios gerais e permanentes que fundamentem a conduta dos responsáveis pela sua operação e, em função desses princípios, é que as instituições financeiras e empresariais definem as políticas referentes ao crédito.

Surtem então as políticas de crédito, que são grandes linhas de orientação norteadoras do processo decisório de crédito em todos os níveis hierárquicos de uma instituição, formuladas com perspectiva de longo prazo, e que visam assegurar coerência de propósito nas decisões dessa mesma instituição. A definição e permanência das políticas de crédito têm por objetivo atingir padrões de desempenho compatíveis com a boa técnica bancária e as melhores práticas do mercado, visando atingir, dentre outros, os níveis adequados de risco nas operações de crédito e a qualidade dos deferimentos das operações (BANCO DO BRASIL, 1997, p. 1 - 2).

Considerando que risco indica a probabilidade de perda, a concessão de limite de crédito é realizada em valor inversamente proporcional ao risco oferecido, ou seja, quanto maior o risco menor o limite, prática que reduz a concentração de crédito em clientes de risco elevado. Esse limite também é definido de tal forma que haja uma pulverização dos recursos aplicados entre os clientes e, conseqüentemente, a pulverização do risco.

A provisão sobre créditos de liquidação duvidosa, apesar do seu impacto nos resultados de uma empresa, não deve ser encarada como um dificultador para a realização de negócios, ao contrário, é um desafio que será vencido se forem priorizados a qualidade do processo de concessão de crédito e o gerenciamento adequado dos ativos.

2.6 LIMITES DE CRÉDITO

A apuração de limites de crédito tem por finalidade definir o valor máximo que um banco admite emprestar para um cliente, estipulando a exposição máxima ao risco do cliente admitida pelo banco. Dimensiona o crédito à histórica capacidade de geração de recursos por parte do proponente, aumentando a probabilidade de retorno dos capitais emprestados.

O limite de crédito atribuído a um determinado cliente é o risco máximo que a empresa está disposta a correr com aquele cliente (SÁ, 1999, p. 3). Esse limite é quantificado por um prazo de validade limitado e a atuação do cliente deve ser acompanhada de forma que o limite de crédito seja tempestiva e periodicamente reavaliado.

Para Douat (1995, p. 23) o limite de crédito é fixado para um determinado período, que normalmente varia de seis meses a um ano. Dentro do período de sua validade, opera-se de forma rotativa, isto é, pode ser feita nova operação à medida que uma anterior vença, e seja liquidada e desde que esteja enquadrada dentro do valor fixado, obedecendo às demais condições preestabelecidas quando do deferimento daquele limite. Os parâmetros para o estabelecimento de limites de crédito podem ser classificados em três grupos básicos:

- a) 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, sendo também chamado de parâmetro técnico;
- b) quanto se pode oferecer de crédito ao cliente: é uma variável ligada a capacidade

de quem vai conceder o crédito e está ligado a parâmetros legais;

- c) quanto se deve conceder de crédito ao cliente: é uma variável que decorre da política de crédito adotada pelo banco, com vistas na diversificação e pulverização da carteira de crédito.

O limite de crédito calculado não significa tudo que o cliente precise nem tudo o que ele pode pagar. A atribuição do limite de crédito permite uma postura proativa, ou seja, conhecer o cliente, identificar suas necessidades e os riscos envolvidos antes que haja uma demanda por crédito. Possibilita avaliação mais segura e, posteriormente, agilidade na concessão de possíveis empréstimos.

Não importa qual seja a abordagem, os métodos empregados para medir a qualidade do crédito envolvem a avaliação de cinco áreas geralmente consideradas importantes para determinar o seu valor. Essas cinco áreas, referidas com palavras que se iniciam com a letra “c”, são chamadas de os cinco Cs do crédito (WESTON & BRIGHAM, 2000, p. 441).

2.6.1 Os 5 Cs do crédito

O cinco Cs do crédito caracterizam-se em caráter, capacidade, condições, capital e colateral.

2.6.1.1 Caráter

Refere-se à determinação de alguém em honrar seus compromissos. Está ligado à honestidade, idoneidade e reputação. Para Weston e Brigham (2000, p. 441), caráter se refere à probabilidade de que os clientes honrarão suas obrigações e é um fator de considerável importância na concessão do crédito. Segundo Douat (1995, p. 17), é a vontade e

determinação do cliente de cumprir a obrigação referente ao empréstimo. Gitman (1997, p. 696) descreve como sendo o histórico do solicitante quanto ao cumprimento de suas obrigações financeiras, contratuais e morais.

2.6.1.2 Capacidade

É a habilidade, a competência empresarial ou profissional do indivíduo, bem como o seu potencial de produção e/ou comercialização. Refere-se aos fatores internos, tais como tradição, experiência, formação, capacidade instalada, recursos humanos, grau de tecnologia, projetos de modernização, instalações, fontes de matéria-prima. Para Weston e Brigham (2000, p. 441) é um julgamento subjetivo das possibilidades de pagamento por parte do cliente. Douat (1995, p. 18) escreve que é a habilidade da empresa em gerar caixa suficiente para satisfazer todas as obrigações. Segundo Gitman (1997, p. 696) é o potencial do cliente para quitar o crédito solicitado.

2.6.1.3 Condições

Dizem respeito aos fatores externos e macroeconômicos do ambiente em que está inserido o tomador, dentre os quais citam-se: interferências governamentais, conjuntura nacional e internacional, concorrência, variações de mercado. Weston e Brigham (2000, p. 441) referem-se tanto às tendências econômicas gerais quanto ao desenvolvimento especial em certas regiões geográficas ou setores da economia que poderiam afetar a capacidade dos clientes de atender às suas obrigações. Segundo Douat (1995, p. 19), estão relacionadas a variáveis externas, tais como a situação da economia, tipo de segmento de mercado no qual se insere a empresa, dentre outras. Gitman (1997, p. 697) descreve como as condições

econômicas e empresariais vigentes, ou circunstâncias particulares que possam afetar qualquer das partes envolvidas na negociação.

2.6.1.4 Capital

Refere-se à situação econômico-financeira do cliente e a sua capacidade de saldar seus débitos. Weston e Brigham (2000, p. 441) afirmam que o capital é medido pela condição geral de uma empresa, através da análise de suas demonstrações financeiras, dando-se ênfase especial para os índices de endividamento/ativos, índice de liquidez corrente e o índice de cobertura dos juros. Para Douat (1995, p. 18) capital é a análise dos fundos disponíveis para operar uma empresa e normalmente reflete a história de acumulação de capital ao longo de sua existência. Gitman (1997, p. 696) descreve como a solidez financeira do solicitante, indicada pelo patrimônio líquido da empresa.

2.6.1.5 Colateral

Refere-se à capacidade acessória de oferecer garantias adicionais para respaldar o débito. Segundo Weston e Brigham (2000, p. 441) este item é representado pelos ativos que os clientes podem oferecer como garantia a fim de obter crédito. Para Douat (1995, p. 19) é o que pode ser oferecido por um tomador como um meio de compensar as fraquezas com relação aos outros C's, considerando-se que a garantia, por si só, não deve justificar a concessão de um empréstimo. Gitman (1997, p. 696) define como o montante de ativos colocados à disposição pelo solicitante para garantir o crédito.

A informação sobre esses cinco fatores procede da experiência da instituição com seus clientes, e é complementada por um sistema bem desenvolvido de informações captadas

externamente. A decisão final sobre a qualidade do crédito em relação ao cliente é tomada pelo gerente de crédito através de seu julgamento pessoal, conhecimento e instinto (WESTON & BRIGHAM, 2000, p. 441).

2.7 CONTEXTO ATUAL DO TRABALHO

O Sistema atual apresenta um conceito inicial do tema ERP. Em seguida é apresentado um breve histórico do ERP SINGE e finalmente é apresentado o processo atual de análise do limite de crédito financeiro dos clientes da empresa.

2.7.1 ERP - Enterprise Resource Planning

Para Stamford (2000, p. 1) o ERP é um sistema integrado, que possibilita um fluxo de informações único, contínuo e consistente por toda a empresa sob uma única base de dados. É um instrumento para a melhoria de processos de negócio, tais como produção, compras ou distribuição, orientado por estes processos e não as funções/departamentos da empresa, com informações on-line e em tempo real. Possui uma arquitetura aberta, a qual viabiliza operar com diversos sistemas operacionais, banco de dados e plataformas de hardware. Desta forma, o ERP permite visualizar por completo as transações efetuadas pela empresa, desenhando um amplo cenário de seus processos de negócios. Segundo o autor, com o objetivo de ampliar a abrangência dos produtos vendidos, os fornecedores desenvolveram mais módulos integrados aos módulos de manufatura, ultrapassando os seus limites.

Para Abreu (2000, p. 53) a tecnologia ERP - *Enterprise Resource Planning* ou Planejamento de Recursos Empresariais são pacotes (software) de gestão empresarial ou sistemas integrados, com recursos de automação e informatização com o objetivo de

contribuir com o gerenciamento dos negócios empresariais. As empresas produtoras desta tecnologia aplicada a sistemas de informação operacional, de gestão e estratégico estão crescendo em todo o mundo, onde o ERP tem marcado uma nova fase dentro das empresas, integrando todos os seus processos.

Os ERP propõem otimizar os processos cotidianos empresariais, planejar os investimentos e os retornos financeiros e assegurar a flexibilidade para o crescimento da empresa. Possibilita a integração de informações interdependentes. Por exemplo, para o atendimento de um pedido, considera o processo e a capacidade fabril, a relação com demais produtos em produção, a mão-de-obra necessária, o fluxo de caixa previsto e real, o atendimento de prazos, a análise dos clientes e dos fornecedores e, ainda, o grau de risco de uma operação (ABREU, 2000 p. 55).

O ERP tem características próprias e as empresas, de um modo geral, buscam estas vantagens proporcionadas pelo sistema.

Stamford (2000, p.) apresenta as seguintes características do sistema ERP:

- a) aumento de valor percebido pelos investidores e pelo mercado;
- b) agilidade no aproveitamento de oportunidades de negócios, como, por exemplo, acriação de joint-ventures com empresas que já possuem soluções de sistemas similares;
- c) visibilidade, base única, informação em tempo real;
- d) atendimento a requerimentos globais, regionais e locais em um único sistema (multilíngua, multimoeda, multipaís, etc);
- e) suporte a estratégia de e-business.

Segundo Albertão (2001) o ERP pode trazer inúmeras vantagens às organizações, dentre elas, o autor cita:

- a) flexibilidade uso de uma base de dados comuns;

- b) economia de custos elimina o uso de interfaces manuais;
- c) eficiência melhora do fluxo da informação dentro da organização;
- d) melhoria da qualidade e consistência dos relatórios, possibilitando melhor comparação de dados;
- e) melhoria do processo de tomada de decisão;
- f) eliminação da redundância de atividades;
- g) redução do lead time e tempos de resposta ao mercado;
- h) redução de inventários - através do melhor gerenciamento de dados e informações mais rápidas e mais precisas;
- i) proporciona plataformas com multi-idiomas e multiplantas através de sistemas mais robustos, para empresas globais.

Segundo Alvarenga (2003), para se escolher uma empresa fornecedora de ERP, deve-se levar em conta que esta deve ter todas as condições que atenda as necessidades da empresa contratante, suas particularidades, além de dar continuidade ao trabalho, normalmente complexo, demorado e desafiador. As implantações ou otimizações devem ser avaliadas detalhadamente, considerando os custos complementares ao de aquisição que, eventualmente, podem ser tão altos ou superiores a este primeiro, bem como o processo de conversão dos dados existentes, analisando a forma do aproveitamento existente nas bases atuais.

Na fase de aquisição do pacote ERP, é importante ter-se em mente todos os custos envolvidos na implantação do sistema, desde a aquisição do sistema até o go live (início de funcionamento do sistema ERP – pós implantação) para se tomar uma decisão correta de qual caminho seguir. Vários autores abordam a análise de custo/benefício do sistema como um fator determinante na decisão da implantação (ALVARENGA, 2003).

Para Norris et al. (2000), outros custos para a organização envolvem aqueles não quantificáveis para a estrutura. Por exemplo, uma implantação do ERP afeta tanto a força da

estrutura organizacional dentro da empresa como o processo usual de tomada da decisão dentro da empresa.

Segundo Norris et al. (2000), vê-se agora uma corrida destas mesmas empresas para uma evolução e expansão do ERP para além das linhas da empresa, buscando uma interface com o cliente e com os fornecedores, gerenciando toda a cadeia de suprimentos (SCM) e monitorando as relações com clientes (CRM), ou buscando uma ponte com e-business, como reforça Norris et al. (2000, p. 179), sobre a SAP:

A SAP, com 30% do mercado de ERP instalados (12.000 clientes) está trabalhando para habilitação na Web (Web-enable) sua atual série de módulos. A companhia que construiu módulos de ERP, ao redor de bem definidos processos de negócios, está atualmente estendendo seus processos no que é chamado cenário de negócios que cruza as linhas da empresa. SAP está também experimentando módulos ERP que proporcionam operações externas, trabalhando com terceiros que proporciona a empresa a capacidade de gerenciar o ERP numa base externa. (NORRIS et. al, 2000, p. 179).

2.7.2 ERP - SINGE

A empresa possui um ERP chamado Sistema Integrado de Gestão Empresarial (SINGE) que foi desenvolvido para atender a empresa em diversos segmentos.

O SINGE é um ERP com mais de vinte anos de investimento em desenvolvimento de sistemas, que se diferencia da maioria das soluções de mercado por ser uma aplicação completamente web. Escrito originariamente em LINC II (Linguagem de geração de Cobol proprietária da Unisys Corporation), foi convertida para Xseed.

O SINGE possui um caráter flexível e abrangente, mantendo sua característica básica de gerar informações gerenciais, que fundamentem a tomada de decisões pelos níveis táticos e estratégicos das organizações. Em termos de funcionalidades, o SINGE contempla todas as áreas da empresa, mantendo em uma única base de dados, totalmente integrada, todas as informações da empresa. O SINGE contempla os seguintes módulos: planejamento

operacional, contabilidade, patrimônio, recursos humanos, vendas (carteira de pedidos, faturamento, expedição, transportes), financeiro, suprimentos, PCP, manutenção e custos.

2.7.3 Características do ERP - SINGE

Segundo Deschamps (2004) o SINGE foi desenvolvido com o objetivo básico de suprir os níveis táticos e estratégicos das empresas, com informações que auxiliem o processo de tomada de decisões. Para isso, todas as informações estão armazenadas em um único banco de dados corporativo com integridade garantida, tanto a nível físico, pelo gerenciador de banco de dados contratado, quanto a nível lógico, pela rotina de segurança do próprio sistema.

As consultas e manutenções das informações são feitas pelo usuário final, de forma totalmente interativa. Para ajudá-lo neste processo foram desenvolvidas algumas facilidades, tais como:

- a) menu de acesso as informações, orientado por módulo e rotina, ou seja, as atividades foram agrupadas por assunto, facilitando sua localização dentro do sistema;
- b) help's com instruções de ajuda sobre a finalidade e forma de utilização de cada uma das atividades do sistema;
- c) tela, do próprio sistema, para solicitação dos relatórios com gerenciamento automático de sua execução, ficando como opção para o usuário, a destinação do relatório para qualquer impressora da rede ou visualizá-lo na tela;

Para facilitar a assimilação do sistema por parte do usuário final, alguns padrões foram estabelecidos e estão presentes em todas as atividades que compõem o sistema. Por exemplo:

- a) as três primeiras linhas dos relatórios estão reservadas para o cabeçalho padrão.

Neste cabeçalho tem-se, a esquerda de cada página, a identificação da empresa, a

identificação do módulo, o código do relatório e o número da solicitação que o originou. A direita de cada página tem-se a data e a hora de execução do relatório e a numeração seqüencial de suas páginas. No centro tem-se a identificação do relatório, o período a que se refere (se for o caso) e outras observações necessárias à identificação do relatório;

- b) consultas a informações que tenham qualquer referência cronológica serão sempre apresentadas de forma invertida (da mais recente para a mais antiga);
- c) todas as atividades de consulta a informações permitem que a busca seja feita de forma seqüencial e, sempre que possível, com opção de fazê-la por código ou por nome solicitado (DESCHAMPS, 2004).

A figura 5 apresenta uma tela do sistema SINGE, a atividade apresentada é utilizada para visualizar os dados financeiros do cliente da empresa.

The screenshot shows the SINGE system interface in Microsoft Internet Explorer. The browser title is 'CREDITO DE CLIENTES - Microsoft Internet Explorer'. The page header includes the SINGE logo, the date 'Olá Edson, hoje é 1 de Junho de 2006 22:46 h', and the company name 'EMPRESA X'. The main content area displays client information for 'Cliente Vip A'. The client details include: Posição: Atualizada, EM 05/11/03 REF. 12 MESES, Conversão: Data atual; Cliente: 399043 ROSELENE VENDRUSCULO PEZZI; CNPJ: 91941567, 18 VIP A; Endereço: RUA BARAO DO RIO BRANCO, 2432, 97590-000 ROSARIO DO SUL - RS; Atividade: 6 LE-LOJA ESPECIALIZADA; Representante: 408 MERCURIOSUL; Cadastro: 07/93; Alteração: 07/04. Financial data is presented in two columns: Limite líquido (810,95), Maior compra (1.518,88), Último pedido (986,50), Pedidos em aberto, Maior acúmulo títulos (1.453,67), Maior fatura (1.453,67), Títulos pendentes (924,74), Títulos vencidos (924,74), Títulos a vencer, Juros não pagos, Pagamentos com + de 30 dias, com + de 60 dias; Quantidade de compras (2), Nr. dias do venc. (1000-), Atraso médio, Vencimento mais antigo (05/09/03), Bloqueios (13/07/04), Cheques sem fundo, Débito representante, Advogado, Protesto, Prorrogação, Lucros/perdas, Cartório, Devolução. The interface also includes a search bar for 'PROX. ATIVID.' and a 'Consultar por' dropdown menu with options for 'Código' and 'CNPJ'.

Figura 7 – Exemplo de tela do sistema SINGE

2.7.4 Módulo financeiro do ERP SINGE

Como a aplicação de rede neural será no departamento financeiro da empresa, é importante conhecer o processo atual de análise do limite de crédito dos clientes. Em entrevista com o gerente de desenvolvimento de sistemas da empresa levantou-se que o processo de análise do limite de crédito dos clientes inicia com a reprovação do pedido, com o motivo reprovado por limite de crédito, através do relatório executado diariamente para verificar a carteira de pedidos da empresa (AVR063). A partir deste relatório, o usuário verifica quais os clientes desses pedidos e analisa um a um, para verificar os dados financeiros dos mesmos, para então, ver se aprova ou não o limite de crédito. Após essa verificação, se o limite de crédito for aprovado, o pedido é encaminhado para o departamento de vendas que providenciará o seu faturamento, caso contrário, o pedido é cancelado.

2.7.5 Trabalhos Correlatos

Maciel (2005) apresenta uma análise de um sistema de uma Cooperatiava de crédito da região do sudoeste do Paraná. Essa análise propõe-se uma abordagem estruturada na exploração de Redes Neurais Artificiais como instrumento de apoio à previsão de inadimplência de pessoa física, utilizando o banco de dados da própria cooperativa, que contém informações de seus associados/clientes. O modelo de risco de inadimplência foi construído usando dados disponíveis da cooperativa de crédito, a qual possui tanto informações sobre os associados adimplentes, quanto dos inadimplentes. As redes neurais desenvolvidas foram do tipo *feed-forward*.

Heinzle, Feiten e Weissheimer (2003) apresentam um estudo que consiste em desenvolver um protótipo que auxilie na determinação do limite de crédito que poderá ser

concedido à uma pessoa física, minimizando o risco de inadimplência. O protótipo a ser implementado é um sistema especialista que possibilita a tomada de decisões utilizando uma base de dados existente e de alguns questionamentos específicos para a ocasião. Para a implementação do protótipo foi utilizada uma filosofia de *data mining*, para a obtenção dos dados da pessoa para serem usados no processo de decisão de limite de crédito a ser sugerido. Esta sugestão de limite de crédito será obtida através de iterações, realizadas com um conjunto de regras baseadas em Lógica Difusa, sobre informações extraídas de um banco de dados.

Franco (2000) apresenta um trabalho de que lida com inadimplência financeira na área de concessão de crédito rotativo, apresentando uma análise de Redes Neurais Artificiais utilizando *multilayer perceptron* com algoritmos de aprendizagem *standard backpropagation*, *backpropagation* com *momentum* e *backpropagation* com *weight-decay*. Foram realizadas várias simulações para mostrar a eficiência da proposta. Atingiu-se, de forma tecnicamente amparada, desempenhos superiores aos realizados através das análises estatísticas comuns ou até mesmo empíricas aplicadas ao problema em questão. Os métodos apresentados neste trabalho atingiram, nas melhores configurações, índices médios de capacidade de distinção de até 78% de acertos, em média, contra 65% nos trabalhos estatísticos realizados sobre o mesmo assunto, mostrando-se, portanto, melhor.

3 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

Nas próximas seções serão apresentados os requisitos da aplicação, uma visão geral da solução proposta bem como o desenvolvimento da aplicação.

3.1 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A aplicação deve atender os seguintes requisitos funcionais:

- a) o usuário deverá ser capaz de alimentar os dados na rede;
- b) possibilitar o treinamento manual ou automático da RNA através dos dados alimentados;
- c) a aplicação deverá analisar o limite de crédito do cliente;
- d) possibilitar visualizar o relatório com os clientes com crédito aprovado ou reprovado.

A aplicação deve atender os seguintes requisitos não funcionais:

- a) deverá executar em ambiente web utilizando-se da linguagem Java;
- b) será utilizado o banco de dados SQL Server;
- c) deverá ser integrada ao sistema atual da empresa.

3.2 VISÃO GERAL

Antes da seção de especificação, se faz necessário uma abordagem prévia de como será o funcionamento geral da aplicação para que o leitor possa conhecer alguns conceitos necessários para as próximas seções.

Primeiramente a aplicação deve permitir que o usuário treine a RNA passando como

entrada para a rede um vetor que será gerado com base nos dados dos limites de créditos dos clientes. Esses dados serão gerados através das informações financeiras dos mesmos, conforme a figura 6. Uma vez que a rede esteja treinada serão armazenados os pesos da mesma, então o usuário da aplicação poderá executar o relatório que verifica o limite de crédito dos clientes que estão com o respectivo limite reprovado. Após a execução é disponibilizado um relatório com os clientes e os critérios utilizados para análise do limite de crédito.

3.3 ESPECIFICAÇÃO

A especificação do protótipo foi realizada utilizando a linguagem de modelagem Unified Modeling Language (UML). A UML é a padronização da linguagem de desenvolvimento orientado a objetos para visualização, especificação, construção e documentação de sistemas (MARTINS, 2002).

Para a modelagem foram utilizados os diagramas de casos de uso, diagramas de sequência e diagrama de classes. Para a especificação da aplicação, utilizou-se a ferramenta CASE Power Designer 9 (SYBASE, 2004).

3.3.1 Diagramas de Casos de Uso

A figura 6 apresenta o diagrama de casos de uso da aplicação onde se tem como ator o usuário do sistema. A seguir são detalhados os casos de uso da aplicação desenvolvida.

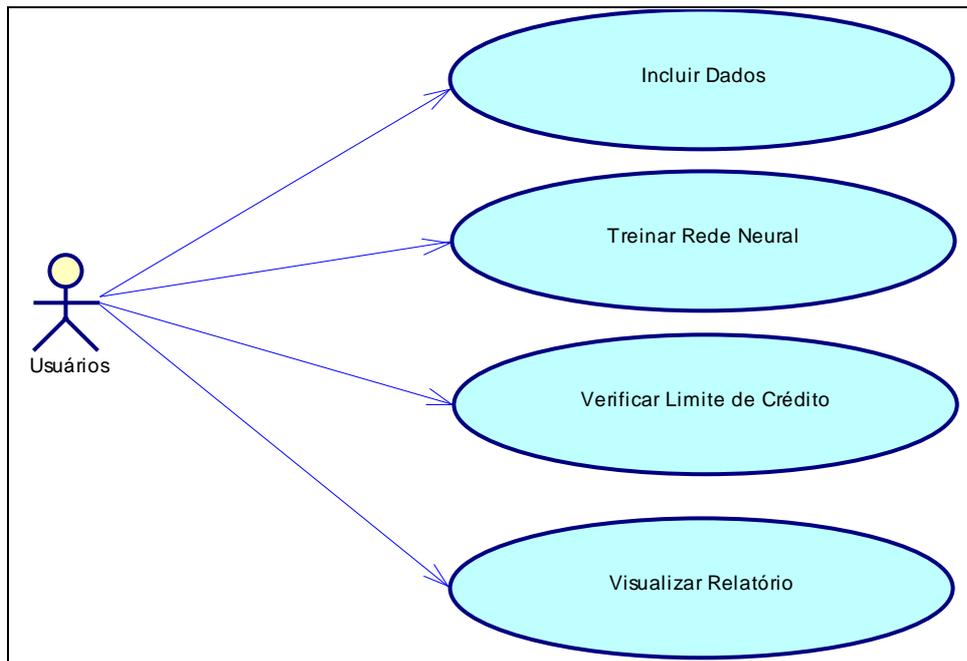


Figura 8 – Diagrama de casos de uso

Os casos são os seguintes:

a) incluir dados:

Pré Condição:

- O usuário deverá ter efetuado o login no sistema SINGE.

Fluxo Principal:

- O usuário inclui pedido;
- O usuário inclui dados pra treinar rede neural;
- O sistema gera uma de dados pra treinar a rede neural.

b) treinar rede neural:

Pré Condição:

- O usuário deverá ter efetuado o login no sistema SINGE.

Fluxo Principal:

- O usuário treina rede;

c) verificar limite de crédito:

Pré Condição:

- O usuário deverá ter efetuado o login no sistema SINGE.

Fluxo Principal:

- O usuário executa relatório que verifica carteira de pedidos;
- O usuário verifica quais os clientes que estão com limite de crédito financeiro;
- O sistema gera um arquivo de dados com as informações dos clientes para ser analisados pela rede neural;
- O usuário executa o relatório que analisa o limite de crédito dos clientes.

d) visualizar relatório:

Pré Condição:

- O usuário deverá ter efetuado o login no sistema SINGE.

Fluxo Principal:

- O usuário consulta relatório de análise do limite de crédito dos clientes.

3.3.2 Diagramas de Seqüência

A seguir as figuras 9, 10, 11 e 12 demonstram os diagramas de seqüência do sistema os que representam as opções disponíveis ao usuário.

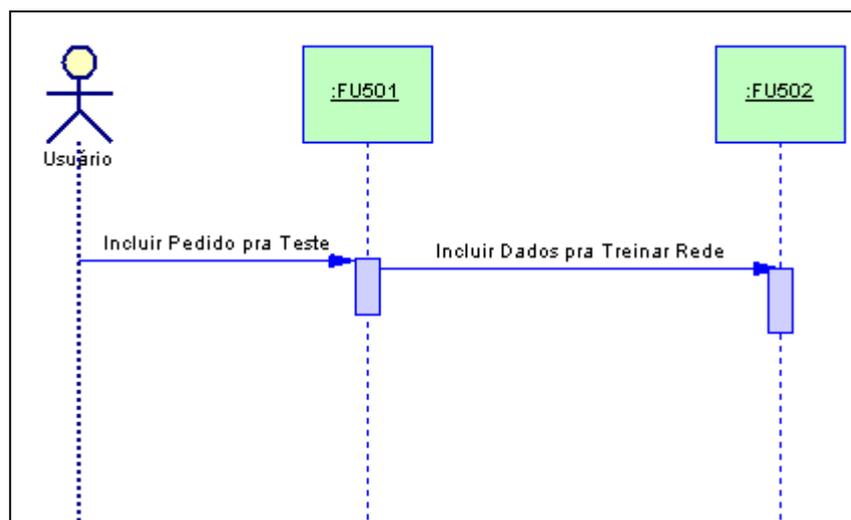


Figura 9 – Diagrama de seqüência Incluir Dados

A figura 9 representa o momento em que o usuário acessa a atividade FU501, e inclui algum pedido teste, em seguida acessa a atividade FU502 e inclui os dados financeiros

referentes aquele pedido/cliente para posteriormente treinar a rede.

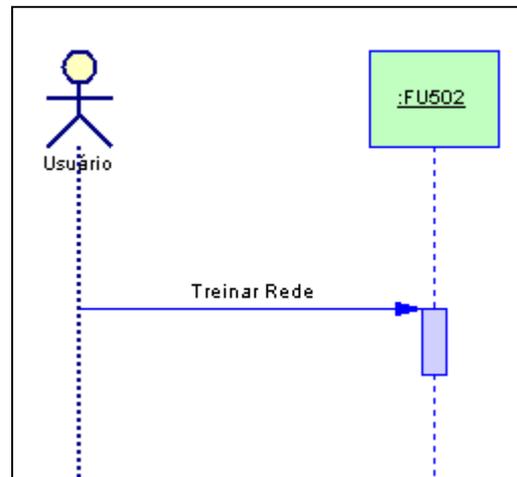


Figura 10 – Diagrama de seqüência Treinar Rede

A figura 10 representa o momento em que o usuário acessa a atividade FU502, e treina a rede neural.

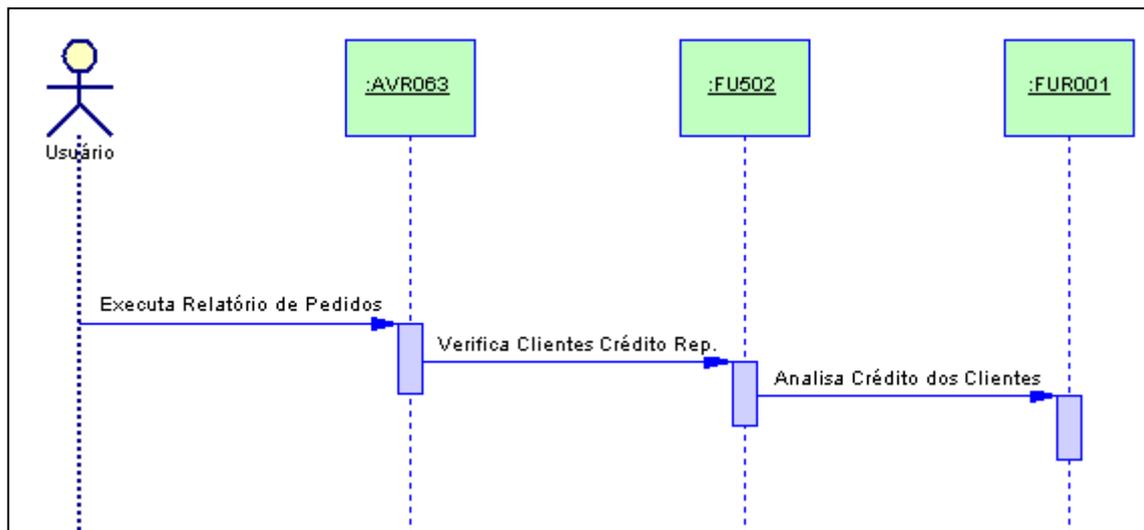


Figura 11 – Diagrama de seqüência Verificar Limite de Crédito

A figura 11 representa o momento em que o usuário executa o relatório AVR063 para analisar a carteira de pedidos, em seguida acessa a atividade FU502 e verifica quais os clientes que estão com limite de crédito reprovado, o sistema automaticamente gera um arquivo com os dados financeiros desses clientes, depois dessa verificação o usuário executa o relatório FUR001 que analisará o limite de crédito dos clientes, através desse arquivo.

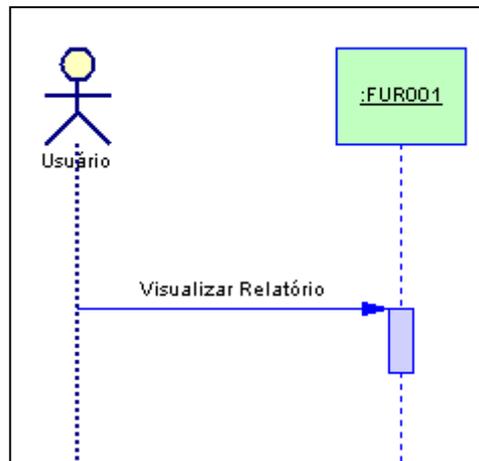


Figura 12 – Diagrama de seqüência Visualizar Relatório

A figura 12 representa o momento em que o usuário visualiza o relatório disponibilizado no FUR001.

3.3.3 Diagramas de Classes

A nomenclatura das classes, foi definida de acordo com o padrão de desenvolvimento de sistemas da empresa.

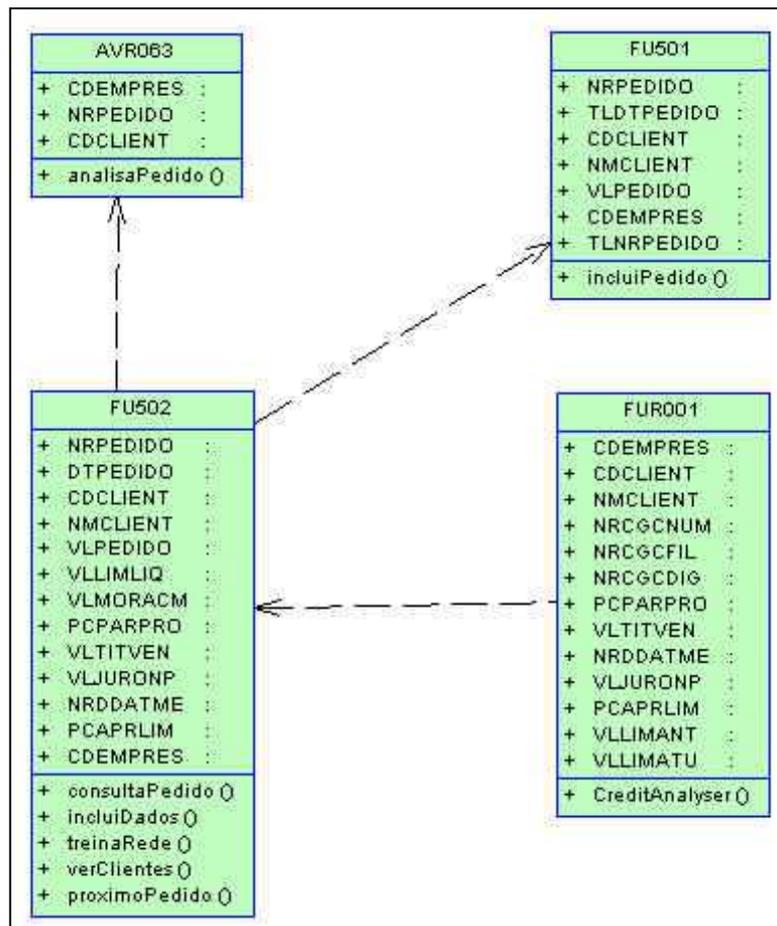


Figura 13 – Diagrama de classes

A classe AVR063 foi desenvolvida para o usuário verificar a carteira de pedidos da empresa e aprovar os pedidos automaticamente. Nesta classe está apresentado somente as informações necessárias para o trabalho. Essa classe é executada para pegar todos os pedidos digitados até o dia, tanto sendo pelo representante ou pelo departamento de vendas.

A classe FU501 foi desenvolvida para que o usuário possa incluir alguns pedidos de simulação para posteriormente treinar a rede neural.

A classe FU502 foi desenvolvida para que o usuário simule alguns dados financeiros para os pedidos que foram simulados pela classe FU501, e os atualize para treinar a rede. Só poderá ser feita essa simulação dos dados financeiros se existir algum pedido na classe FU501. Através do método `treinaRede` o usuário pode treinar a rede neural manualmente com os dados que foram atualizados na classe FU502. O método `verClientes` verifica quais os clientes que estão com limite de crédito reprovado e gera um arquivo com o código do cliente e os dados financeiros necessários para análise do crédito. Esse método só poderá ser executado se a classe AVR063 já foi executada, pois é ela que verifica quais os pedidos reprovados por limite de crédito.

A classe FUR001 foi desenvolvida para analisar e aprovar ou não o limite de crédito financeiro dos clientes que estão no arquivo gerado pela classe FU502, disponibilizando um relatório final para o usuário com os dados dos clientes e atualizando o novo limite de crédito, conforme a sua aprovação.

3.3.4 Estrutura da Rede

Uma das preocupações numa aplicação utilizando RNA deve ser com relação a quantidade de camadas ocultas da rede e a quantidade de neurônios presentes tanto na camada de entrada, quanto na(s) camada(s) oculta(s) e quanto na camada de saída. Sabe-se que se um mesmo problema for dado a vários projetistas de RNAs todos podem apresentar soluções com RNAs estruturadas de maneira completamente diferentes (MATIAS, 2004, p. 50). Para a implementação da aplicação definiu-se o uso de apenas uma camada oculta.

O número de neurônios utilizados na camada de entrada foi de 4, tendo para este valor os seguintes parâmetros: percentual a mais do limite de crédito, duplicatas vencidas, juros não pagos e atraso médio dos pagamentos. Estes parâmetros representam os dados financeiros dos

clientes. A quantidade de neurônios na camada de saída será igual a 1, que indicará através de faixas de valores dada na entrada da rede. E por último, definiu-se a quantidade de neurônios na camada oculta seguindo a fórmula descrita na seção 2.4, onde $O = \sqrt{1 * 4}$, totalizando 2 neurônios nesta camada.

3.3.5 Parâmetros de Treino

Os parâmetros de treino são tão importantes quanto a definição da quantidade de neurônios presentes em cada camada. O algoritmo *backpropagation* implementado conta com 3 parâmetros extremamente importantes sendo eles: quantidade máxima de iterações, taxa de aprendizagem e valor da tolerância ao erro.

A quantidade máxima de iterações é o mais simples, ele é um critério de parada, onde se o erro desejado não for alcançado é usado para interromper o processamento após n iterações, este valor normalmente é estipulado em constantes muito altas. Para a aplicação o valor escolhido foi de 10.000 iterações. É importante lembrar que todo o conjunto de treinamento poderá ser apresentado para cada uma destas 10.000 iterações caso o erro gerado esteja acima do valor esperado.

O valor da tolerância do erro é outro critério de parada que encerra o ajuste dos pesos, uma vez que este for alcançado diz-se que a RNA aprendeu. Segundo Haykin (2001, p. 200), a taxa de variação do Erro Quadrado Médio (EQM) é considerada pequena se esta se encontrar entre 0,1 e 1 por cento de cada *epoch*. Este valor de erro pode interromper prematuramente o processo de aprendizagem ou fazer com que a rede perca sua capacidade de generalização obrigando-a a treinar até que este erro seja alcançado. O valor escolhido para o protótipo foi de 0,00001.

Como último parâmetro e também muito importante tem-se a taxa de aprendizagem ou

multiplicador gradiente (*learn rate*). Fausett (1994, p. 305) afirma que é recomendado um valor pequeno para este parâmetro para evitar maiores rompimentos na direção de aprendizado quando um padrão de entrada fora do comum é apresentado. O valor escolhido para o protótipo foi de 0,005.

O algoritmo de treinamento requer um vetor de saída com valor alvo (desejado) para cada entrada, que é usado para calcular o EQM. Assim, para uma dada entrada espera-se que a RNA responda com uma saída igual ou próxima da que lhe foi ensinada. Haykin (2001, p. 207) relata que é importante que os valores alvos sejam escolhidos dentro do intervalo da função de ativação sigmóide mas que se afastem de seus limites mínimos e máximos. Neste caso, a função sigmóide binária tem seus valores entre 0 e 1. Masters (1993, p. 82) também expõe que não se deve treinar uma RNA para alcançar seus extremos, as entradas podem conter estes valores, mas não as saídas.

3.4 IMPLEMENTAÇÃO

A seguir serão apresentadas os itens que fazem parte da implementação da aplicação, sendo eles: técnicas, ferramentas, fragmentos de códigos, etc.

3.4.1 Técnicas e ferramentas utilizadas

Para desenvolvimento da aplicação foi utilizando a linguagem de desenvolvimento Xseed/Java.

Segundo Xseed Software (2004), Xseed/Java é uma ferramenta de elevada produtividade, para geração de aplicações corporativas integradas em J2EE. Utilizando uma metáfora similar a do LINC II / COBOL, é uma ferramenta ideal para quem possui

familiaridade com sistemas legados e deseja continuar utilizando esses conhecimentos na produção de aplicações robustas e seguras, na plataforma J2EE. A partir de um metacódigo, a ferramenta gera todo o *framework* Java e encapsula as regras de negócios em objetos concisos e já amplamente testados.

O sistema gerenciador de banco de dados utilizado foi Microsoft SQL Server 2000.

Segundo Microsoft (2004), o Microsoft SQL Server 2000 é o mais completo produto de bases de dados e análise que disponibiliza hoje a próxima geração de soluções dimensionáveis de comércio eletrônico, de linha empresarial e de armazenamento de dados para sua empresa.

No desenvolvimento da aplicação foi utilizada uma implementação de uma rede neural do tipo MLP (*Multi-layer Perceptron*) e adaptada conforme a necessidade desse trabalho.

3.4.2 Operacionalidade da implementação

Neste item é apresentada a aplicação para concessão do limite de crédito financeiro do cliente de uma empresa têxtil. Se fosse executada pelo usuário responsável por essa função, sua tarefa seria colher as informações financeiras e analisa-las com base em seu conhecimento. Sua experiência foi construída durante anos de trabalho onde adquiriu conhecimentos que o ajudam, no momento de conceder o crédito para os clientes. Durante todos os anos anteriores ele aprendeu que existem padrões que determinam essa análise. Por exemplo: percebeu que todos os clientes que pedem um limite de crédito até 10% a mais do seu valor atual, que não tem duplicatas vencidas, que não tem juros não pagos e o seu atraso médio é de até 5 dias, pode ser um bom cliente. Por outro lado, aqueles que pedem um limite de crédito maior que 10%, que possuem duplicatas vencidas, que possuem juros não pagos e o atraso médio de pagamento das duplicatas é maior que 5 dias, pode ser um mal cliente.

Conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Exemplo de clientes

% a mais do limite	Dupl. vencidas	Juros não pagos	Atraso médio	% Aprov.
1,0	1	1	1,0	100,0
0,7	1	1	0,7	84,0
0,6	1	1	0,5	76,0
0,9	0	1	0,9	70,0
0,6	1	0	0,8	62,0
0,5	0	1	0,6	50,0
0,4	0	0	0,7	28,0
0,3	0	0	0,8	27,0
0,0	0	0	0,0	00,0

Essas serão as informações utilizadas na análise de crédito do cliente, onde tem-se 0,0 até 1,0 para o % a mais que o cliente quer de crédito acima do limite atual, tem-se 0 ou 1 para duplicatas vencidas, sendo 0 se tem e 1 se não tem. O mesmo se aplica para juros não pagos, 0 se tem e 1 se não tem. Para o atraso médio, os valores também podem variar de 0,0 até 1,0.

Para essa análise foi utilizado as RNAs porque baseado nos conhecimentos passado que estão na base de dados dos clientes, verificou-se um argumento favorável de não precisar extrair esses dados de um especialista.

Esses dados são facilmente acessados no banco de dados da empresa e servem pra treinamento da rede neural. O % de Aprovação do limite de crédito do cliente deve ser acrescentado pelo usuário, que é quem efetivamente sabe diferenciar um bom ou mau cliente. Para que o % Aprovação seja calculado adequadamente, tanto pelo usuário quanto pela máquina, é necessário que se tenham dados históricos sobre muitos clientes, para que a rede aprenda a reconhecer quem paga e quem não paga.

3.4.2.1 Iniciando a inclusão de dados pra treinar a rede neural

A figura 14 apresenta a tela (FU501) de cadastro de pedidos, para posteriormente incluir os dados financeiros do cliente do pedido para treinar a rede.

Figura 14 – Tela de cadastro de pedido

Após a inclusão dos pedidos, é usada a tela FU502 para incluir os dados financeiros dos clientes, referente ao pedido, para depois ser usados para treinar a rede. Para a inclusão desses dados foram definidos alguns pesos, para análise do limite de crédito do cliente. Conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Pesos para análise do limite de crédito

Dados financeiros	% equiv. para aprov.
% a mais do limite	35,00
Duplicatas vencidas	25,00
Juros não pagos	20,00
Atraso médio	20,00

Esses pesos são utilizados para normalizar os valores entre 0 e 1 para os parâmetros definidos para treinar a rede e para estabelecer o percentual de aprovação do limite de crédito do cliente. Se o cliente fez uma compra 10% a mais do limite de crédito, o valor normalizado será 0,6 e o percentual de aprovação será de 21%, caso não tenha duplicatas vencidas o valor será 1 e o percentual de aprovação 25%, se tem juros não pagos o valor será 0 e o percentual de aprovação será 0%, e se o cliente tem um atraso médio de 2 dias, o valor normalizado será 0,8 e o percentual de aprovação de 16%, totalizando um valor de aprovação igual a 62%,

conforme exemplos na tabela 1.

Para cada pedido deverá ser incluído os dados de % a mais do limite, valor títulos vencidos, valor juros não pagos e número de dias de atraso médio no pagamento das duplicatas. O % de aprovação a tela calcula automaticamente através dos pesos definidos na tabela 2. Para incluir esses dados financeiros basta clicar no botão Incluir dados. Conforme figura 15 para inclusão dos dados para treinar rede.

Pedido	8524	Data	03/06/06
Cliente	399043	ROSELENE VENDRUSCULO PEZZI	
Vlr. pedido	1500,00		
Lim. líquido crédito	389,88		
Lim. total de crédito	698,88		
% à mais do limite	<input type="text" value="4,82"/>	=> equivale	0,35% da aprovação
Valor títulos vencidos	<input type="text" value="924,74"/>	=> equivale	0,25% da aprovação
Valor juros não pagos	<input type="text" value="0,00"/>	=> equivale	0,20% da aprovação
Nr. dias atraso médio	<input type="text" value="0"/>	=> equivale	0,20% da aprovação
% De aprovação	* Aprovado => 0,50%		

Figura 15 – Tela para Incluir dados, Treinar rede e Verificar clientes

3.4.2.2 Treinar rede Neural

Para RNA aprender ela precisa ser treinada, nesta aplicação foram usados 40 exemplos de clientes para treinar a rede. Esses dados são gerados num arquivo .txt, através da tela FU502 quando inclui os dados financeiro de clientes.

Conforme apresentado no exemplo do arquivo que está no quadro 5.

0,0;0,0;0,0;0,0;0,0;0,00
0,4;1,0;1,0;0,6;0,71
0,0;1,0;0,0;0,0;0,25
1,0;0,0;0,0;0,0;0,35
0,0;0,0;1,0;1,0;0,45
0,0;1,0;1,0;1,0;0,65
1,0;1,0;1,0;0,0;0,80
0,0;1,0;1,0;1,0;0,65
1,0;1,0;1,0;1,0;1,00

Quadro 5 – Exemplo do arquivo pra treinar rede

Para treinar a RNA basta clicar no botão Treinar rede, conforme figura 15. No Quadro 6 é apresentado o fonte para treinamento da RNA.

```
import java.io.File;

public class treinaRede {

    public static void main(String[] args) {
        // Rede de 2 camadas
        MLP mlp = new MLP(2);
        mlp.addFirstLayer(4, 4);
        mlp.addLayer(1);

        /* Treinamento da rede */
        Trainer trainer = new Trainer(mlp);
        trainer.setLearningRate(0.005);
        trainer.setMemoryFactor(0.995);

        /* carrega os dados de treinamento do arquivo texto */
        List<TrainingBean> list = DataLoader.load(
            //new File("D:\\development\\eclipse-workspace\\rna\\resources\\traini
            new File("resources\\training-data.txt"), DataLoader.BR);

        /* número de vezes que os dados de treinamento (o arquivo inteiro)
        * serão mostrados a rede para que ela aprenda a conhecê-los */
        final int iterations = 10000;

        /* erro máximo permitido */
        final double error = 0.00001;
        /*
        * NOTA: o treinamento pára quando o erro máximo permitido é atingido
        * ou quando todas as iterações (iterations) já tiverem sido executadas,
        * mesmo que o erro não tenha sido atingido.
        */
        /* execução do treinamento */
        trainer.train(list, iterations, error);
    }
}
```

Fonte: Adaptado de GUJ (2006).

Quadro 6 – Código fonte pra treinar rede

Apresenta-se no Quadro 7, a rotina principal de treinamento da RNA.

```

public class Backpropagation {

    private MLP m = null;
    private BackLayer[] layers = null;
    private ActivationFunction f = null;

    private double learningRate = 0.2;
    private double memoryFactor = 0.8;

    public Backpropagation(MLP m) {

        this.m = m;
        f = new ActivationFunction();

        int size = m.getSize();
        layers = new BackLayer[size];

        for (int i=0; i < size; i++)
            layers[i] = new BackLayer(m.getLayer(i).getSize(),
                                     m.getLayer(i).getNeuronSize());
    }

    public Backpropagation(MLP m, double eta, double alpha) {
        this(m);
        this.learningRate = eta;
        this.memoryFactor = alpha;
    }

    public void setLearningRate(double learningRate) {
        this.learningRate = learningRate;
    }

    public double getLearningRate() {
        return learningRate;
    }
}

```

Fonte: Adaptado de GUJ (2006).

Quadro 7 – Parte do código fonte da classe *backpropagation*

3.4.2.3 Verificar limite de crédito dos clientes

Todos os dias é executado o relatório (AVR063) que verifica a carteira de pedidos da empresa, e aprovar os pedidos que não tem nenhum problema com a empresa. Para esse trabalho interessa somente os pedidos que foram reprovados pelo motivo limite de crédito.

Após a execução desse relatório, o usuário acessa a tela FU502, conforme figura 15, novamente para verificar quais os clientes que foram reprovados por esse motivo. O usuário clica no botão Ver. Clientes, e então a aplicação acessará automaticamente os dados

financeiros desses clientes e criará um arquivo .txt com esses dados para o relatório de análise do limite de crédito verificar quem terá o seu crédito aprovado, conforme apresentado no quadro 8.

Cliente	Dados
399043	0,4;1,0;1,0;0,6
28503	0,0;1,0;0,0;1,0
408536	1,0;1,0;1,0;0,0
398002	0,0;1,0;1,0;1,0
285018	0,0;0,0;0,0;1,0

Quadro 8 – Exemplo do arquivo de análise de crédito

Apresenta-se um exemplo de um cliente que tem um limite de crédito no valor de R\$ 810,95, sendo que o mesmo fez um pedido no valor de R\$ 850,00, que na execução do relatório de verificação da carteira de pedidos (AVR063), foi reprovado com motivo de limite de crédito. Pode-se verificar esse limite na tela de consulta de créditos de cliente, conforme figura 16.

Cliente Vip A

Posição: Atualizada EM 05/11/03 REF. 12 MESES Conversão: Data atual

Cliente: 399043 ROSELENE VENDRUSCULO PEZZI

CNPJ: 91941567 18 VIP A

Endereço: RUA BARAO DO RIO BRANCO, 2432 97590-000 ROSARIO DO SUL - RS

Atividade: 6 LE-LOJA ESPECIALIZADA Representante: 408 MERCURIOSUL Cadastro: 07/93

Limite líquido: **610,95** Alteração: 07/04

Maior compra: 1.518,88 Em 16/07/03 Quantidade de compras: 2

Último pedido: 986,50 Em 31/08/04 Nr. dias do venc. 1002-

Pedidos em aberto: Atraso médio

Maior acúmulo títulos: 1.453,67 Em 16/07/03 Vencimento mais antigo: 05/09/03

Maior fatura: 1.453,67 Em 16/07/03 3 parcela(s) Bloqueios: 13/07/04

Títulos pendentes: 924,74 Cheques sem fundo

Títulos vencidos: 924,74 Débito representante

Títulos a vencer Advogado

Juros não pagos Protesto

Pagamentos com + de 30 dias Prorrogação

com + de 60 dias Lucros/perdas

Cartório

Devolução

Observação

Figura 16 – Tela de consulta dos créditos de clientes

Após essa verificação, o usuário executa o relatório (FUR001) que irá analisar o limite de crédito financeiro dos clientes. No quadro 9 pode-se verificar a classe principal da aplicação. Nessa tela é executado o método *evaluate* que é responsável pela análise das entradas da rede para análise do limite de crédito do cliente.

```

public class MLP {
    private Layer[] layers;
    private int lastLayer = -1;
    /**
     * layers número de camadas da rede
     */
    public MLP(int layers) {
        this.layers = new Layer[layers];
    }

    public void addFirstLayer(int neurons, int connections) {
        layers[0] = new Layer(neurons, connections);
        lastLayer = 0;
    }

    public void addLayer(int neurons) {
        if ((lastLayer + 1) >= layers.length) {
            throw new IllegalStateException("Limite máximo de camadas atingido (" + la
        )
        layers[lastLayer + 1] = new Layer(neurons, layers[lastLayer].getSize());
        lastLayer++;
    }

    /**
     * Analisa as entradas da rede. Essa é a fase "forward", como é
     * tratada na literatura.
     */
    public void evaluate(double[] input) {
        for (int i=0; i < layers.length; i++) {
            layers[i].compute(input);

            input = layers[i].getOutput();
        }
    }
}

```

Fonte: Adaptado de GUJ (2006).

Quadro 9 – Parte do código fonte da classe MLP

Depois que o relatório foi executado, o limite de crédito do cliente é atualizado automaticamente e o pedido é aprovado. Pode-se verificar o limite de crédito atualizado na figura 17. Na execução do relatório os dados que estão sendo analisados serão incluídos junto ao arquivo de treinamento da rede, para que quando for executado o relatório pela próxima vez tenha mais dados para a rede ser treinada, sendo que o próprio relatório execute essa função de treinar a rede automaticamente.

CREDITO DE CLIENTES - Microsoft Internet Explorer

Olá Edson, hoje é 3 de Junho de 2006 10:31 h

SINGE TESTE EMPRESA X FN525 - CREDITO DE CLIENTES 29:18

PROX. ATIVID. [] OK

Cliente Vip A Consultar por Código CNPJ

Posição **Atualizada** EM 05/11/03 REF. 12 MESES Conversão **Data atual**

Cliente **399043 ROSELENE VENDRUSCULO PEZZI** Acumular por CNPJ? Sim

CNPJ **91941567** 1 **18 VIP A** Fone **055-231-2913**

Endereço **RUA BARAO DO RIO BRANCO, 2432 97590-000 ROSARIO DO SUL - RS**

Atividade **6 LE-LOJA ESPECIALIZADA** Representante **408 MERCURIOSUL** Cadastro **07/93**

Limite líquido	850,00		Alteração	07/04
Maior compra	1.518,88	Em 16/07/03	Quantidade de compras	2
Último pedido	986,50	Em 31/08/04	Nr. dias do venc.	1002-
Pedidos em aberto			Atraso médio	
Maior acúmulo títulos	1.453,67	Em 16/07/03	Vencimento mais antigo	05/09/03
Maior fatura	1.453,67	Em 16/07/03	3 parcela(s) Bloqueios	13/07/04
Títulos pendentes	924,74		Cheques sem fundo	
Títulos vencidos	924,74		Débito representante	
Títulos a vencer			Advogado	
Juros não pagos			Protesto	
Pagamentos com + de 30 dias			Prorrogação	
com + de 60 dias			Lucros/perdas	
			Cartório	
			Devolução	

Observação

Figura 17 – Tela de consulta dos créditos de clientes

3.4.2.4 Visualizar relatório

Na execução do relatório de análise do limite de crédito dos clientes, é disponibilizado um relatório com as informações dos clientes com o limite de crédito aprovado ou reprovado, bem como, os critérios utilizados para essa análise, para que o usuário possa conferir ou repassar para outra pessoa, caso desejar. Conforme apresentado na figura 18.

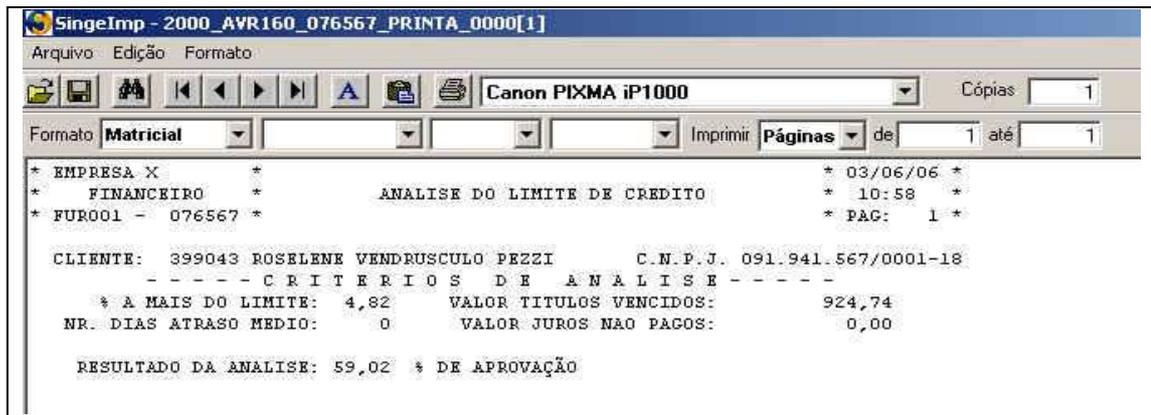


Figura 18 – Relatório de análise do limite de crédito dos clientes

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram desenvolvidas três atividades, uma para incluir pedidos, outra para incluir dados e treinar a rede, e outra atividade para analisar o crédito do cliente e disponibilizar o relatório para o usuário com os clientes com o crédito aprovado ou reprovado. Para mapear todo o processo necessário para execução do processo de análise de crédito da empresa, foi feita entrevistas com os usuários da área financeira da empresa. Após mapeado o processo foi utilizada a tela FU502 para armazenar os dados no sistema e para treinar a rede neural.

Para o usuário executar a tarefa de análise de crédito dos clientes foi desenvolvida o relatório FUR001 para acessar a base de dados referente a análise de crédito. Visando fornecer um relatório com os clientes com crédito aprovado ou reprovado, foi desenvolvido um layout no relatório FUR001 com esses dados para verificação do usuário. A aplicação foi implantada no formato de um piloto para ambientação dos usuários com a aplicação.

Com o desenvolvimento deste trabalho observou-se que a empresa pode possibilitar a realizar o treinamento da RNA automaticamente e manualmente, também uma grande melhoria na agilidade e segurança na liberação de crédito dos clientes e ser inteiramente implantada ao sistema SINGE da empresa.

Para verificar o % de acerto da rede foram feitos os mesmos cálculos utilizados para obter o percentual de aprovação do limite de crédito dos clientes utilizados para treinar a rede, e comparados com os que a rede chegou, com isso, verificou um percentual de acerto igual a 100%. Chegou-se nesse percentual devido que a rede sempre foi treinada baseado nos dados dos clientes.

4 CONCLUSÕES

Neste capítulo primeiramente são apresentadas as conclusões do trabalho, e em seguida são apresentadas as extensões.

4.1 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho que é desenvolver uma aplicação para análise do limite de crédito financeiro dos clientes, direcionado a área financeira, para agilizar e dar mais confiabilidade na concessão desse limite de crédito utilizando técnicas de RNAs, foi atingido. Pois verificou-se com a utilização da aplicação, que a análise teve grande sucesso na concessão do limite de crédito, eliminando erros ou facilidades aos clientes, ocasionados pelos usuários na hora dessa análise.

A aplicação foi desenvolvida utilizando-se da ferramenta Xseed/Java e banco de dados SQL – Server. Foi utilizada essa ferramenta de desenvolvimento, devido que esta é a mais utilizada na empresa onde foi aplicado este trabalho. O Power Designer foi uma ferramenta importante e de fácil utilização, onde foram criadas os diagramas de casos de uso, digrama de classes e o diagrama de seqüência.

Para empresa, devido ao sistema ser integrado ao ERP Singe, esta aplicação pode ser considerada uma nova funcionalidade do sistema, que a partir de agora pode ser implantando em outros processos da empresa.

Este trabalho foi importante para que se pudesse compreender melhor sobre RNAs. Acredita-se que um fator importante durante o desenvolvimento do trabalho foi a oportunidade de aplicar o conceito de RNAs em uma organização. O desenvolvimento da aplicação foi importante para assimilação desse conceito e verificou-se que a teoria, neste

caso, foi aplicado na empresa obtendo-se, com isso, a prática, desta forma a teoria e a prática se confirmam que na teoria é igual na prática.

4.2 EXTENSÕES

A fim de continuar a abordagem aqui utilizada vários aspectos poderiam vir a ser trabalhados. A seguir é apresentada uma lista com algumas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- a) implantar a aplicação em outras áreas da empresa, podendo ser na área comercial aplicando-se na rotina de análise de pedidos no setor de vendas;
- b) avaliar, através de pesquisas, em que medida o mercado atual vem adotando as técnicas de redes neurais artificiais. Verificando quais ferramentas o mercado está utilizando atualmente, e avaliando essas ferramentas;
- c) aprimorar a aplicação a partir da inclusão de novas funções, com mais dados afim de melhorar a análise do limite de crédito;
- d) integrar a aplicação com outros softwares de ERP existentes no mercado, podendo ser, tanto na área financeira como em outra área;
- e) desenvolver uma aplicação usando uma tecnologia dos sistemas especialistas com a utilização de uma shell e comparar os percentuais de acertos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. **Sistemas de informações gerenciais**: uma abordagem orientada aos negócios. Florianópolis: UFSC/IGTI, 2000.
- ALBERTÃO, S. E. **ERP**: sistemas de gestão empresarial metodologia para avaliação, seleção e implantação. São Paulo: Iglu, 2001.
- ALVARENGA, M.L.F. **Metodologia para verificação do sucesso na implantação de erp baseado nos fatores críticos de sucesso – Aplicação na indústria mineira**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- ARRAES, D.; SEMOLINI, R.; PICININI, R. **Arquiteturas de redes neurais aplicadas a data mining no mercado financeiro**: uma aplicação para a geração de credit ratings. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REDES NEURAS, 5., 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IEE/ITA, 2001. p. 115-120.
- ATIYA, A. F. **Bankruptcy prediction for credit risk using neural network**: a survey and new results. Pasadema: California institute of technology, 2001.
- BANCO DO BRASIL. **Política de Crédito**. Brasília: DIBAN, 1997.
- BARRETO, Jorge M. **Introdução às redes neurais artificiais**. Florianópolis: UFSC, 2002.
- BUSCEMA, M.; SACCO, P. L. **Feedforward networks in financial predictions**: the future that modifies the present. Oxford: Expert Systems, 2000.
- CABRERA, J. **Um modelo neural para previsão de insolvência no sistema financeiro**. 1998. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- DESCHAMPS, Roberto. **Apresentação single**. Gaspar, 2004. 1 disquete 3 ½..
- DOUAT, João C. **Gestão de risco de crédito**. São Paulo: EAESP/FGV, 1995.
- FAUSETT, Laurene V. **Fundamentals of neural networks**: architectures, algorithms, and applications. Englewood Cliffs: Prentice Hall International, 1994.
- FERREIRA, Aurélio B. H. **Novo dicionário aurélio século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FRANCO, Rômulo B. **Análise de inadimplência financeira na área de concessão de crédito rotativo usando rna**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Harbra, 1997.

GUIMARÃES, I. A. **Construção e avaliação de uma regra de reconhecimento e classificação de clientes de uma instituição financeira com base na análise multivariada**. 2000. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GUJ: notícias, tutoriais, e o maior fórum brasileiro sobre Java. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.guj.com.br/posts/list/0/19875.java>>. Acesso em: 08 de mar. 2006.

GUMZ, R. A. **Protótipo de um sistema de identificação de minúcias em impressões digitais utilizado redes neurais artificiais multicamada**. 2002. 134 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

HARTMANN, F. R. **Redes neurais, conceitos básicos e análise**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Porto Alegre: UNISINOS, 2002.

HAYKIN, Simon. **Redes neurais: princípios e prática**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HEINZLE, R.; FEITEN, W.; WEISSHEIMER, E. O. Protótipo de um sistema especialista para análise de crédito de pessoas físicas. In: Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins. 5., 2003, Palmas. **Anais...** Palmas: FURB, UNIANDRADE, 2003. p. 169-178.

JORION, Philippe. **A nova fonte de referência para o controle do risco de mercado – value at risk**. São Paulo: BM&F, 1998.

LELLO, José; LELLO, Edgar. **Dicionário enciclopédico luso-brasileiro**. Porto: Lello & Irmão, 1981.

LOESCH, C.; SARI, S. T. **Redes neurais artificiais: fundamentos e modelos**. Blumenau: Editora da FURB, 1996.

MACIEL, Josias. **Análise de um sistema de crédito cooperativo através de redes neurais (MLP) com a utilização do algoritmo levenberg marquardt**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MARTINS, J. C. C. **Gestão de projetos de desenvolvimento de software PMI - UML**. Rio de Janeiro: Brasport, 2002.

MASTERS, Timothy. **Practical neural network recipes in C++**. San Diego: Academic Press, 1993.

MATIAS, C. R. S. **Protótipo de um sistema de identificação do(s) delta(s) e núcleo em impressões digitais utilizando redes neurais artificiais**. 2004. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

MICROSOFT. **MS SQL - Server**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/brasil/>>. Acesso em: 15 abr. 2006.

NORRIS, Grant et al. **E-Business e ERP: transformando as organizações**. Rio de Janeiro: Quality Mark, 2001.

OSÓRIO, Fernando Santos; BITTENCOURT, João Ricardo. **Sistemas inteligentes baseados em redes neurais artificiais aplicados ao processamento de imagens**. In: WORKSHOP DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 1., 2000, Santa Cruz do Sul. **Anais...** Santa Cruz do Sul: UNISC, 2000. p. 1-28.

SÁ, Carlos A. **Apostila de determinação de limites de crédito n° 41**. São Paulo: Up-To-Date, 1999.

SANTOS, José O. **Análise de crédito: empresas e pessoas físicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

SAUNDERS, Anthony. **Administração de instituições financeiras**. Tradução Antonio Zoratto Sanvicente. São Paulo: Atlas, 2000.

SECURATO, José R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996.

SILVA, Alex Sandro. **Protótipo de software para classificação de impressão digital**. 1999. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

STAMFORD, P. P. **ERP: prepare-se para esta mudança**. Recife: Ed. da Universidade Federal de Pernambuco, 2000.

STEINER, M. T. A. et al. Sistemas especialistas probabilísticos e redes neurais na análise de crédito bancário. **Revista de Administração da USP (RAUSP)**, São Paulo, v. 34, n. 3. p. 56-67, Jul./Set. 1999.

STEINER, M. T. A.; ADAMOWICZ, E. C.; STEINER NETO, P. J. **Redes neurais na análise econômica - financeira de empresas para concessão de crédito**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REDES NEURAIAS, 6., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNESP, 2003. p. 79-84. 1 CD-ROM.

SYBASE. **Empresa**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.sybase.com.br>>. Acesso em: 11 maio 2006.

TAFNER, Malcon A.; XEREZ, Marcos de; RODRIGUES FILHO, Ilson W. **Redes neurais artificiais introdução e princípios da neurocomputação**. Blumenau: Editora da FURB, 1996.

WELSTEAD, Stephen T. **Neural network and fuzzy logic applications in C/C++**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

WESTON, J. Fred. BRIGHAM, Eugene F. **Fundamentos da administração financeira**. Tradução Sidney Stancatti. São Paulo: Makron, 2000.

XSEED SOFTWARE E CONSULTORIA. **Produtos**. Fortaleza, 2004. Disponível em: <http://www.xseed.com.br/principal_prt.htm>. Acesso em: 05 maio 2005.