

**UFPE – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**CLAUDIO FREITAS GONÇALVES**

**REFLEXOS DAS FLUTUAÇÕES  
MACROECONÔMICAS PARA A QUALIDADE DO  
CRÉDITO CONCEDIDO A PESSOAS JURÍDICAS  
ESTUDO DE GENERALIZAÇÃO DE REDES NEURAIS**

**RECIFE/PE  
2002**

**CLAUDIO FREITAS GONÇALVES**

**REFLEXOS DAS FLUTUAÇÕES  
MACROECONÔMICAS PARA A QUALIDADE DO  
CRÉDITO CONCEDIDO A PESSOAS JURÍDICAS  
ESTUDO DE GENERALIZAÇÃO DE REDES NEURAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. José Lamartine Távora Júnior

**RECIFE/PE  
2002**

**Gonçalves, Cláudio Freitas**

**Reflexo das flutuações macroeconômicas para a qualidade do crédito concedido a pessoas jurídicas: estudo de generalização de redes neurais / Cláudio Freitas Gonçalves. – Recife : O Autor, 2002.**

**136 folhas : il., fig., tab.**

**Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Pernambuco. CCSA. Economia, 2002.**

**Inclui Bibliografia.**

**1. Economia – Finanças – Risco de crédito – Pessoas jurídicas. 2. Cenários macroeconômicos – Flutuações. 3. Redes neurais – Métodos econométricos tradicionais. I. Título.**

**336.77  
332.7**

**CDU (2.ed.)  
CDD (22.ed.)**

**UFPE  
BC2006 - 585**

**ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO ALUNO CLÁUDIO FREITAS GONÇALVES, REALIZADA NO CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO EM VINTE E SETE DE SETEMBRO DE DOIS MIL E DOIS.**

Aos dias vinte e sete do mês de setembro de dois mil e dois, as catorze horas e trinta minutos, na sala C - 12 do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal de Pernambuco, em sessão pública teve início a defesa de Dissertação de Mestrado em Economia intitulada "Reflexos das Flutuações macroeconômicas para a qualidade do crédito concedido a pessoas jurídicas - Estudo de generalização de redes neurais" de Cláudio Freitas Gonçalves, a qual já havia preenchido anteriormente, todas as demais condições exigidas para a obtenção do grau de Mestre em Economia. A Banca Examinadora aprovada em reunião da Comissão Permanente da Pós-Graduação em Economia da UFPE e tendo sido homologada pela PROPESQ/UFPE, processo n.º \_\_\_\_\_ foi constituída pelos seguintes professores: Prof. José Lamartine (Orientador); Prof. Ricardo Chaves (Examinador Interno); Prof. Charles Carmona Campelo (Examinador Externo - PROPAD/UFPE); Prof. Francisco Ramos (Suplente Interno); Prof. Antônio Lisboa (Suplente Externo - CAEN). O professor José Lamartine na qualidade de Orientador do Mestrando presidiu os trabalhos e após as apresentações formais convidou o candidato a fazer uma exposição sucinta do seu trabalho, das dificuldades que enfrentou, da experiência adquirida no campo da pesquisa científica e das perspectivas que julga encontrar em suas atividades futuras. Após a exposição da candidata deu-se início a arguição, por parte da Banca. Cada examinador teve no máximo vinte minutos para sua arguição, concedendo-se ao candidato tempo igual de resposta. Finda arguição, a Banca Examinadora deliberou em reunião secreta sobre as

menções atribuídas à Dissertação. Em seguida foram anunciadas publicamente as menções obtidas pelo candidato: Prof. José Lamartine: APROVADO; Prof. Ricardo Chaves: APROVADO; Prof. Charles Carmona: APROVADO. E para constar lavrei a presente ata, a qual será assinada por mim, pelos membros da Banca Examinadora e pelo examinando. Recife, vinte e sete de setembro de dois mil e dois.

Prof. José Lamartine José Lamartine  
Prof. Ricardo Chaves Ricardo Chaves  
Prof. Charles Carmona Charles Carmona  
Cláudio Freitas Cláudio Freitas  
Patricia Alves Patricia Alves

*Em tempo: Para Calariz do qual o examinando deverá fazer as modificações exigidas pela Banca e aprovadas pelo Orientador, no prazo de 1 (Um) mês.*

Confere e Original  
Em 21/12/2006

Patricia Alves  
Secretária  
Pós-Graduação Economia

## AGRADECIMENTOS

---

Ao **Prof. Lamartine**, não só pela orientação mas também - e principalmente - pela atenção, compreensão e solidariedade dispensadas nos momentos mais difíceis da realização deste trabalho.

Ao **Prof. Francisco Ramos**, pelo apoio no início desta caminhada.

Aos funcionários do PIMES e em especial a **Patrícia** pela compreensão e prestabilidade.

Agradeço também de forma muito especial aos meus pais, **Zelinda** e **Cláudio**, pela amizade e incentivo e por serem os responsáveis primeiros por minha formação.

GONÇALVES, Claudio F. **Reflexos das flutuações macroeconômicas para a qualidade do crédito concedido a pessoas jurídicas**: estudo de generalização de redes neurais. 2002. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco

## RESUMO

Investiga a adequabilidade da utilização de uma classe especial de sistemas adaptativos – as redes neurais artificiais – na modelagem do comportamento da inadimplência em face das flutuações macroeconômicas. Os saldos em atraso para sete diferentes categorias de empréstimos concedidos a pessoas jurídicas são modelados por meio de redes neurais. As estimativas obtidas são comparadas àquelas observadas pela aplicação de um modelo econométrico tradicional, baseado em regressão linear múltipla.

O estudo começa por percorrer a história econômica brasileira dos últimos 50 anos para buscar entender a evolução do crédito no período e suas relações com o ambiente macroeconômico.

Para permitir a abordagem da metodologia empregada faz-se uma revisão da literatura sobre redes neurais artificiais, apontando vantagens e desvantagens de sua utilização frente aos métodos econométricos tradicionais. Realiza estudo empírico comparativo das duas metodologias apresentadas e conclui pela viabilidade da utilização das redes neurais, as quais apresentam resultados, para a maior parte dos casos estudados, superiores aos obtidos com o modelo de regressão linear na modelagem do comportamento dos créditos em atraso.

**Palavras-chave:** redes neurais; risco de crédito; cenários macroeconômicos.

GONÇALVES, Claudio F. **Reflexos das flutuações macroeconômicas para a qualidade do crédito concedido a pessoas jurídicas**: estudo de generalização de redes neurais. 2002. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco

## **ABSTRACT**

This study goes over the adequateness of the usage of a special class of adaptive systems – the artificial neural networks – in the sampling of the payment default due to macro-economical instability. The negative balance for seven different categories of loans granted to corporate bodies are sampled through neural networks. The obtained valuations are compared to those observed in the application of a traditional econometric model, based on multiple regression.

The present work begins exploring the Brazilian Economical History of the past 50 years in order to understand the development of credit in this period and its connections with the macro-economical environment.

In order to admit the approach of the used methodology, a revision of the literature concerning artificial neural networks is made, pointing both advantages and disadvantages of its employment when compared to traditional econometric methods. This work also carries out an empiric research of the presented methodologies and understands that the usage of neural networks is practicable. The usage of such networks presents, in most of the studied cases, finer outcomes than the ones obtained with the model of linear regression in the sampling of the overdue credit.

**Key-words:** neural networks; credit risk; macroeconomic scenarios.

## SUMÁRIO

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2. ECONOMIA BRASILEIRA: DO PÓS-GUERRA AO PÓS-REAL</b>                      | <b>15</b> |
| 2.1 Introdução  | 15        |
| 2.2 As estratégias de desenvolvimento   | 16        |
| 2.2.1 Aspectos da política econômica da industrialização                      | 18        |
| 2.3 A inflação e a indexação  | 26        |
| 2.4 O Plano Real  | 27        |
| 2.5 O Processo de Abertura Econômica Brasileira e a Evolução da Produtividade | 33        |
| 2.6 Perspectivas  | 39        |
| <b>3. O CRÉDITO E SUA EVOLUÇÃO NO BRASIL</b>                                  | <b>43</b> |
| 3.1 Introdução  | 43        |
| 3.1.1 Política de crédito   | 44        |
| 3.1.2 Gestão do Risco de Crédito  | 45        |
| 3.1.2.1 Resolução BACEN/CMN 2.682   | 45        |
| 3.2. Evolução do Crédito no Brasil  | 49        |
| 3.2.1 A Adesão do Brasil ao Acordo da Basiléia                                | 53        |
| <b>4. REDES NEURAIS E MÉTODOS ECONOMETRÍCOS TRADICIONAIS</b>                  | <b>60</b> |
| 4.1 Introdução  | 60        |
| 4.2 Analogia Biológica  | 63        |
| 4.3 Origem e evolução   | 65        |
| 4.4 Neurônios artificiais   | 68        |
| 4.5 Arquitetura de uma RNA  | 73        |
| 4.6 Treinamento   | 74        |
| 4.6.1 Paradigmas e Algoritmos de Aprendizado                                  | 75        |
| 4.7 A Rede Multilayer Perceptron (MLP)  | 77        |
| 4.7.1 Algoritmo de Aprendizado para uma Rede MLP                              | 78        |
| 4.8 Redes Neurais Artificiais x Mínimos Quadrados Não-lineares                | 82        |
| <b>5. METODOLOGIA</b>   | <b>85</b> |
| <b>6. ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>  | <b>95</b> |
| 6.1 Estudo de Caso: Modalidade Aquisição de Bens                              | 95        |
| 6.1.1 Modelo de Regressão   | 95        |
| 6.1.2 Redes Neurais Artificiais   | 102       |
| 6.1.2 Comparação dos Resultados Obtidos: Regressão x Rede Neural              | 105       |

|   |            |
|---|------------|
| <b>6.2 Estudo de Caso: Modalidade Hot Money</b>                         | <b>108</b> |
| <b>6.2.1 Modelo de Regressão</b>  | <b>108</b> |
| <b>6.2.2 Redes Neurais Artificiais</b>                                  | <b>111</b> |
| <b>6.2.3 Comparação dos Resultados Obtidos: Regressão x Rede Neural</b> | <b>112</b> |
| <b>6.3 Compilação de Resultados para as demais Modalidades</b>          | <b>115</b> |
| <b>7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>                                    | <b>122</b> |
| <b>8. BIBLIOGRAFIA</b>  | <b>127</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

---

O conceito de crédito está mais presente no dia a dia das pessoas e empresas do que se possa imaginar a princípio. A procura por crédito é consequência direta do dilema de uma equação simples: a constante combinação de recursos finitos com um conjunto de imaginações e necessidades infinitas.

A ligação entre desenvolvimento financeiro e crescimento econômico não é uma descoberta recente, tendo sido contemplada nas obras de Bagehot (1873), Schumpeter (1911) e Gurley e Shaw (1955). Coube a historiadores econômicos como Davis (1965), Cameron (1967) e Sylla (1969) a tarefa de incorporar conteúdo empírico à idéia. Estes estudiosos usaram, inicialmente, as experiências históricas da Inglaterra e dos EUA para ilustrar a importância do desenvolvimento como instrumento para o alcance da liderança de mercado.

Desde então, economistas têm estudado a hipótese mais formalmente com o auxílio de modelos teóricos baseados na observação de países que alcançaram rápido crescimento em função do bom desenvolvimento de seus sistemas financeiros e da decorrente diminuição dos atritos em seus mercados (Greenwood e Jovanovic, 1990; Greenwood e Smith, 1977); e de estudos estatísticos de séries temporais (King e Levine, 1997; Rousseau e Wachtel, 1998) que desvelaram efeitos significativos do tamanho do setor financeiro para os resultados macroeconômicos.

Em que pese aparecerem na literatura econômica divergências entre as relações de causa e efeito, verifica-se certa convergência em torno da idéia de que o

desenvolvimento financeiro afeta positivamente a dinâmica da atividade econômica (LEVINE, 1997).

Para Scheer (1989), a concessão de crédito exerce um papel preponderante para a melhora do padrão de vida dos consumidores e da lucratividade das empresas. Isto acontece porque o crédito se traduz em fator de alavancagem da capacidade de gastos de indivíduos e empresas, o que, em última instância, gera efeito multiplicador na produção e na renda da economia.

A principal atividade da indústria bancária, aquela que melhor a define e à qual dedica a maior parte de seus esforços, que gera a maior parte de seus benefícios e os maiores riscos, é a atividade creditícia. Com efeito, as operações de crédito compõem uma parte substancial das receitas de um banco comercial ou de fomento. Assim, o estudo dos elementos que podem influenciar os custos das operações de crédito, como a inadimplência, reveste-se de especial relevância para a sobrevivência das instituições financeiras e para a evolução da economia como um todo.

Além da análise das experiências precedentes, a política de crédito exige um elevado grau de compreensão acerca das taxas de juros, prazos, garantias e níveis de risco relacionados a cada tipo de operação. Gerenciar carteiras de empréstimos compreende, primordialmente, zelar pela manutenção do risco de crédito em níveis consoantes com a política de retornos esperados da instituição concedente. Erros de avaliação acerca dos volumes de recursos destinados à concessão de crédito em face dos diferentes cenários econômicos podem anular ganhos com as operações bem sucedidas anteriormente realizadas.

Tradicionalmente, instituições financeiras concedem crédito baseadas na análise de dados contábeis e de relacionamento bancário dos tomadores. Caouette, Altman e Narayanan (2000) anotaram que os modelos de risco de crédito não se apropriavam da relação existente entre o risco no nível micro da empresa ou indivíduo com os fatores no

nível macro da economia. Neste sentido, Neal (1996) propôs, inclusive, que o próximo estágio na evolução das políticas de crédito se desse pela diversificação do risco entre as diversas classes de tomadores de empréstimos. A deficiente integração com previsões macroeconômicas é uma limitação dos modelos de risco de crédito que ainda precisa ser superada.

Para Saunders e Allen (2002) alguns progressos foram alcançados na mensuração e na gestão do risco de crédito em anos recentes. Muito da energia investida nessa área resultou da insatisfação com as abordagens tradicionais para a mensuração do risco de crédito e com o atual modelo regulatório concebido pelo BIS (*Bank of International Settlements* – Banco de Compensações Internacionais). Especificamente, sob a égide da atual estrutura regulatória, estabelecida pelo BIS em cooperação com os principais bancos centrais do mundo e implementada em janeiro de 1993, virtualmente todos os empréstimos ao setor privado estão sujeitos à exigência de atendimento a uma razão capital-ativo mínima de 8 % sem que sejam levadas em consideração quaisquer das questões seguintes: (1) diferenças na qualidade de crédito entre os setores dos diversos tomadores ou (2) o potencial da diminuição do risco de crédito a partir da diversificação da carteira de empréstimos.

As mudanças pelas quais tem passado a economia brasileira desde a introdução do Plano Real em julho de 1994, elevam a importância da questão da administração de risco de crédito para as instituições financeiras locais. Desde então, a análise subjetiva tem sido complementada pela adoção de sistemas especialistas que ajudam no refinamento da compreensão dos fundamentos dos empréstimos concedidos.

No momento histórico imediatamente anterior, os altos níveis de inflação inibiam o crescimento do mercado de empréstimos no país. As instituições financeiras, em detrimento da concessão de crédito ao setor privado, a um risco de crédito maior, preferiam

financiar a dívida interna do país, a um risco de crédito menor, com maior liquidez, mas ainda assim cobrando taxas de juros substanciais.

Um olhar sobre o comportamento da economia brasileira nas últimas duas décadas remete à volatilidade persistente das principais variáveis agregadas – sobretudo taxa de inflação, taxa de câmbio e taxa de juros. Decorre da volatilidade observada um aumento da incerteza sobre o comportamento futuro de variáveis essenciais às decisões de investimento, uma redução da propensão a investimentos de longo prazo e uma ampliação nas incertezas relacionadas à administração da política de concessão de crédito.

No que diz respeito à solvência, cada setor da economia apresenta um nível próprio de sensibilidade à volatilidade das variáveis macroeconômicas. Modelos que busquem mensurar os níveis de inadimplência a partir de variáveis macroeconômicas agregadas explicativas podem contribuir para que as instituições financeiras aperfeiçoem a alocação de recursos em suas carteiras de empréstimos.

A área de Finanças sempre teve grande interesse em aplicações da inteligência computacional. Sistemas especialistas de suporte a decisões financeiras vêm sendo utilizados com sucesso já há algum tempo.

Dada a sua flexibilidade e simplicidade e por terem demonstrado sucesso em uma grande variedade de aplicações empíricas (White, 1989; Kuan e White, 1993), as redes neurais artificiais têm se tornado o foco de considerável atenção como ferramenta para o estudo de variáveis econômicas e, em particular, variáveis financeiras.

Estudos recentes sugerem que as redes neurais podem se mostrar úteis no estudo da volatilidade de variáveis financeiras para as quais há dificuldade de modelagem por meio de métodos estatísticos convencionais, tais como taxas de câmbio (Verkooijen, 1996) e preço de ações (Refenes, Zapanis e Francis, 1994). Redes neurais também têm sido

aplicadas com sucesso a variáveis macroeconômicas como crescimento econômico (Tkacz, 1999) e produção industrial (Moody, Levin e Rehfuss, 1993). Não obstante, aplicações à macroeconomia são recentes e seguem consideradas como fronteiriças aos métodos de investigação empírica.

Este estudo propôs-se a investigar a adequabilidade da utilização desta classe especial de sistemas adaptativos, as redes neurais artificiais, na modelagem do comportamento da inadimplência de créditos concedidos a pessoas jurídicas a taxas prefixadas em face dos diferentes cenários macroeconômicos.

Utilizando um modelo econométrico tradicional, baseado em regressão linear múltipla, como parâmetro, buscou-se verificar se, dado um conjunto de variáveis macroeconômicas explicativas, para as quais provavelmente exista relação de não linearidade, as redes neurais artificiais (RNA) são úteis como ferramenta de previsão dos níveis de inadimplência.

Com o objetivo de avaliar os reflexos das flutuações macroeconômicas para a inadimplência e dadas as inconstâncias do cenário econômico brasileiro em décadas recentes, o estudo propôs-se, ainda, a lançar um olhar revisor ao processo de industrialização iniciado em meados da década de 1950 e à evolução do mercado de crédito subsequente.

Para alcançar os objetivos almejados, este trabalho foi dividido em seis capítulos, além desta introdução, o primeiro dos quais se revestiu da função de descrever a história recente da economia brasileira. Inicialmente foram comentadas as estratégias adotadas para a modernização do parque industrial brasileiro e suas implicações para a evolução do cenário macroeconômico. Na seqüência, fez-se uma tentativa de entendimento do cenário econômico atual, bem como das perspectivas para o futuro próximo.

No terceiro capítulo buscou-se revisar o conceito de crédito e compreender sua evolução no Brasil. Foram abordadas, ainda, as implicações da entrada em vigor da Resolução 2.682 do Banco Central, que regulamenta a forma de classificar os créditos quanto a sua qualidade. Por fim, descreveu-se as conseqüências da adesão do Brasil ao acordo da Basileia.

O quarto capítulo tratou da introdução à evolução da Inteligência Artificial, relativa, principalmente, à área de redes neurais artificiais. Foi dada ênfase ao modelo de redes neurais empregado neste trabalho – a rede *Multlayer Perceptron*. O capítulo continuou pelo estabelecimento de um paralelo entre redes neurais e métodos econométricos.

A metodologia aplicada foi o objeto de estudo do quinto capítulo. Nele, foram descritos os procedimentos adotados ao longo da pesquisa, os objetos de estudo e a forma de coleta dos dados. A análise dos resultados do estudo empírico obtidos pelo emprego das duas técnicas foram apresentados no sexto capítulo.

Finalmente, no sétimo capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações de estudos futuros, seguido pelas referências bibliográficas utilizadas no trabalho.

## **2. ECONOMIA BRASILEIRA: DO PÓS-GUERRA AO PÓS-REAL**

*A recente história econômica brasileira é o objeto de estudo deste capítulo. Na primeira seção, serão descritas as estratégias de desenvolvimento do parque industrial implementadas em décadas recentes e suas implicações para a evolução subsequente das principais variáveis macroeconômicas. Na seqüência faz-se uma tentativa de entendimento do cenário econômico atual, bem como das perspectivas para o futuro próximo.*

### **2.1 Introdução**

O Brasil, a despeito de ainda ser essencialmente conhecido por seus produtos primários, se constitui como uma das principais economias industriais do mundo. Embora a agricultura e o agro-negócio sejam setores de grande importância na economia e responsáveis por uma parte considerável das vendas ao exterior, o país tem, desde a década de 1960, uma importante estrutura industrial e de serviços.

Assim como aconteceu em outros países latino-americanos, a industrialização foi uma escolha imperativa. Foi a partir da metade da década de 1950 que a indústria passou a adquirir um ritmo de crescimento auto-sustentado. O processo foi fortemente marcado pela interferência do Estado, que colaborou para anular os riscos do setor privado ao criar mecanismos de arbitragem, abrindo canais para a transferência do passivo privado para o governo. Com isso, o Estado foi garantindo o crescimento e

assumindo o passivo do setor privado às custas de um processo crescente de endividamento interno e externo (Braga e Toneto, Jr., 1995/1996).

Como qualquer expansão econômica deve ser financiada de alguma maneira, são justamente as opções de como financiar o desenvolvimento que dão origem a outros fenômenos no conjunto da economia em um momento seguinte.

## **2.2 As estratégias de desenvolvimento**

Ao final da Segunda Guerra Mundial era amplamente aceita a idéia de que a industrialização se constituía em uma necessidade para os países menos desenvolvidos (PMD). Diante de mercados dos países industrializados mais fechados aos seus produtos primários, de sua vulnerabilidade com relação a variações nos preços destes produtos e da pressão interna de setores ligados à indústria, ficava claro, para os PMD, o rumo a seguir.

O foco das preocupações estava então dirigido para a busca dos caminhos para a construção de uma estrutura produtiva industrial. Mais do que isto, para a definição do papel que deveria caber ao Estado na promoção da política de industrialização. Em uma perspectiva de análise mais geral, pode-se dividir as visões acerca das estratégias de desenvolvimento em dois grandes campos: o dos não-intervencionistas, ou neoliberais e o dos desenvolvimentistas, englobando tanto os que defendiam uma estratégia mista, coordenada pelo Estado juntamente com a iniciativa privada, como os defensores de uma forte intervenção estatal (posição da Comissão Econômica para a América Latina, CEPAL).

A vertente liberal esteve presente no debate econômico brasileiro e defendia, antes de tudo, políticas de estabilização monetária e princípios de livre comércio que levassem os países menos desenvolvidos a melhores posições no cenário internacional.

Na realidade, a política posta em prática para a industrialização brasileira teve inspiração muito mais intervencionista e sofreu influência das idéias gestadas e discutidas na CEPAL a partir do final dos anos 40.

As bases do pensamento e da argumentação da CEPAL, fortemente influenciadas pelo pensamento de Raúl Prebisch, sua explicação para o subdesenvolvimento, e as estratégias decorrentes defendidas para serem aplicadas na América Latina podem ser condensadas na idéia de substituição de importações. A industrialização por meio da substituição de importações alteraria a estrutura produtiva dessas economias, garantindo dois resultados básicos: (i) taxas de crescimento superiores às de suas exportações de produtos primários (Prebisch, 2000, p. 181-185); e (ii) a superação dos obstáculos aos ganhos com o comércio internacional (Bruton, 1998, p. 904).

Adotou-se a estratégia de fechar a economia, reservando o mercado interno para os produtores locais, nacionais e estrangeiros, por meio de um sistema de proteção, formado pela política cambial, barreiras alfandegárias e não-tarifárias às importações.

Este modelo, baseado na crença de que seria necessário proteger a produção nacional contra a concorrência dos produtos importados durante a fase de industrialização, determinou toda a trajetória econômica do Brasil até o início dos anos 1990.

### **2.2.1 Aspectos da política econômica da industrialização**

No final da Segunda Guerra Mundial, os desequilíbrios do balanço de pagamentos brasileiro levaram à adoção de medidas que favoreceram diretamente a industrialização, embora de forma não intencional, ou melhor, não sendo um conjunto de medidas de política industrial: estabelecimento de cotas de importações em 1947, emissão de licenças para importação vinculadas à disponibilidade de divisas (1949), sobrevalorização cambial. Somou-se a isto um aumento no crédito concedido pelo Banco do Brasil entre 1947-50. Mesmo tendo o Estado assumido a liderança do processo de industrialização, o discurso central da política econômica era a estabilização e a redução da intervenção pública.

No segundo governo de Getúlio Vargas, o plano de industrialização priorizou a formação de uma infra-estrutura de base para a indústria, tanto em transporte e energia como em insumos. Identificava-se a premência da estabilização das contas públicas e externas para, em seguida, lançar as bases do desenvolvimento. Embora, em muitos momentos, políticas mais restritivas tenham sido adotadas, diante dos desequilíbrios do balanço de pagamentos, identifica-se uma clara intenção industrializante, substitutiva de importações, no período 1950-1950.

O momento do grande surto industrializante no Brasil se deu durante o governo Juscelino Kubitschek (1956-61), época em que foi lançado o Plano de Metas, audacioso projeto de planejamento que visava desenvolver os setores de base e de infra-estrutura, no qual o Estado desempenhou um papel de protagonista. Além da definição das metas, o Estado encarregou-se diretamente de grande parte do investimento.

O Plano de Metas beneficiou-se de instrumentos institucionais criados em governos anteriores, a exemplo da reforma cambial de 1957 e da criação do Conselho de

Política Aduaneira. Embora, em muitos momentos, políticas mais restritivas tenham sido adotadas, diante dos desequilíbrios do balanço de pagamentos, identifica-se uma clara intenção industrializante, substitutiva de importações, no período 1950-60.

A prioridade absoluta sendo o desenvolvimento, medidas estabilizadoras dos efeitos colaterais da estrutura de financiamento do Plano de Metas foram deixadas para um momento posterior. Durante o Plano de Metas a emissão monetária foi a principal fonte de financiamento estatal, o que trouxe complicações maiores ao funcionamento do setor financeiro. Do lado externo, favoreceu-se a captação de recursos com a finalidade de manter a capacidade de importar. O governo endividou-se no exterior e repassou os fundos às empresas nacionais, assumindo os riscos cambiais e transformando linhas de crédito de curto prazo em financiamento a longo prazo.

No plano interno, a debilidade do mercado financeiro fez com que toda a mobilização de recursos ficasse nas mãos do Estado. O aumento da arrecadação fiscal foi muito inferior às necessidades advindas com o crescimento das despesas públicas. Os preços públicos também foram reajustados abaixo da inflação durante o período.

As saídas escolhidas foram o endividamento interno do setor público e a emissão primária de moeda. A dívida interna era um meio de financiamento mais aceitável politicamente. Além dos efeitos clássicos da expansão monetária sobre os preços, muitas empresas aumentaram seus preços acima da inflação, o que reforçou a pressão sobre as taxas de juros reais do sistema bancário comercial.

É importante lembrar que as insuficiências estruturais do sistema financeiro continuavam presentes e mesmo agravadas pelo descompasso deste com o lado produtivo da economia que conheceu uma evolução considerável durante o Plano de Metas.

A inflação é um dos resultados mais imediatos deste processo. O déficit do setor público surge também para complicar a estabilidade macroeconômica. Alguns desequilíbrios estruturais foram acentuados pela política adotada: o setor primário ficou à margem da fase de crescimento, assim como as regiões menos desenvolvidas.

Os resultados do Plano se manifestaram em um vigoroso crescimento econômico, com a formação de um parque industrial e de infra-estrutura que deixariam espaço até mesmo para um novo impulso de crescimento no final dos anos 1960.

A instabilidade do quadro político que se instaura a partir de 1961, contribui para o agravamento da inflação e das dificuldades do balanço de pagamentos.

Com o golpe militar de 1964, pôs-se em marcha um programa de reformas institucionais que tinham por objetivo criar os instrumentos necessários à viabilização da retomada do desenvolvimento. As medidas podem ser classificadas em grandes blocos: uma reforma fiscal, uma reforma financeira que redefiniu todo o perfil do sistema financeiro e das autoridades monetárias, mudanças na política cambial e medidas dirigidas ao setor industrial. A nova estrutura de crédito inaugurada pelas reformas ampliou substancialmente as modalidades de endividamento oferecidas às famílias e às empresas.

O déficit público já era um problema na fase anterior. A partir das reformas, abre-se a possibilidade de financiar os gastos do governo pela introdução de dívida mobiliária no mercado aberto, e portanto, sem emissão monetária, e, mais do que isto, retirando liquidez do sistema econômico. Ainda na década de 1960 a dívida mobiliária pôde financiar os desequilíbrios das contas públicas. Só mais adiante ela se tornaria um elemento de instabilidade para a economia nacional.

Várias atividades econômicas tiveram sua evolução potencializada pela existência de crédito. Este foi o caso da indústria de bens de consumo durável e do setor

imobiliário, por exemplo. No entanto, o funcionamento dos diversos segmentos do novo sistema financeiro especializado não ocorreu efetivamente como havia sido previsto. O mercado aberto, enquanto instrumento de política monetária e de financiamento do setor público, ao mesmo tempo assumiu uma importância relativa crescente no conjunto das operações financeiras. Entre as autoridades monetárias o fluxo de recursos ficou dificilmente controlável. A instabilidade foi originada pelas alternativas adotadas no crescimento acelerado do período anterior, junto com os problemas de gestão da dívida pública.

A generalização da indexação, a partir da segunda metade dos anos 1960, trouxe dois movimentos importantes para o sistema financeiro: por um lado, ela permite que as empresas obtenham uma valorização financeira de seus recursos excedentes e ampliem assim sua poupança, por outro lado, ela "sobrecarrega" os encargos que se paga pela obtenção de um crédito, pois nem sempre a empresa pode repassar para seus preços um maior custo financeiro.

Ao longo da década de 1970, a economia apresentou taxas muito elevadas de crescimento, no entanto, poucas foram as diferenciações introduzidas na estrutura produtiva e isto levou em alguns casos ao aprofundamento dos desequilíbrios já existentes.

Costuma-se dividir o "milagre econômico" em dois sub-períodos: um primeiro de recuperação da economia e de aceleração do crescimento, que vai de 1968 a 1970; e, de 1970 a 1973, uma fase de auge das taxas de crescimento do produto. Isto porque a partir de 1970 a capacidade produtiva instalada atinge um máximo de utilização, conforme pode-se observar no gráfico da Figura 2.1, e são efetuados investimentos para permitir que o crescimento prossiga.

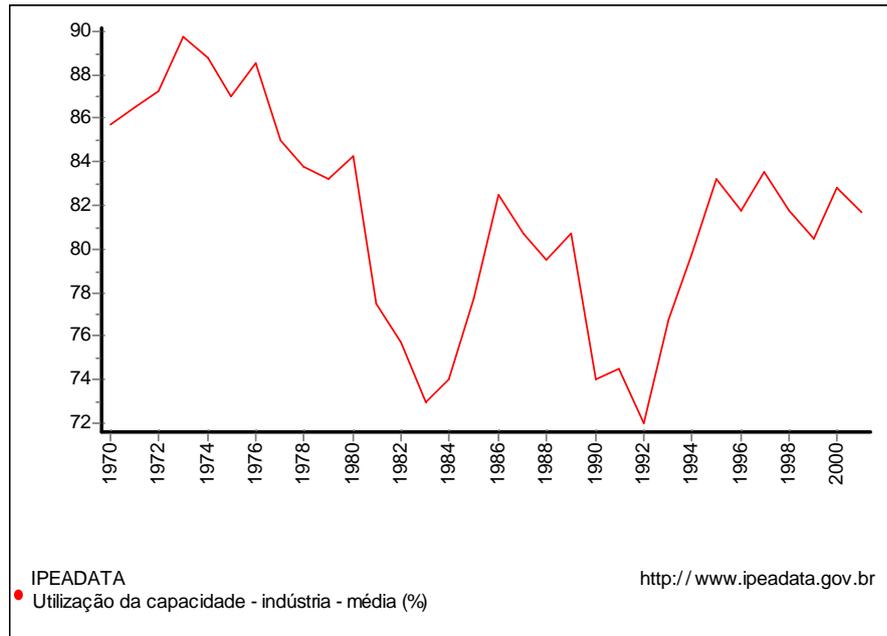


Figura 2.1: Utilização da Capacidade Instalada – média (%)

Fonte: Fundação Getúlio Vargas, Conjuntura Econômica.

Com o esgotamento da fase expansiva a partir de 1974, o governo se viu obrigado a imprimir um viés expansionista às políticas monetária e fiscal. A política de crédito cuidou primeiramente do financiamento das compras de bens de consumo durável e de imóveis. A prioridade era, portanto, fornecer crédito às famílias. Desta maneira, a demanda interna garantiu o movimento de recuperação.

O Estado investiu em infra-estrutura, principalmente por intermédio de suas empresas. A política industrial favoreceu projetos de investimento do setor privado concedendo incentivos e subsídios, o que criou uma dependência por parte deste. O investimento direto estrangeiro aproveitou condições atraentes para sua implantação no país e também contribuiu para o processo de crescimento.

As políticas anti-inflacionárias defendiam uma redução do nível do salário real para diminuir as pressões sobre os custos das empresas que seriam transferidas para os

preços. A massa de lucros deveria ser mantida em um certo patamar para permitir um autofinanciamento dos investimentos privados.

Postergou-se, de certa forma, o enfrentamento dos problemas advindos das dificuldades por que passava a economia mundial. No plano interno, foram adiadas também as medidas restritivas e a inflação ficou livre para crescer. Entre ajustar e crescer escolheu-se o crescimento.

Os desequilíbrios em conta corrente do balanço de pagamentos iam sendo financiados pela liquidez abundante do mercado internacional de capitais. Acreditava-se haver sempre disponibilidade de crédito no setor externo.

Um Programa Nacional de Desenvolvimento (II PND) foi lançado no final de 1974, com objetivos ambiciosos de crescimento do produto real (em média 10% ao ano), visando reforçar a lógica de substituição de importações. Como medida complementar, as importações foram encarecidas via tarifas e mudanças financeiras.

O setor público passa a ser o centro dinâmico da expansão ao tomar para si os investimentos mais pesados notadamente no setor energético: prospecção de petróleo, construção de usinas hidroelétricas.

O aumento do endividamento externo aparecia, naquelas circunstâncias, como uma alternativa interessante para financiar o crescimento, dadas as restrições ao crédito interno e a alta liquidez no mercado internacional.

A dívida externa teve um impressionante crescimento na década de 1970. Ela passou de US\$ 5,3 bilhões em 1970 a US\$ 53,9 bilhões em 1980. Argumentou-se, no início da década, que os recursos de fora seriam fundamentais para a expansão produtiva que se planejava. No entanto, estudos mostram que o endividamento destinou-se preponderantemente ao circuito financeiro, para a formação de reservas e, mais no final do

decênio, financiou o próprio serviço da dívida. O gráfico da Figura 2.2 ilustra o crescimento da dívida externa.

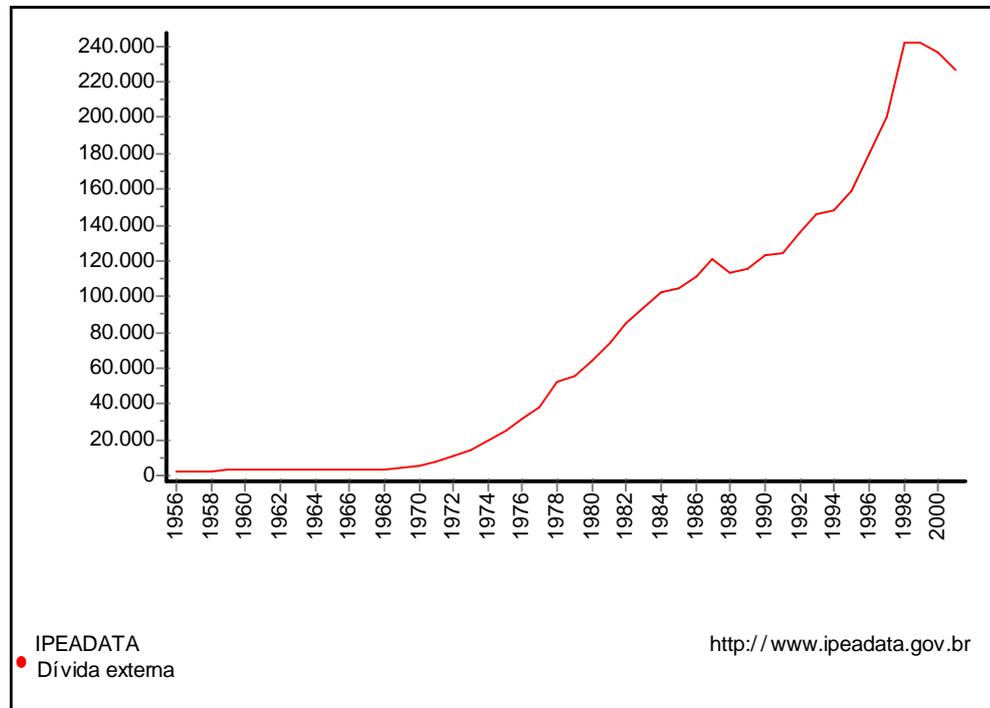


Figura 2.2: Dívida externa – Anual – US\$ (milhões)

Fonte: Banco Central do Brasil, Boletim, Seção Balanço de Pagamentos.

Entre 1969 e 1973, houve um aumento de importações simultaneamente a um aumento nas exportações que, segundo Cruz (1984), se deu em montante suficiente para garantir as compras ao exterior. Assim, não teriam sido as transações correntes responsáveis pelo salto do endividamento. Já no período seguinte (1974-76), o discurso modernizante do II PND levou à contratação de empréstimos para financiar as grandes obras públicas. Com a primeira crise do petróleo, a economia mundial entra em recessão e as exportações brasileiras diminuem. Começa também naquele momento a pressão dos encargos financeiros sobre a dívida. A partir daí, a despeito de condições de liquidez no mercado internacional, os juros passam a ter um peso muito importante sobre o balanço de pagamentos do país. Como pode ser verificado através da análise da Figura 2.3, no final da década ocorre uma significativa

elevação dos juros que, somada aos efeitos do segundo choque do petróleo e da política econômica interna de manutenção do crescimento, leva as contas externas do país a uma situação de impasse.

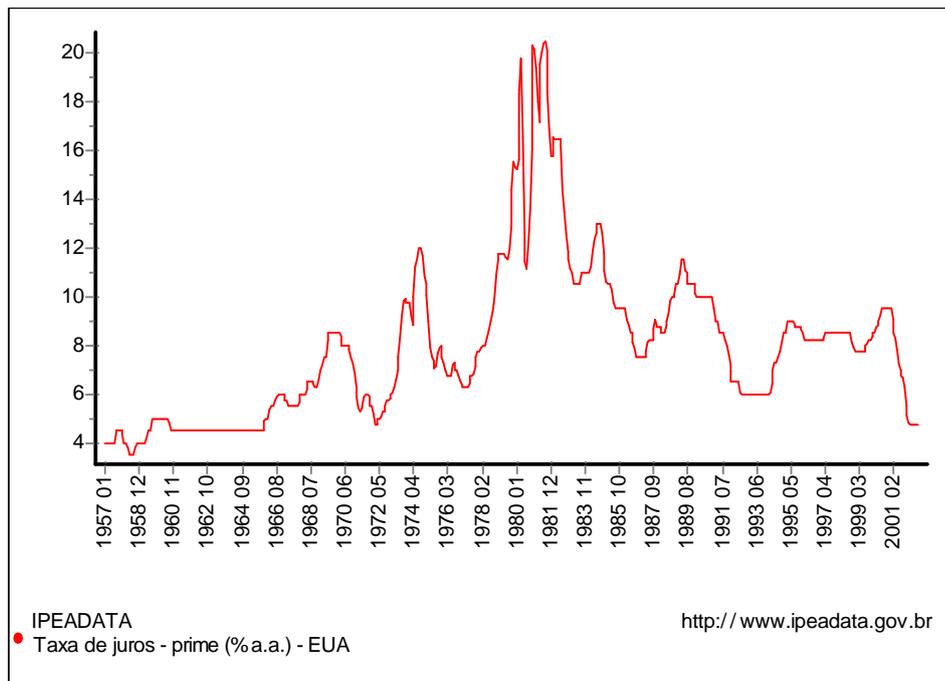


Figura 2.3: Evolução da Taxa Externa de Juros (Prime Rate)  
 Fonte: Fundo Monetário Internacional, International Financial Statistics.

O endividamento torna-se a principal fonte de recursos para o setor público. Ademais, dos fundos tomados pelo Estado no mercado internacional, a dívida contraída junto ao mercado doméstico assume uma proporção considerável no período. A reforma financeira dos anos 1960, ao criar títulos públicos indexados e ao estruturar o mercado financeiro, abriu a possibilidade para o setor público de endividar-se e de negociar seus papéis entre as instituições financeiras. A dívida pública também passa, inclusive, a ser utilizada como instrumento de política monetária.

O balanço de pagamentos chega ao final da década de 1980 com um déficit comprometedor, tanto na conta comercial como na conta de capital devido à desaceleração

do crescimento das economias desenvolvidas e ao aumento das taxas de juros no mercado internacional. O governo encontra dificuldades para fechar o balanço de pagamentos e deve fazê-lo usando parte das reservas e contraindo empréstimos de curto prazo.

### **2.3 A inflação e a indexação**

O modelo de financiamento adotado para a expansão do período precedente que se traduziu por um endividamento excessivo e a manutenção, também por demais prolongada, da política de substituição de importações, redundaram na crise latino-americana dos anos 1980. Os problemas estruturais persistiram ao longo dos anos 1980, a despeito de todas as tentativas de ajustamento postas em prática.

O país desenvolveu uma “cultura inflacionária” que, com o apoio da generalização da indexação para todos os tipos de contratos celebrados entre os agentes econômicos, pôs em prática um instrumento auto-alimentador da alta de preços. Salários, aluguéis e empréstimos bancários estiveram indexados durante todo o período. É indubitável a pressão que este mecanismo exerceu sobre o custo das empresas e estas estiveram mais ou menos à vontade para repassar estes custos crescentes a seus preços.

Este fenômeno incorpora elementos de extrema instabilidade ao sistema econômico. As expectativas dos agentes sobre a evolução da inflação passaram a ser o nível mínimo de seu crescimento. Mesmo se nada extraordinário acontecesse na economia, a inflação do período anterior estava garantida para o momento presente graças à indexação. Os preços adquiriram um comportamento de crescimento inercial.

Até a metade dos anos 1980, os déficits do balanço de pagamentos haviam sido financiados por novos empréstimos no exterior. É neste momento que os credores internacionais começam a dar sinais de que esta situação não poderia manter-se.

A política econômica ao longo da década de 1980 oscilou entre medidas de controle da inflação e saneamento das contas com o exterior. Não houve nenhuma política deliberada de crescimento e este, quando ocorreu, foi no vácuo da expansão das atividades exportadoras ou em momentos de políticas heterodoxas de contenção dos preços.

Todos os planos de estabilização fracassaram e o Brasil chegava ao fim dos anos oitenta no limiar da hiperinflação. A situação das contas externas ainda não estava resolvida. Apesar dos pagamentos efetuados do serviço da dívida, seu montante total ainda era superior a US\$ 120 bilhões. O nível de atividades evoluiu pouco ou quase nada, não houve desenvolvimento nem tampouco melhora na distribuição da riqueza entre a população.

Uma nova tentativa de choque heterodoxa foi introduzida pelo governo Collor em 1990, com um plano que confiscou a liquidez da economia. Mais uma vez a experiência não obteve êxito e o país passou por uma considerável recessão no início da década de 1990.

## **2.4 O Plano Real**

Depois de um longo período de fechamento do mercado brasileiro às importações, acentuado pela crise do balanço de pagamentos dos anos 80, o país iniciou seu processo de abertura comercial e elevação de suas importações, até então severamente

reprimido pelo governo. Segundo Azevedo e Portugal (1998), o marco inicial do processo de liberalização comercial ocorreu após 1988. Basicamente, as principais medidas pautaram-se na redução de alíquotas de importação e na adoção de medidas tópicas, restringindo determinadas barreiras não-tarifárias. O incentivo à liberalização comercial cresceu a partir daí, e se consolidou nos primeiros anos da década de 90, com o estabelecimento de um plano de ação com redução gradativa das alíquotas de importação.

Em 1994, foi lançado o Plano Real, indicando definitivamente a irreversibilidade deste processo liberalizante. Nesta nova fase, a política comercial de abertura intensificou-se, elevando consideravelmente o nível total de importações. De maneira geral, o coeficiente de importação elevou-se de 5,2 % do PIB (média 1990-1993) para 7,1 % do PIB (média 1994-1999), refletindo a abertura da economia e os esforços de modernização do setor produtivo.

O plano, em sua formulação original, escorou a desinflação rápida na estabilização da taxa de câmbio nominal, passo indispensável para restaurar a função crucial da moeda, a de servir de padrão de valor para a fixação dos preços e denominação dos contratos.

Com o real valorizado e o aumento das compras externas, a balança comercial passou a apresentar déficits expressivos e sistemáticos, sendo financiada pela entrada líquida de capital externo que era atraído pela “combinação de taxa de juros em patamares elevados e desvalorizações cambiais previamente anunciadas pelo Banco Central” (ROCHA e MOREIRA, 1998, p.03).

Sustentar a aposta na estabilização da taxa de câmbio nominal requer, porém, as garantias de um volume expressivo de reservas e/ou de formas de financiamento adequadas na moeda de referência.

Inicialmente, o déficit comercial poderia ser sustentado pela existência de reservas cambiais em um nível elevado e pela entrada de capitais externos. Contudo, a longo prazo, essa situação poderia representar risco para a economia, a medida em que o nível de reservas cambiais fosse se reduzindo.

Os problemas financeiros de outros países tiveram impactos no Brasil e tais acontecimentos acabaram revelando a fragilidade nas “defesas” do Plano Real, dando margem a um ataque especulativo contra a moeda brasileira.

As taxas de juros já estavam altas, principalmente pela necessidade de atração de capital externo de curto prazo, e conduziam a economia para uma recessão. A crise russa em 1998 e a sua repercussão negativa no nível de reservas internacionais brasileiras acabaram por obrigar o governo, no início de 1999, a abandonar o sistema de “bandas cambiais” existente, permitindo a livre flutuação do câmbio.

Como consequência, a desvalorização cambial estimulou os exportadores a reconquistar e abrir mercados, ao mesmo tempo que induziu a substituição de importações. No entanto, devido ao declínio menos acentuado da quantidade importada, aumento dos preços internacionais do petróleo e estímulo ao aumento do preço interno, o aumento da quantidade exportada não compensou a queda de preços das principais commodities que fazem parte da pauta de exportações brasileiras. Persistia o problema do déficit da balança comercial – ingrediente da situação de vulnerabilidade externa.

A maior vulnerabilidade está, sem dúvida, nas contas externas. O déficit em transações correntes é da ordem de 4% do produto interno bruto, e as necessidades de financiamento externo para equilibrar o balanço de pagamentos em 2001 se situaram em torno de US\$ 60 bilhões.

Conforme Fiorencio e Moreira (1999), o Plano Real tem apresentado um padrão que guarda semelhança com o de outros países que adotaram planos de estabilização baseados em âncoras cambiais:

“Inicialmente, há uma euforia associada à queda brusca da inflação, com seus efeitos positivos sobre a distribuição de renda, a reabertura de canais de crédito e a expansão do nível de atividade. Posteriormente, ganham espaço no debate sobre política econômica os desequilíbrios introduzidos pelo plano e os problemas subjacentes da economia como a sustentabilidade do déficit público. No caso brasileiro, o plano de estabilização e as políticas de abertura comercial e de redução de tarifas externas geraram déficits crescentes da balança comercial e os seus efeitos colaterais, altas taxas de juros para financiar esta política e dúvidas quanto à sustentabilidade desta situação.”

A avaliação da sustentabilidade desta política é complexa e envolve múltiplos aspectos relacionados com a capacidade de pagamento no longo prazo da dívida gerada.

Os altos índices de inflação no Brasil estiveram relacionados com a situação financeira do estado brasileiro. O governo emitia moeda para cobrir seus déficits, gerando o fenômeno inflacionário. Os dados da Figura 2.4 são mais eloqüentes do que qualquer descrição que se possa fazer da inflação brasileira no período recente.

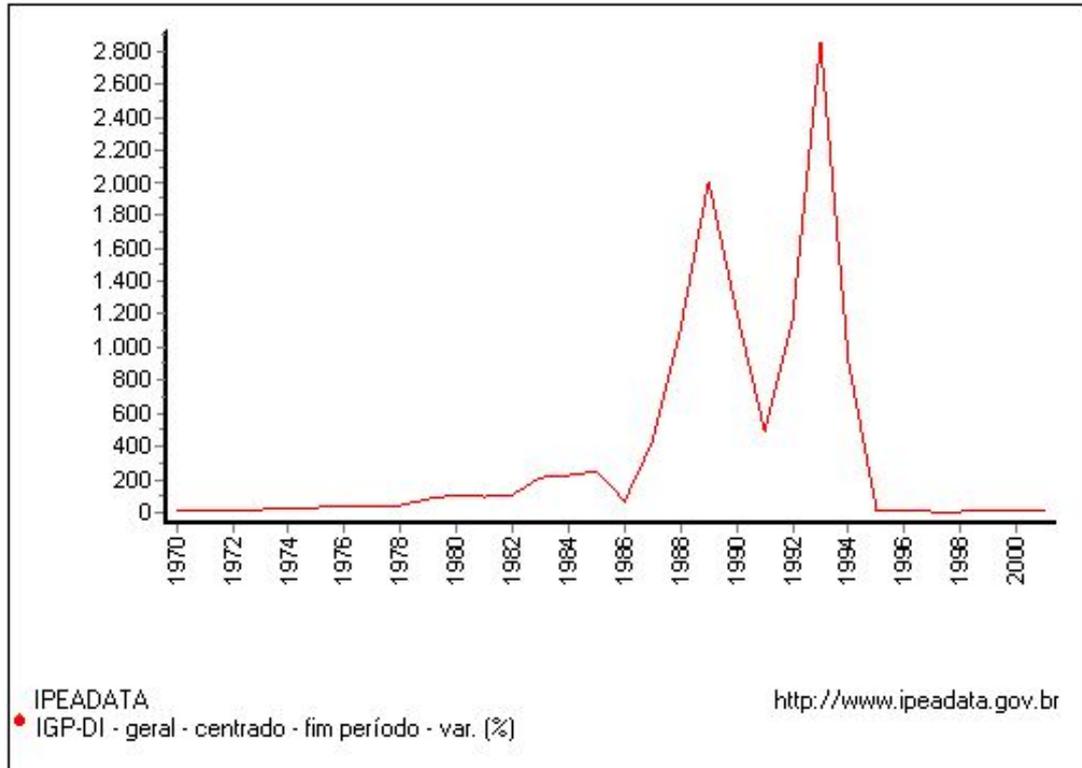


Figura 2.4: Inflação – IGP-DI – variação percentual de fim de período  
 Fonte: Fundação Getúlio Vargas, Conjuntura Econômica

Para evitar a emissão de moeda como meio de financiar seus gastos e, assim, garantir a estabilização dos preços, o governo optou por lançar mais títulos públicos no mercado a juros muito elevados, o que fez crescer rapidamente a dívida do Estado. Entretanto, não é o tamanho da dívida que deve ser avaliado para se dar credibilidade ao governo, mas sim sua capacidade de pagamento, principalmente, porque a maior parte da dívida pública é financiada a curto prazo – questão que ainda gera muita incerteza.

Uma das condições impostas pelo Fundo Monetário Internacional (FMI) no acordo fechado com o Brasil em 1998 era a manutenção de superávit primário mínimo de modo a estabilizar a relação dívida líquida/PIB e, assim, sinalizar credibilidade ao mercado credor.

Entretanto, parte da dívida pública é atrelada a papéis indexados pela taxa de juros básica e/ou pela taxa de câmbio real/dólar, o que tem dificultado o controle da relação dívida líquida/PIB. “Apesar do esforço em manter um superávit primário de 3,5 % de 1999 a 2001 e 3,75 % em 2002, há uma expectativa de que a relação dívida líquida/PIB alcance cerca de 60 % ao final de 2002” (DELFIM NETO, 2002).

Se adicionarmos a esta constatação o fato de que um montante considerável dos investimentos estrangeiros diretos recebidos pelo país nos últimos anos esteve vinculado ao programa de privatizações e, sabendo que estes fluxos não deverão se manter por um longo tempo, fica ainda mais evidente a necessidade de que o Brasil mantenha um influxo de investimentos de portfólio que lhe permita fechar as contas.

É importante ressaltar, no entanto, que os investimentos diretos estrangeiros no país apresentaram considerável crescimento ao longo dos anos 1990, fenômeno amplamente destacado em 2000. O Brasil passou a acolher mais do que 6% do total de investimentos estrangeiros mundiais no final da década de 90. Este número é ainda mais expressivo por se ter na memória que, em 1995, apenas 1,5% dos investimentos diretos rumava ao Brasil.

Finalmente a evolução do Produto Interno Bruto, como pode ser visto na Tabela 2.1, embora de forma modesta, e salvo exceções em alguns anos, o Brasil apresentou taxas de crescimento positivas nos últimos anos.

Tabela 2.1: variação real do PIB (em %)

| Período | PIB – variação real (%) |
|---------|-------------------------|
| 1980    | 9,20                    |
| 1981    | -4,25                   |
| 1982    | 0,83                    |
| 1983    | -2,93                   |
| 1984    | 5,40                    |
| 1985    | 7,85                    |
| 1986    | 7,49                    |
| 1987    | 3,53                    |
| 1988    | -0,06                   |
| 1989    | 3,16                    |
| 1990    | -4,35                   |
| 1991    | 1,03                    |
| 1992    | -0,54                   |
| 1993    | 4,92                    |
| 1994    | 5,85                    |
| 1995    | 4,22                    |
| 1996    | 2,66                    |
| 1997    | 3,27                    |
| 1998    | 0,13                    |
| 1999    | 0,81                    |
| 2000    | 4,36                    |
| 2001    | 1,51                    |

Fonte: IBGE, Novo Sistema de Contas Nacionais.

## 2.5 O Processo de Abertura Econômica Brasileira e a Evolução da Produtividade

Após atingido o êxito da estabilização, muito resta a ser realizado no plano econômico pelo Brasil. Como se sabe, a partir do início dos anos 1990, o setor produtivo nacional viu-se defrontado com a necessidade de aumentar sua competitividade para poder participar de um mercado aberto a produtos de todo o mundo. Os efeitos da abertura de mercado foram em muito diferenciados segundo os diversos setores da economia. Alguns puderam se adaptar e lograram realizar importantes ganhos de produtividade de maneira rápida. Outros, não suportaram a competição externa e o peso da sobrevalorização da moeda durante 1994 a 1999 e quebraram.

A proteção da indústria doméstica constituiu, historicamente, o núcleo da estratégia de desenvolvimento e o principal instrumento de política industrial no Brasil até o início da década de 1990.

No período 1974/79, predominaram as altas tarifas e as barreiras não-tarifárias. Nesse período, havia a necessidade de depósitos prévios para importação e eram impostos exames rigorosos para produtos com similar nacional. Tal fôra implementado em prol da manutenção do equilíbrio interno, abalado pela crise do petróleo e para aprofundar o processo de substituição de importações. Com a reforma de política econômica implementada em dezembro de 1979, o sistema de tarifas foi restaurado como principal instrumento de proteção à indústria nacional, havendo, desse modo, uma elevação das tarifas nominais fazendo com que até 1988 predominasse um período de alta proteção à indústria. O aumento das tarifas foi justificado pela necessidade de superação da crise cambial. Além disso, adotaram-se medidas adicionais como a elaboração de uma lista de produtos com importação proibida e a necessidade de financiamento externo para as importações.

A partir de 1988, inicia-se o processo de abertura comercial, que reduziu gradativamente o nível e a variância do grau de proteção às atividades competitivas. Pode-se dividir este período em duas fases: inicialmente, de 1988 a 1990, eliminaram-se parcelas redundantes das tarifas. Na segunda fase, a partir de 1990, houve a eliminação de barreiras não-tarifárias e foi aplicado um cronograma de redução gradual de tarifas.

A partir de 1990, passou-se à adoção de políticas liberais de comércio, com o fim das barreiras não-tarifárias e a diminuição das tarifas. Os defensores da abertura comercial afirmavam que a queda das barreiras comerciais aumentaria o acesso a insumos de melhor qualidade e, ao aumentar a competição, forçaria a indústria nacional a aprimorar seus produtos e seus métodos de produção. Ambos os fatores contribuiriam para um aumento de produtividade no país.

Com o advento do Plano Real, o sistema de tarifas foi utilizado intensamente para disciplinar os preços domésticos via aumento da competição externa, havendo um acirramento do processo de liberalização. Três fatores sustentaram este processo: a sobrevalorização do real ante o dólar, a antecipação da tarifa externa comum do Mercosul e a redução tarifária efetuada para pressionar os preços domésticos.

Pela Tabela 2.2 pode-se observar a evolução do sistema brasileiro de tarifas nominais e a drástica mudança que representou a abertura comercial. O país passou de uma tarifa média de proteção de 105% no período 1985/88, para 34% em 1989/93 e 13,4% em 1994/97.

Tabela 2.2: Evolução das Tarifas Nominais de Importação (em %)

| Setor   | 1985/88 | 1989/93 | 1997/97 |
|---|---------|---------|---------|
| Transformação de produtos minerais não-metalúrgicos | 87,70   | 18,97   | 7,18    |
| Metalurgia  | 65,15   | 21,33   | 12,41   |
| Mecânica  | 58,88   | 31,59   | 16,76   |
| Material elétrico e de comunicações                 | 91,73   | 34,69   | 18,31   |
| Material de transporte                              | 105,53  | 40,65   | 24,69   |
| Papel e papelão                                     | 75,80   | 17,34   | 10,48   |
| Borracha  | 95,58   | 37,12   | 12,63   |
| Química   | 32,48   | 16,70   | 6,63    |
| Produtos farmacêuticos e veterinários               | 43,28   | 22,92   | 8,58    |
| Perfumaria, sabões e velas                          | 158,93  | 44,40   | 8,58    |
| Produtos de materiais plásticos                     | 142,93  | 34,79   | 16,38   |
| Têxtil  | 142,03  | 39,54   | 15,18   |
| Vestuário, calçados e artefatos de tecidos          | 166,55  | 45,31   | 19,55   |
| Alimentícia   | 77,50   | 23,51   | 12,53   |
| Bebidas   | 159,50  | 54,66   | 13,93   |
| Fumo  | 176,10  | 60,55   | 10,16   |
| Média   | 104,97  | 34,00   | 13,37   |

Fontes: Pinheiro e Almeida (1994); Kume (1996)

Existe hoje um consenso de que a década de 90 marca uma ruptura na tendência de queda da taxa de crescimento da produtividade. Entretanto, ainda não se é sabido se essa mudança deve-se a alterações estruturais ou a ajustes cíclicos transitórios da economia.

Feijó e Carvalho (1994a) argumentam que o processo de abertura ocasionou profundas alterações estruturais nas empresas, criando o “novo paradigma tecnológico-gerencial”. Os autores afirmam que houve um aumento generalizado da produtividade, ou seja, os ganhos de produtividade não ficaram restritos apenas aos setores mais expostos à competição externa, mas envolveu a maioria dos setores industriais. Um dos principais indicadores da modernização industrial seria o aumento da aquisição de máquinas e equipamentos importados, chegando a um aumento de 90% em 1995.

Em contrapartida, Silva et alii (1993) afirmam que o aumento da produtividade decorreu da recessão do início da década, não havendo mudanças estruturais tecnológicas generalizadas na economia. Os autores declaram que, com a retomada do crescimento, haveria uma queda de produtividade. Eles argumentam que mudanças tecnológicas só são possíveis com investimentos, o que não foi verificado no período em que as taxas de investimento foram declinantes. Ao mesmo tempo, não acreditam em mudanças bruscas da racionalidade do empresariado, que passaria subitamente a observar a curva de custos, ocasionando um aumento da produtividade.

Considera (1995) concorda com essa última visão. Ele defende que, sob um processo recessivo, há um fechamento das empresas de menor produtividade, o que acarretaria aumento da eficiência do sistema como um todo. Isto se dá, portanto, na ausência de investimento e mudanças organizacionais, de forma que a recessão por si só poderia explicar o crescimento da produtividade.

A relação entre o ingresso de capitais externos no país, o desempenho dos investimentos privados domésticos e efetivos ganhos em tecnologia não é imediata. Com efeito, Bielschowsky et al. (1999) mostram que a evolução dos distintos ramos industriais foi muito diferenciada e, dadas as especificidades de cada segmento, reagiu segundo a lógica e a dinâmica da concorrência dos respectivos mercados.

O problema do estabelecimento da ligação entre crescimento e abertura advém do fato de a teoria neoclássica de crescimento desenvolvida inicialmente por Solow (1956) afirmar que as mudanças tecnológicas são exógenas, ou seja, não são afetadas por políticas macroeconômicas, dentre elas a política comercial, o que impossibilita o estabelecimento de um mecanismo de ligação entre comércio e crescimento.

Mas, nas últimas décadas, com o surgimento das novas teorias de crescimento endógeno [por exemplo, Romer (1990)], conseguiu-se estabelecer que políticas como a de abertura comercial podem exercer efeito positivo sobre o crescimento, por meio da indução de mudanças tecnológicas. Nesses modelos, países mais abertos demonstram maior capacidade de absorver novas tecnologias provenientes dos países líderes (mais desenvolvidos), portanto aumentam sua produtividade e, conseqüentemente, apresentam maiores taxas de crescimento.

Em estudo realizado pela Sociedade Brasileira de Estudos das Empresas Transnacionais e da Globalização Econômica – SOBEET (2000), fica demonstrado que as empresas de capital estrangeiro atuando no Brasil realizam investimentos em inovação e que 3/4 das empresas compondo a amostra têm produtos com estágio tecnológico superior ao dos concorrentes nacionais. Mais do que isto, entre os condicionantes da competitividade global apontados por estas empresas, destaca-se o acesso a novas tecnologias externas, sendo que mais de 80% das empresas consultadas indicam, entre os fatores determinantes da decisão de investir, a redução dos custos de produção e a melhoria na qualidade do produto, aspectos diretamente ligados ao estágio tecnológico.

A maior abertura também permite aos países um acesso facilitado a insumos importados de melhor qualidade, assegurando maior competitividade ao produto nacional. Além disso, a abertura reduz o custo de inovação e força as empresas no sentido de maior investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para que se consiga vencer a

concorrência. Há também um aumento da escala de produção, ocasionando maior economia. Por fim, dentro da tradição dos modelos de H-O de comércio internacional, a abertura permite maior especialização do país nos setores em que sua vantagem competitiva é maior, aumentando sua produtividade média e marginal. Em contrapartida, Grossman e Helpman (1990) observam que o aumento da competição subsequente à abertura da economia pode vir a desencorajar o processo de inovação pela expectativa de redução dos lucros. Desse modo, somente os países onde há vantagens comparativas nos setores intensivos em pesquisa levariam vantagens com a abertura, tornando assim ambíguo o efeito da abertura sobre a economia.

Trabalhos mais recentes [por exemplo, Bonelli e Fonseca (1998)] observam que, após 1993, a produtividade continuou a crescer a altas taxas — 5% em média no período 1993/97. Como este não é um período de recessão, evidencia-se que, embora o processo recessivo tenha colaborado para o aumento da produtividade, houve de fato alterações estruturais no padrão de eficiência da indústria brasileira.

Os resultados mostrados na Tabela 2.3 demonstram que a produtividade total de fatores (PTF) apresentou no período 1985/97 dois comportamentos distintos. De 1985 a 1990 indicou uma taxa de crescimento média anual negativa para os 16 setores de – 2,49%, enquanto a partir de 1991 até 1997 cresceu a uma taxa de 2,15% a.a. Setorialmente, no período 1985/90 somente dois setores, perfumaria (+0,96%) e produtos farmacêuticos (+0,53%), tiveram crescimento positivo da produtividade, os outros 14 setores tiveram queda.

Em contraste, no período 1991/97, todas as indústrias obtiveram ganhos de produtividade, com destaque para o setor de material de transporte (+5,04%), química (+5,04%), metalurgia (3,30%) e material elétrico e de comunicações (3,30%). As menores taxas ficaram com a indústria de perfumaria (0,07%) e têxtil (0,22%).

Tabela 2.3: Taxa de Crescimento da PTF sem a Inclusão do Capital Humano (em %)

| <b>Setor</b>  | <b>1985/90</b> | <b>1991/97</b> |
|---|----------------|----------------|
| Transformação de produtos minerais não-metalúrgicos | -1,47          | 1,16           |
| Metalurgia  | -2,43          | 3,30           |
| Mecânica  | -0,88          | 1,35           |
| Material elétrico e de comunicações                 | -3,00          | 3,30           |
| Material de transporte                              | -6,35          | 5,04           |
| Papel e papelão                                     | -4,16          | 3,19           |
| Borracha  | -3,01          | 2,77           |
| Química   | -6,39          | 5,04           |
| produtos farmacêuticos e veterinários               | 0,53           | 2,43           |
| Perfumaria, sabões e velas                          | 0,96           | 0,07           |
| Produtos de materiais plásticos                     | -3,75          | 1,18           |
| Têxtil  | -2,25          | 0,22           |
| Vestuário, calçados e artefatos de tecidos          | -2,78          | 3,03           |
| Alimentícia   | -3,17          | 2,52           |
| Bebidas   | -0,98          | 1,30           |
| Fumo  | -1,99          | 0,27           |
| <b>Média</b>  | <b>-2,49</b>   | <b>2,15</b>    |

Fonte: Rossi Júnior e Ferreira (1999).

Segundo Rossi Jr. e Ferreira (1999) há forte indicação da influência da abertura comercial no processo para a mudança de patamar na taxa de crescimento da produtividade, com universalização dos ganhos, que foram obtidos por todos os setores, sugerindo a ocorrência de alterações na estrutura produtiva.

## 2.6 Perspectivas

Apesar da economia brasileira ter reconquistado certa credibilidade nos últimos anos, a sua consolidação ainda depende de várias reformas estruturais, especialmente

as que se referem ao setor público (administrativa, fiscal e previdenciária). No âmbito do controle de gastos públicos, importantes avanços foram conquistados a partir da Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar nº 101, de 04 de maio de 2000) que estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal, mediante ações em que previnam riscos e se corrijam os desvios capazes de afetar o equilíbrio das contas públicas, destacando-se o planejamento, o controle, a transparência e a responsabilização, como premissas básicas. O ajuste fiscal, entretanto, apesar de necessário não é suficiente para que sejam diminuídos a instabilidade econômica e os entraves a um crescimento sustentável. As reformas, consideradas fundamentais para criar um ambiente mais propício para o investimento, devem ser conduzidas de forma a reduzir as incertezas sobre as políticas públicas no futuro – fiscal (reforma tributária e reestruturação dos gastos públicos), monetária, cambial, de regulação econômica, etc.

A estabilidade no nível geral de preços não foi acompanhada pela previsibilidade econômica, essencial às decisões de investimento do setor produtivo. Também as regras de comércio exterior carecem de previsibilidade. A fim de evitar impactos negativos para o setor produtivo, pelo uso das tarifas, o governo precisa manter uma sinalização clara sobre a evolução da estrutura tarifária no longo prazo, sem gerar incertezas sobre o comportamento futuro das tarifas de importação.

A reforma da previdência visaria equilibrar o déficit, além de contribuir para aumentar a taxa de poupança interna, ponto fundamental para elevar as taxas de crescimento econômico do país.

A falta de mecanismos adequados de financiamento e a incerteza com relação às variações nas taxas de juros cobradas no mercado acabam desestimulando novos empreendimentos. De fato, o sistema financeiro brasileiro não cumpre adequadamente seu

papel na intermediação de recursos, restringindo os investimentos produtivos, muito em função da crescente necessidade de financiamento do setor público.

As características econômicas do Brasil fazem com que o país fique vulnerável a qualquer distúrbio econômico externo. Problemas desse tipo acabam provocando alterações imprevistas nas principais variáveis macroeconômicas (taxa de juros, taxa de câmbio e taxa de inflação). Como se sabe, essas alterações imprevistas podem afetar as firmas e seus projetos de investimento de diferentes maneiras, conforme a estrutura de obrigações financeiras e a natureza dos elementos do fluxo de caixa de cada uma.

Os investidores, com base na disponibilidade de recursos e na sua percepção do ambiente externo, devem definir seus projetos de investimento fundamentados nas expectativas de longo prazo da economia.

A dinâmica da economia mundial e as negociações comerciais e/ou entre grupos de países têm sido determinantes para as decisões de investimento privado, na medida em que se aprofunda o processo de abertura da economia a produtos e capitais estrangeiros. Esta é uma constatação óbvia que não pode deixar de ser lembrada. Hoje não é possível pensar no futuro da economia sem ter em conta as perspectivas do Mercosul, da eventual criação da Área de Livre Comércio das Américas (ALCA) e das negociações dos países do Mercosul como bloco com a União Européia.

O crescimento sustentado depende de um reordenamento muito mais amplo, envolvendo, ademais de fatores microeconômicos e de adequação tecnológica, elementos-chave da infra-estrutura econômica e, também, aspectos institucionais e políticos. Muito tem sido afirmado sobre a baixa competitividade do setor produtivo brasileiro.

Produtividade é um conceito indissociável da idéia de crescimento. Mas trata-se, também, de uma questão relacionada à estrutura produtiva do país e à qualidade de

seus fatores de produção. Depreende-se, então, ser o caminho para o crescimento e ganho de competitividade nos mercados mundiais uma tarefa das mais complexas dentro da agenda nacional.

### **3. O CRÉDITO E SUA EVOLUÇÃO NO BRASIL**

---

*Este capítulo se inicia com a revisão bibliográfica do conceito de crédito e de sua evolução no Brasil. Na seqüência, as implicações da entrada em vigor da Resolução 2.682 do Banco Central, que regulamenta a forma de classificar os créditos quanto a sua qualidade, serão analisadas. Por fim, são descritas as conseqüências da adesão do Brasil ao Acordo da Basiléia.*

#### **3.1 Introdução**

Para Schirickel (1999), tecnicamente, “crédito é todo ato de vontade ou disposição de alguém de destacar ou ceder, temporariamente, parte de seu patrimônio a um terceiro, com a expectativa de que esta parcela volte a sua posse integralmente, após decorrido o tempo estipulado”.

Para uma instituição financeira, a palavra crédito é sinônimo de confiança. A atividade bancária fundamenta-se nesse princípio, que envolve a instituição propriamente dita, seu universo de clientes, empregados e o público em geral. Afinal, confiança é um sentimento, uma convicção que se constrói ao longo do tempo, através de acontecimentos e experiências reais, da lisura, probidade, pontualidade, honestidade de propósitos, cumprimento de regulamentos e compromissos assumidos.

O banco, no exercício daquela que seria sua função principal - a de intermediar recursos de terceiros, promover a captação de riquezas e poupanças, apóia-se nos princípios da segurança e confiança para consolidação de um relacionamento construtivo e profícuo. A avaliação de risco é uma tarefa extremamente importante para a análise e

juízo do crédito. Uma atitude cultural voltada para o risco é crítica em uma organização de concessão de crédito (MUELLER, 1997).

### **3.1.1 Política de crédito**

Diante das diversas mudanças na economia de um país, nas condições de mercado, na concorrência e em outros fatores, um banco necessita gerir adequadamente suas finanças, para manter seu equilíbrio financeiro e aumentar sua rentabilidade.

Dependendo das condições internas e externas, a alta administração pode alterar os prazos de captação e aplicação de recursos, as taxas de juros, as garantias, os critérios de análise do crédito, o que determinará a rentabilidade e o risco do negócio de um banco.

As políticas de crédito, que compreendem as decisões estratégicas da empresa, fornecem ao concesso de crédito os instrumentos necessários à decisão de conceder ou não o empréstimo. Quanto mais rígidos os critérios na concessão, menor será o investimento nas carteiras de empréstimos, diminuindo, contudo, o risco de inadimplência. Da mesma forma, quanto mais flexíveis forem os critérios, mais a empresa estará exposta ao risco de inadimplência.

### **3.1.2 Gestão do Risco de Crédito**

A Gestão do Risco de Crédito resume-se em aprovação de crédito mediante informações a respeito do cliente e concessão de créditos apenas àqueles que se situem dentro dos limites de risco que a instituição financeira aceita assumir segundo sua política de crédito.

A mensuração do nível de risco de cada operação de crédito é um processo de gestão do risco de crédito e apóia-se em informações qualitativas e quantitativas. As ferramentas utilizadas para essa mensuração não dispensam e nem eximem o elemento humano da participação e responsabilidade no processo.

#### **3.1.2.1 Resolução BACEN/CMN 2.682**

Em 21 de dezembro de 1999, o Banco Central determinou, através da Resolução 2.682, que as instituições financeiras passassem a classificar e provisionar as operações de crédito, conforme o risco assumido pela sua concessão. Anteriormente, além da inexistência de classificação das operações por nível de risco, os provisionamentos obedeciam somente a critérios relativos ao tempo de atraso de pagamento e ao tipo de garantia vinculada à operação. Com a nova resolução, as operações de crédito devem ser classificadas e provisionadas a devedores duvidosos, contemplando o nível de risco em relação ao devedor, a seus garantidores e em relação ao tipo de operação. Desta forma, a qualidade do crédito passa a ser analisada de maneira pró-ativa e não mais reativa.

A classificação da operação no nível de risco correspondente é de responsabilidade da instituição detentora do crédito e deve ser efetuada com base em critérios consistentes e verificáveis, amparada por informações internas e externas, contemplando, pelo menos, os seguintes aspectos:

I - em relação ao devedor e seus garantidores:

- Situação econômico-financeira;
- Grau de endividamento;
- Capacidade de geração de resultados;
- Fluxo de caixa;
- Administração e qualidade de controles;
- Pontualidade e atrasos nos pagamentos;
- Contingências;
- Setor de atividade econômica;
- Limite de crédito.

II - em relação à operação:

- Natureza e finalidade da transação;
- Características das garantias, particularmente quanto à suficiência e liquidez;
- Valor.

Na Tabela 3.1 são apresentados os níveis de risco que servirão para classificar as operações de crédito:

Tabela 3.1: Níveis de risco

| <b>Níveis</b> | <b>Risco</b> |
|---------------|--------------|
| <b>I</b>      | <b>AA</b>    |
| <b>II</b>     | <b>A</b>     |
| <b>III</b>    | <b>B</b>     |
| <b>IV</b>     | <b>C</b>     |
| <b>V</b>      | <b>D</b>     |
| <b>VI</b>     | <b>E</b>     |
| <b>VII</b>    | <b>F</b>     |
| <b>VIII</b>   | <b>G</b>     |
| <b>IX</b>     | <b>H</b>     |

Fonte: Resolução BACEN 2.682

Para verificar qual o nível de risco assumido com o devedor e seus garantidores, deverão ser analisados a sua situação econômico-financeira, o grau de endividamento, a capacidade de geração de recursos, o fluxo de caixa, a administração, a qualidade nos controles, a pontualidade nos pagamentos, o setor de atividade econômica, o limite de crédito e as contingências (Resolução BACEN 2.682, Inciso I, art.2).

Os créditos em atraso redundam em reclassificação do nível de risco mínimo do tomador como apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Reclassificação de nível de risco para créditos em atraso.

| <b>Quantidade de Dias em atraso</b> | <b>Nível de Risco Mínimo</b> |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Entre 15 e 30 dias                  | B                            |
| Entre 31 e 60 dias                  | C                            |
| Entre 61 e 90 dias                  | D                            |
| Entre 91 e 120 dias                 | E                            |
| Entre 121 e 150 dias                | F                            |
| Entre 151 e 180 dias                | G                            |
| Superior a 180 dias                 | H                            |

Fonte: Resolução BACEN 2.682.

A provisão para créditos de liquidação duvidosa, efetuados mensalmente, após reclassificação, conforme os níveis de riscos mencionados, deve seguir os parâmetros sumarizados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Provisão para créditos de liquidação duvidosa

| <b>Nível de Risco</b> | <b>Percentual da operação a ser provisionado</b> |
|-----------------------|--|
| A                     | 0,50%  |
| B                     | 1,00%  |
| C                     | 3,00%  |
| D                     | 10%  |
| E                     | 30%  |
| F                     | 50%  |
| G                     | 70%  |
| H                     | 100%   |

Fonte: Resolução BACEN 2.682.

Caso as operações venham a ser renegociadas (composição de dívidas, prorrogações, renovações ou concessão de novas operações para quitar operações anteriores), deverão ser mantidas, no mínimo, no mesmo nível de risco em que estiverem classificadas, salvo quando houver amortização significativa ou ocorrerem outros fatos relevantes (Resolução BACEN 2.682, Art.8).

Após um resumo da resolução 2.682 do BACEN, concluímos que as avaliações de riscos nas carteiras de empréstimos dos bancos passaram a ter enorme importância, pois os riscos assumidos nas operações de crédito, deverão balizar a avaliação da situação financeira e a atribuição de parâmetros de valor para as instituições financeiras no Brasil.

### 3.2. Evolução do Crédito no Brasil

Antes de 1945, o financiamento das atividades produtivas se fez, sobretudo através do autofinanciamento e de crédito entre as empresas ou, em menor parte, pelos bancos. Até a metade da década de 1960 houve um importante aumento do número de estabelecimentos bancários no país. Este movimento está associado à industrialização crescente, à urbanização e à consolidação do mercado interno.

Com a reforma financeira dos anos 60, o mercado da dívida pública desenvolveu-se muito rapidamente, dada a garantia conferida pelo fato de os títulos serem indexados. Eles se transformam em ativos financeiros com circulação de curto prazo, embora tivessem um prazo inicial médio ou longo.

A partir da dívida primária já colocada no mercado, desenvolveu-se uma dívida secundária sobre uma base exclusivamente especulativa. Os títulos de dívida primária do setor privado têm uma garantia baseada na economia real e assim têm um limite a sua expansão, limitada pelo patrimônio das empresas ou das famílias. Pelo contrário, quando se trata de títulos financeiros públicos, ou do mercado interfinanceiro, o limite de seu crescimento e circulação é a credibilidade destes papéis, sua aceitação pelo mercado e a força e a amplitude do sistema financeiro, que foi em muito reforçado durante os anos 1970 através das operações com a dívida pública.

Os primeiros anos da década de 1980 se caracterizam por uma dramática elevação dos juros internacionais, pela recessão mundial e a conseqüente contração do crédito. No Brasil, os altos índices inflacionários começam a se configurar como o mais grave dos desequilíbrios internos e que condicionariam o desempenho da economia nacional por mais de uma década.

Ficou bastante difícil estabelecer taxas de juros factíveis que pudessem compensar os riscos tanto do tomador quanto do devedor, o que levou a uma situação de regressão financeira.

A desarticulação do sistema de crédito privado da economia provocou uma queda acentuada no crédito ao consumidor, afetando o dinamismo da demanda, principalmente, por bens de consumo duráveis. Ao mesmo tempo, as firmas fugiram do crédito bancário, investindo pouco e basicamente com recursos próprios, fato que restringiu a compra de máquinas e equipamentos destinados ao processo produtivo (FERRAZ, KUPFER e HAGUENAUER, 1997).

A posição do Estado ficou mais difícil com a moratória da dívida externa em 1987, o que provocou mais aumento das taxas de juros reais para compensar o risco de calote incorrido pelos agentes que aceitassem os títulos públicos, fazendo com que a situação das contas públicas se deteriorasse ainda mais rapidamente.

A expectativa, desde o início do Plano Real, em julho de 1994, era a de que o novo ambiente de estabilização de preços operaria modificações consideráveis no sistema financeiro brasileiro. Os bancos, privados dos benefícios do *floating* - tempo decorrido entre o envio de recursos pelo devedor e o momento em que os recursos estão disponíveis para o credor - acirriariam a competitividade e perceberiam a necessidade de investir pesadamente em mecanismos que aumentassem sua agilidade, segurança e eficiência, possibilitando redução de custos e aumento da lucratividade.

Como o ganho inflacionário do setor financeiro era obtido principalmente nos depósitos à vista, a estrutura operacional dessas instituições estava montada para maximizar a captação de depósitos. Os bancos, ao perderem a vantagem financeira proporcionada pelos depósitos, teriam de reduzir a estrutura de captação e adaptar a estratégia operacional para recompor a perda de lucratividade. O pensamento dominante era o

de que o processo de ajustamento dos bancos desencadearia a expansão das operações de crédito.

Essa expectativa de expressivo aumento do crédito era reforçada pelo fato de que o estoque de crédito bancário brasileiro equivalia a apenas 29% do PIB. Essa relação atinge 160% nos Estados Unidos, 143% no Japão, 130% na Eurolândia, 73% nos países asiáticos emergentes, 51% na Europa emergente e 39% na América Latina, com destaque para os 60% observados no Chile (CINTRA, 2000).

Em um primeiro momento verificou-se uma forte elevação nas operações de crédito. Os motivos foram: i) a busca, pelos bancos, de um modo de compensar a perda com o fim da inflação; e ii) a instalação de um quadro de otimismo que, junto com a melhor previsibilidade acerca do comportamento dos preços relativos na economia elevou a demanda por empréstimos.

Ao diminuir a incerteza quanto à inflação futura, os concedentes podem prever uma taxa nominal de juros compensatória com razoável grau de certeza e oferecer recursos com uma taxa nominal de juros fixa aos consumidores, isto é, prestações fixa (BRAGA e TONETO JR., 1995/96).

O crédito total apresentava tendência de crescimento, nos anos de 1992, 1993 e início de 1994. Após o Plano Real, a tendência, de 1994 a 1999, passou a ser de estabilidade. Em suma, o que se constata é o oposto do que se esperava, a estabilização econômica além de não alavancar o crédito ainda deteve o crescimento que até então ocorria. Verifica-se também que ocorreu redistribuição do crédito entre setores: diminuiu a participação do setor público e aumentou a do setor privado, especialmente das pessoas físicas, a partir de 1994. A participação do setor produtivo no crédito total permaneceu estável, em 54%, com indicação de queda.

Paula et al.(1999) descrevem a evolução dos níveis de crédito que se seguiu ao lançamento do Plano Real:

"(...) no primeiro momento do Real os bancos, no contexto de forte crescimento da demanda por crédito, compensaram as perdas das receitas inflacionárias expandindo crédito e adotando uma postura financeira mais ousada; no segundo momento, a partir da crise bancária de 1995 e, posteriormente, com a crise externa de 1997/1998, passaram a adotar uma postura mais defensiva, expressão de sua maior preferência pela liquidez e aversão ao risco" (PAULA et al., 1999, p.1).

Para alguns autores esse crescimento foi o responsável pela forte inadimplência. Expõem seu ponto de vista partindo do pressuposto de que, apesar do crescimento das operações de crédito terem compensado, em parte, a perda do *'float'*, esse crescimento ocorreu sem os devidos cuidados quanto à capacidade de pagamento de novos e antigos devedores.

Aparentemente, em virtude dessa unanimidade, a preocupação principal do governo era a de evitar a explosão do crédito. O crescimento exagerado do crédito poderia fragilizar os bancos e criar uma bolha de consumo ameaçando a estabilização de preços. Para evitar esse crescimento, o Banco Central estabelece uma política rigorosa de depósitos compulsórios sobre depósitos à vista, a prazo e sobre outras operações, e adota normas mais restritivas para a concessão de créditos. Entretanto, apesar dessa política restritiva, os estudos mostram que os créditos cresceram.

Puga (1999) faz análise semelhante do crédito bancário ao afirmar:

“nos primeiros meses do Plano Real, a perda das receitas com o *'floating'* foi compensada pelo aumento das operações de crédito, favorecidas pelo rápido crescimento econômico decorrente da estabilização. Contudo, a diminuição do ritmo de crescimento da economia no segundo trimestre de

1995, decorrente da adoção de uma política monetária e creditícia altamente restritiva devido à crise mexicana, tornou inevitável o ajuste nos bancos. Os créditos em atraso e em liquidação cresceram substancialmente” (PUGA, 1999, p.11).

A forte elevação dos índices de inadimplência adicionou graves dificuldades ao sistema bancário, o que levou o governo a adotar várias medidas, das quais a mais conhecida e polêmica foi a implantação do Programa de Estímulo à Reestruturação e ao Fortalecimento do Sistema Financeiro (PROER).

O saneamento foi detalhado e analisado por Puga (1999), que mostra que o número de bancos diminuiu, mas o tamanho do setor bancário, em termos dos seus ativos e dos depósitos, aumentou. Em suma, o setor saneado e capitalizado tenderia a aumentar o crédito e não a diminuí-lo. Assim, o saneamento, em vez de estabelecer um limite às operações de crédito, aumenta a capacidade de o setor conceder empréstimos.

### **3.2.1 A Adesão do Brasil ao Acordo da Basiléia**

Após o Plano Real, alguns estudos demonstraram que os bancos perderam os ganhos inflacionários com a estabilização. Contudo, constata-se que essa perda foi compensada de várias maneiras, como, por exemplo: com a elevação do ‘spread’ especialmente nos empréstimos às pessoas físicas; com a redução das despesas administrativas, em especial com pessoal, e com o incremento de novas fontes de receitas.

O objetivo central do Acordo é o de minimizar os riscos de insucesso das atividades bancárias e, com isso, alcançar maiores garantias para a solvência e a liquidez do

sistema bancário internacional. Em síntese, o Acordo da Basileia (Comitê da Basileia para a Supervisão Bancária) estabelece um padrão comum de determinação do capital dos bancos, de maneira a reduzir as diferenças entre as normas aplicáveis às instituições financeiras dos diversos países.

Para padronizar o capital dos bancos, o Acordo define o que pode ser considerado como componente do capital. A soma desses componentes ficou conhecida como Patrimônio Líquido Ajustado (PLA). Para o Acordo, o PLA de um banco é formado pela soma dos valores contidos em duas categorias de contas, classificadas como de nível 1 e 2. As contas do nível 1 são consideradas integralmente no PLA, expressam o montante de capital social, reservas de capital, reservas de lucros livres de compromisso e outras contas. As contas do nível 2 são parcialmente consideradas na determinação do PLA e referem-se às reservas de reavaliação, às reservas de contingências, às reservas especiais de lucros não distribuídos, entre outras.

Para elevar os requerimentos de capital dos bancos, tal Acordo estabelece uma nova sistemática de cálculo do capital. Esta sistemática considera os vários ativos dos bancos e os seus riscos de perda, e ainda permite estimar o capital que o banco deve ter, o que é conhecido como Patrimônio Líquido Exigível (PLE). Nessa nova sistemática, o montante de capital de um banco é determinado em função de dois conceitos. O primeiro refere-se à razão capital-ativo que corresponde ao inverso da alavancagem. O segundo conceito refere-se ao risco diferenciado das operações ativas. Assim, um banco que assume grandes riscos na sua carteira de empréstimos, por exemplo, deve ter mais capital do que se fosse mais conservador na sua política de empréstimos.

A utilização desses dois conceitos é lógica, na medida em que os bancos normalmente utilizam muito mais alavancagem financeira do que a maioria das outras corporações comerciais, o que destaca a necessidade de se estabelecer um limite para a

alavancagem. Como os bancos assumem mais riscos operacionais que as empresas produtivas, faz-se necessário explicitar e ponderar esses riscos em relação ao patrimônio da instituição.

Pelo Acordo, o PLE de qualquer banco pode ser determinado pela multiplicação do inverso da alavancagem pelo total do ativo ponderado pelo risco. Em termos matemáticos, pode-se expressar o Acordo da Basileia pela Equação 3.1:

$$PLE = \alpha \cdot (\sum t_i \cdot r_i) \quad (3.1)$$

onde:

$\alpha$  = razão capital-ativo = inverso da alavancagem =  $(1/a)$ ;

$a$  = alavancagem;

$t_i$  = ativo  $i$ ;

$r_i$  = ponderação de risco do ativo  $i$ .

Dessa forma, o capital do banco é uma função direta do risco dos seus ativos e indireta da alavancagem. Assim, quanto maior o risco, maior tem de ser o capital. O banco que assume grandes riscos na sua carteira de empréstimos, por exemplo, deve ter mais capital do que se fosse mais conservador. Por outro lado, quanto maior a alavancagem menor a necessidade de capital. Ao admitir que a alavancagem seja um parâmetro constante, um banco tem duas opções no momento de determinar o tamanho de sua conta de capital. Ele pode aumentá-la conforme aumentam os riscos por ele assumidos ou pode investir em ativos relativamente livres de risco.

Desse modo, impôs-se um maior nível de capitalização às instituições mais propensas ao risco. Em outras palavras, exigiu-se que as instituições mais propensas ao risco assumissem maior responsabilidade na condução dos negócios pelo maior comprometimento de recursos próprios.

Ao aderir ao Acordo a autoridade monetária do país assume o compromisso de exigir dos bancos nacionais um nível de capital que seja compatível com o volume de suas operações ativas. Na linguagem do Acordo, que o Patrimônio Líquido Ajustado (PLA) dos bancos seja igual ou superior ao Patrimônio Líquido Exigível (PLE).

O Acordo da Basiléia foi publicado em 1988. A adesão do país ao Acordo somente ocorreu em agosto de 1994, com a Resolução 2.099 do Banco Central. Esta estabeleceu a nova sistemática de cálculo do Patrimônio Líquido Exigível (PLE) dos bancos em função do risco dos ativos, conforme recomendado pelo Acordo da Basiléia.<sup>1</sup>

Troster (1997) argumenta que a causa para o fraco desempenho dos bancos brasileiros com a estabilização pode estar na política bancária. Para ele, o Banco Central subiu o nível de capital mínimo dos bancos de forma súbita e sem critérios conhecidos. Ele ressalta que o Acordo não estabelecia recomendação em relação a níveis de capital absoluto, e que, como os novos níveis de capital eram bastante superiores aos anteriores essa exigência contribuiu para a oligopolização do setor ao fragilizar mais de meia centena de bancos.

No que diz respeito ao Acordo da Basiléia, a Resolução 2.099 estabelece que as instituições financeiras que operam no Brasil devem calcular o capital exigível (PLE), considerando a razão capital-ativo igual a 0,08 (alavancagem de 12,5) e quatro classificações de risco dos ativos, com ponderação de 0%, 20%, 50% e 100%, a saber:

---

<sup>1</sup> O modelo anterior, vigente no Brasil, calculava a necessidade de capital dos bancos com base no passivo e não no ativo. O capital ou Patrimônio Líquido (PL) devia ser de 0,066 o total do passivo, em outras palavras, para cada 15 unidades de depósito e dívidas o banco tinha de ter uma unidade de capital [CAVICCHIOLLI, 1999, p. 52].

- risco nulo (fator de ponderação 0%) – atribuído aos ativos como recursos em caixa, reservas junto à autoridade monetária, títulos públicos federais (Letra Financeiras do Tesouro, Letras do Tesouro Nacional, Notas do Tesouro Nacional, Letras do Banco Central, Bônus do Banco Central, etc.) e reservas em moeda estrangeira depositadas no Banco Central;
- risco reduzido (fator de ponderação 20%) – atribuído aos depósitos bancários de livre movimentação mantidos em bancos, aplicações em ouro, disponibilidades em moeda estrangeira e créditos tributários;
- risco reduzido (fator de ponderação 50%) – atribuído aos títulos estaduais e municipais, financiamentos habitacionais e aplicações no interbancário;
- risco normal (fator de ponderação 100%) – atribuído às operações de empréstimos e financiamento (tais como os financiamentos rurais, agroindustriais, empreendimentos imobiliários, de infra-estrutura, de desenvolvimento, à exportação, entre outros), aplicações em ações, debêntures, obrigações da Eletrobrás, Títulos da Dívida Agrária (TDA), operações vinculadas a bolsas de valores, de mercadorias e de futuros.

Posteriormente, novas exigências foram feitas, estabelecidas na Resolução 2.399, de junho de 1997, e a Circular 2.784, de novembro do mesmo ano, do Banco Central do Brasil, que reduziram a alavancagem dos bancos de 12,5 para 10,0 e em seguida para 9,09, ou seja, a razão capital-ativo foi elevada de 8 % para 10 % e em seguida para 11 %.

A Circular 2.916, de agosto de 1999, elevou o risco do crédito tributário de reduzido para elevado, com isso a ponderação passou de 20% (Resolução 2.099) para 300%. Estes créditos, que somavam R\$ 20 bilhões (ao redor de 7% do total) em setembro de 1999, passaram a apresentar o maior risco dos ativos bancários.

Em suma, aumentar a razão capital - ativo (diminuir a alavancagem) é uma maneira de restringir os créditos porque os bancos que necessitarem aumentar o capital, mas que não puderem ou não acharem conveniente fazê-lo, deverão reduzir os empréstimos que têm maior ponderação de risco. Por outro lado, o banco ao reduzir o volume de crédito diminui a razão lucro-capital. Esta parece ser uma maneira de aumentar a demanda de títulos de baixa ponderação, uma vez que tanto o banco que manteve o nível de capital quanto o que aumentou o capital, devem ampliar a carteira de títulos federais de modo a manter o índice de lucratividade. Assim, o banco que optar pela manutenção do capital, pela redução do crédito e pelo aumento da carteira de títulos federais, apresentará aos seus depositantes e acionistas um índice de lucratividade maior do que o banco que optar pelo aumento do patrimônio líquido para manter o nível de crédito.

Em suma, no período de 1994 a 1999, se o capital da instituição financeira ficou constante, a cada alteração da Resolução 2.099 diminuía o limite do banco para aplicar em crédito.

A principal mudança verificada, em virtude da adesão do Brasil ao Acordo da Basiléia, foi a realocação dos recursos das aplicações bancárias. Nessa redistribuição das aplicações, foram favorecidos os ativos de pequena ponderação de risco e prejudicados os de elevada ponderação. Maia e Malan (1998) sugeriram que alertam que o critério de ponderação zero para os financiamentos destinados ao governo federal é danoso à performance do sistema econômico. À medida que o Banco Central considerar esse critério para aqueles recursos, exigindo percentuais mínimos de capitalização para o sistema

financeiro, criará interesses para que se desloquem recursos da atividade produtiva para o setor público.

O impacto negativo da adesão do Brasil ao Acordo da Basiléia foi o de estabelecer um limite para o crédito e não estabelecer limite para as aplicações em títulos públicos federais. O efeito deste limite na política de empréstimos dos bancos deve ter sido ampliado pelas inúmeras vezes em que a norma do Banco Central foi alterada e, quase sempre, reduziu o limite para as operações de crédito. Até mesmo os bancos com folga para ampliar suas exposições em crédito concedido podem não ter se sentido seguros para ampliar suas operações pela expectativa da imposição de uma nova alteração mais restritiva.

## **4. REDES NEURAS E MÉTODOS ECONOMÉTRICOS TRADICIONAIS**

*A primeira seção deste capítulo traz uma introdução à Inteligência Artificial, onde um breve histórico das Redes Neurais Artificiais, com os principais nomes envolvidos no seu desenvolvimento, será traçado. Na seqüência, o modelo de Rede Neural a ser utilizado para o desenvolvimento deste trabalho, qual seja, a Rede Multilayer Perceptron, será analisado mais detidamente.. Em seguida traça-se um paralelo entre as técnicas econométricas convencionais e as Redes Neurais Artificiais.*

### **4.1 Introdução**

A avaliação de risco é uma tarefa extremamente importante para a análise e julgamento do crédito. Os modernos instrumentos de informatização têm contribuído significativamente na evolução desse processo sem, contudo, prescindir da participação do elemento humano, pois, a rigor, a verdadeira essência da avaliação de risco está no exercício da sensibilidade, ou seja, na percepção de fatos que possibilitam minimizar os riscos implícitos à concessão de crédito.

Assim, é de vital importância o conhecimento do que há de mais moderno e atual em fundamentos de crédito, visando tornar a sua decisão de crédito mais segura e confiável.

As Redes Neurais Artificiais (RNAs) caracterizam uma das mais avançadas tecnologias de suporte e apoio à decisão. Baseada em simulações matemáticas que se assemelham à lógica de raciocínio humano, as RNAs são obtidas pela modelagem das variáveis relevantes em uma determinada análise.

Para Osório (1999) as RNAs podem ser aplicadas a diferentes tipos de tarefas, tais como: o reconhecimento de padrões (reconhecimento de faces humanas), a classificação (reconhecimento de caracteres – OCR), a transformação de dados (compressão de informações), a previsão (previsão de séries temporais, como as cotações da bolsa de valores, ou também, uso para o diagnóstico médico), o controle de processos e a aproximação de funções (aplicações na área da robótica e estimativas de funções).

Recentemente, estudos envolvendo estimativas de relações econômicas usando RNAs têm procurado estender os benefícios gerados por este tipo de modelagem. Seguindo um processo de aprendizado de dados, as RNAs procuram identificar as relações existentes entre variáveis econômicas.

A ampla capacidade de modelagem apresentada por modelos não-lineares, com vistas a analisar funções econômicas e relações entre as variáveis, tem estimulado, nos últimos anos, inúmeros pesquisadores. Na área de economia, a maioria dos trabalhos desenvolvidos até pouco tempo procurou utilizar os modelos de redes neurais artificiais com o objetivo principal de produzir previsões de séries financeiras.

A arquitetura utilizada pela maioria dos computadores convencionais compreende uma simples unidade de processamento central conectada a uma área de memória. O processador então executa, de forma seqüencial, um programa armazenado na memória.

Ao contrário da arquitetura tradicional de computadores de Von Neumann (um único processador seqüencial e complexo), o cérebro humano possui uma grande quantidade de unidades de processamento altamente interconectadas, os neurônios. O neurônio é uma célula um tanto diferente das outras existentes no corpo humano. Entre outras coisas, ele apresenta a capacidade de transmissão de impulsos nervosos a outros neurônios e células musculares.

Uma rede neural artificial é um modelo matemático cuja grande inspiração é o cérebro humano, cuja estrutura de processamento altamente complexa, não linear e paralela garante a capacidade de armazenar e representar o conhecimento adquirido e de torná-lo acessível.

As redes neurais artificiais são a base para a representação de conhecimento através de redes conexionistas que têm sua essência fortemente ligada à noção de conexão entre neurônios (elementos processadores de informação) que interagem uns com os outros por meio destas ligações. O modelo conexionista possui sua origem numa grande simplificação das estruturas do cérebro humano. O modelo artificial ou simulado possui elementos similares aos neurônios biológicos e às suas conexões, chamadas de sinapses.

Dentre os benefícios da computação neural, pode-se citar (TUBB,1993):

- habilidade de aprender com exemplos: os computadores neurais têm a capacidade de aprender com a experiência, objetivando melhorar seu desempenho e se adaptar a ambientes novos e dinâmicos, diferentemente dos computadores comuns;
- robustez: as redes neurais tem habilidade em lidar com ruídos. Elas são tolerantes à falhas e podem apresentar degradação gradual, ou seja, apesar de alguma falha no sistema, elas continuam a fornecer respostas

adequadas por um bom tempo, o que as diferencia dos computadores convencionais, onde uma falha pode causar prejuízo do sistema como um todo;

- velocidade de processamento: como as redes neurais consistem de um grande número de unidades de processamento operando em paralelo, elas podem operar em velocidades consideráveis em relação aos métodos computacionais comuns.

## **4.2 Analogia Biológica**

No corpo humano, existe uma grande variedade de tipos de neurônios cujas funções ainda não são totalmente conhecidas. Estes neurônios são basicamente constituídos de dendritos, corpo celular (soma) e axônio. Os dendritos são as portas de entrada de impulsos químicos para o neurônio. O corpo celular recebe as entradas provenientes dos dendritos, soma estas entradas seguindo algum modelo e gera um sinal de ativação para o axônio. O axônio é o canal de transmissão do impulso elétrico de saída produzido pelo neurônio. O fluxo de informação dentro de um neurônio ocorre sempre no sentido dos dendritos para o axônio. A representação de um neurônio biológico é ilustrada na Figura 4.1.

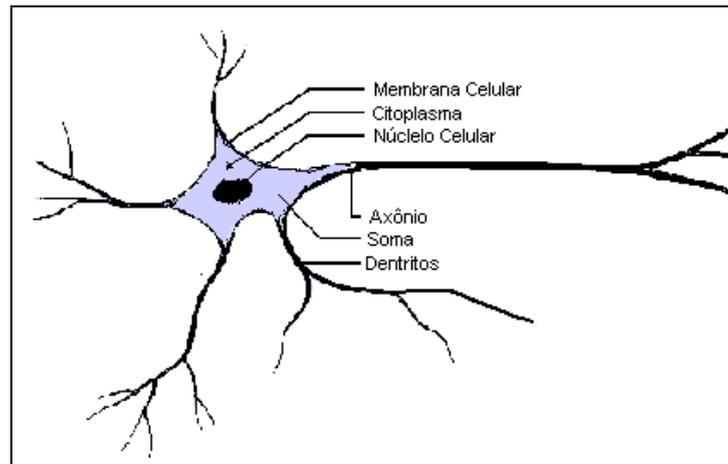


Figura 4.1: Representação de um Neurônio Biológico.

No cérebro humano, os neurônios são altamente conectados através de regiões conhecidas como sinapses. As sinapses não são ligações físicas, mas sim químicas e temporárias, que se dão através de neurotransmissores. A sinapse pode ser inibitória ou excitatória. Uma sinapse excitatória contribui positivamente para a ativação de um neurônio. Por outro lado, uma sinapse inibitória influencia a desativação de um neurônio. Sinapses diferentes possuem diferentes intensidades, que influenciam em escalas maiores ou menores o comportamento de outros neurônios.

Segundo Shepherd & Koch (1990), as sinapses são unidades estruturais e funcionais elementares que medeiam as interações entre os neurônios. O tipo mais comum de sinapse é a sinapse química que opera da seguinte forma: um processo pré-sináptico libera uma substância transmissora que se difunde através da junção sináptica entre neurônios e então age sobre um processo pós-sináptico. Assim, uma sinapse converte um sinal elétrico pré-sináptico em um sinal químico e então de volta em um sinal elétrico pós-sináptico.

O conhecimento de uma rede neural artificial está codificada na estrutura da rede, na qual se destacam as conexões (sinapses) entre as unidades (neurônios) que a compõe. Nestas redes artificiais, obtidas por simulação em computadores, associa-se a cada

conexão um peso sináptico (valor numérico) que caracteriza a força de conexão entre dois neurônios. O aprendizado em uma rede neural artificial é realizado por um processo de adaptação dos seus pesos sinápticos.

O núcleo é o processador do neurônio e recebe os sinais de entrada através dos dendritos e os adiciona de alguma forma. Se o valor resultante estiver acima de um certo limite (threshold, valor limite de excitação ou bias), o neurônio se excita e tende a propagar o estímulo. Caso contrário, ele fica inibido. Os axônios servem como o canal de saída do neurônio, ligando-se aos dendritos de outros neurônios através das sinapses.

A extração de conhecimento pelas redes neurais artificiais se dá através de um conjunto de valores numéricos que descreve as conexões e que, por sua vez, descrevem o comportamento da rede. A modelagem matemática de uma rede neural artificial depende basicamente de seus neurônios, sua arquitetura<sup>2</sup>, seu paradigma<sup>3</sup> e algoritmo de aprendizagem<sup>4</sup>.

### 4.3 Origem e evolução

O começo do estudo das redes neurais artificiais pode ser atribuído a McCulloch e Pitts (1943), por meio da criação do *Psychon*, modelo de neurônio artificial,

---

<sup>2</sup> A arquitetura de uma rede neural diz respeito à maneira pela qual ela é estruturada em termos topológicos.

<sup>3</sup> O paradigma de aprendizagem se refere à maneira pela qual uma rede neural, constituída de um conjunto de neurônios interligados, se relaciona com o ambiente.

<sup>4</sup> Algoritmo de aprendizagem é um conjunto preestabelecido de regras bem definidas para a solução de um problema de aprendizagem.

com uma unidade de processamento simples, cuja proposta não era a de copiar o neurônio biológico, mas sim modelá-lo (BEALE e JACKSON, 1990).

McCulloch e Pitts foram seguidos, alguns anos mais tarde, por D. O. Hebb, cuja metodologia de aprendizado para as RNAs denominada de aprendizado *hebbiano*, estabelecia que se dois neurônios estivessem ativos simultaneamente, a conexão entre eles deveria ser reforçada (HAYKIN, 1994).

O primeiro neuro computador a obter sucesso (*Mark I Perceptron*) surgiu em 1959, criado por Frank Rosenblatt, Charles Wightman e outros. Devido à profundidade de seus estudos, suas contribuições técnicas e de sua maneira moderna de pensar, muitos vêem Rosenblatt como o fundador da neuro computação na forma em que a temos hoje. Seu interesse inicial para a criação do *Perceptron* era o reconhecimento de padrões.

Alguns outros modelos similares ao *Perceptron* foram também desenvolvidos nessa época, como é o caso do *Adaline* (Adaptative Linear Element), criado por Bernard Widrow (1962). Os modelos do tipo *Perceptron*, incluindo o *Adaline*, são baseados no aprendizado supervisionado<sup>5</sup> por correção de erros, uma classe muito importante de RNAs que possui uma larga aplicação na atualidade.

No final da década de 60, os modelos baseados no *Perceptron* receberam uma dura crítica de Minsky e Papert (1969), os quais provaram matematicamente que os modelos de redes neurais baseados no *Perceptron* não eram capazes de aprender uma simples função lógica do tipo “ou-exclusivo” (XOR = Exclusive Or). A função XOR possui um padrão de valores de entrada e de saída cuja associação não podia ser aprendida pelos modelos de redes baseados em *Perceptron* disponíveis naquela época. A publicação deste livro abalou profundamente as pesquisas realizadas nesta área de estudos e, em virtude das

---

<sup>5</sup> No aprendizado supervisionado é apresentado à rede, na fase de treinamento, um conjunto de entradas acompanhadas de suas respectivas saídas.

críticas feitas e da falta de uma solução prática para os problemas apresentados, as redes neurais ficaram “esquecidas” por certo tempo.

Segundo Braga, Ludermir e Carvalho (2000), somente na década de 80 surgiram novos modelos que deram um novo impulso às redes neurais, notadamente o desenvolvimento por Hopfield (1982). O modelo que Hopfield criou era baseado em um tipo de rede diferente dos modelos baseados no *Perceptron*, sendo uma rede com conexões recorrentes e com um comportamento baseado na competição entre os neurônios, onde o aprendizado era não supervisionado. Outros modelos similares ao modelo de Hopfield surgiram pouco depois, dentre os quais podem ser citados, por exemplo, a máquina de Boltzmann e o BAM (Binary Associative Memory).

A década de 80 ficou também marcada profundamente pelo reaparecimento das redes baseadas em *Perceptron*. É nesta época que o interesse pelo uso das redes neurais ressurgiu devido também à superação de algumas dificuldades, entre elas:

- A evolução dos computadores em relação às décadas de 50 e 60, possibilitando o processamento de um número muito maior de simulações e experimentos nunca realizados antes;
- A grande aceitação do modelo de computação paralela nos computadores mais rápidos, além da facilidade de construção e de algoritmos para esse;
- O aumento da base empírica da neurociência, facilitando a compreensão do funcionamento das redes neurais biológicas e dos próprios neurônios (RUMELHART, 1994).

Outro obstáculo superado deveu-se ao desenvolvimento de modelos matemáticos que resolveram o problema apontado por Minsky e Papert. Também se pode associar, em parte, este renascimento das redes neurais ao suposto desencanto com a

Inteligência Artificial clássica. O modelo que permitiu o ressurgimento das redes baseadas em *Perceptrons* foi o das redes multinível, onde o novo algoritmo de aprendizado chamado *backpropagation* resolveu, em grande parte, os problemas de aprendizado existentes até então (RUMELHART, HILTON e WILLIAMS, 1986). Este algoritmo, o *backpropagation*, permitia realizar o aprendizado por correção de erros em uma rede com múltiplas camadas (níveis) e, conseqüentemente, resolveria o problema do XOR.

A partir da revolução dos estudos sobre redes neurais dos anos 80, sua aplicação tem crescido, seja pelas promissoras inovações em sua modelagem, seja pelas condições tecnológicas atuais que permitem desenvolver arrojadas implementações de arquiteturas neurais paralelas em hardwares dedicados, obtendo, assim, ótimas performances destes sistemas (bastante superiores aos sistemas convencionais).

#### **4.4 Neurônios artificiais**

As redes neurais artificiais foram propostas para resolver problemas em que os seres humanos alcançam boa performance e que não têm sido eficientemente resolvidos pelos computadores tradicionais. As RNAs têm sido largamente utilizadas em problemas práticos devido a algumas características provenientes de sua inspiração original, o cérebro humano. Entre estas características, as principais são (HAYKIN, 1999):

- Não linearidade: um neurônio é um dispositivo não linear;

- Mapeamento de entradas e saídas: habilidade de mapeamento de um conjunto de entradas para um conjunto de saídas;
- Adaptabilidade: uma RNA é treinada para atuar em um ambiente e pode ser facilmente adaptada para abranger mudanças ocorridas nesse ambiente;
- Tolerância à falhas: uma RNA é capaz de funcionar mesmo que alguns neurônios ou conexões sejam perdidos ou danificados.

Segundo Kóvacs (1996) e Braga, Ludermir e Carvalho (2000), as redes conexionistas são formadas por um conjunto de unidades elementares de processamento de informações fortemente conectadas, que se denominam neurônios artificiais. Uma RNA é constituída por um grafo orientado e ponderado. Os nós deste grafo são autômatos simples, os chamados neurônios artificiais, que formam, por meio de suas conexões, um autômato mais complexo, a rede neural, também conhecida como rede conexionista.

Cada unidade da rede é dotada de um estado interno, que se denomina estado de ativação. As unidades podem propagar seu estado de ativação para as outras unidades do grafo, passando pelos arcos ponderados, que chamamos de conexões, ligações sinápticas ou simplesmente de pesos sinápticos. A regra que determina a ativação de um neurônio em função da influência vinda de suas entradas, ponderadas pelos seus respectivos pesos, chama-se regra de ativação ou função de ativação.

Em muitos casos e dependendo do problema para o qual são utilizadas, o desempenho das redes neurais têm se mostrado bastante superior aos métodos estatísticos usados para o mesmo fim. Falas (1995) e Subramanian et al. (1993), fizeram um estudo onde compararam as Redes Neurais com alguns métodos estatísticos de classificação. A conclusão a que chegaram é que, em todas as circunstâncias, incluindo tamanhos de amostras pequenos e funções mais complexas, as Redes Neurais apresentaram soluções bastante superiores.

Existe uma grande variedade de modelos de neurônios propostos e estudados. As diferenças básicas entre esses modelos concentram-se no tipo de entrada (binária ou contínua), tipo de saída e função de ativação (HAYKIN, 1999).

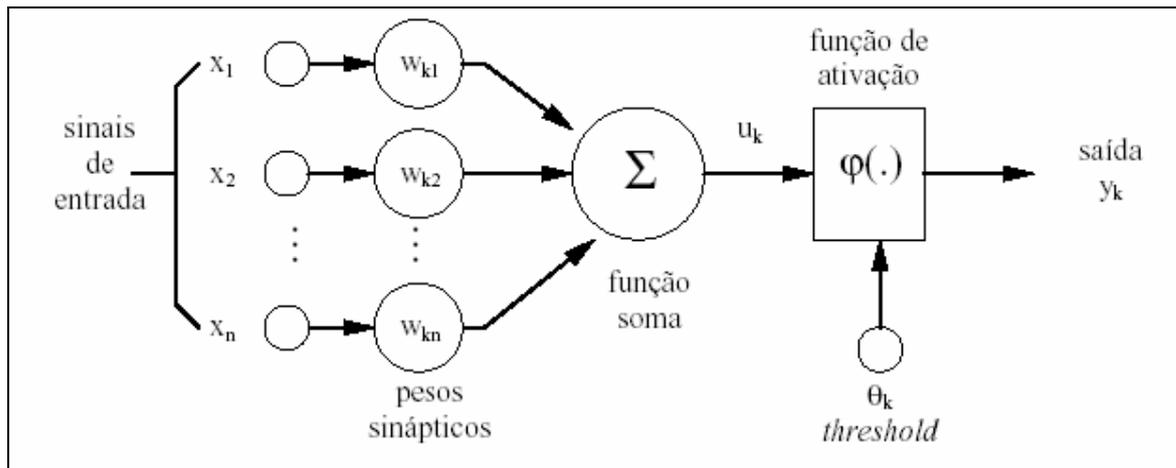


Figura 4.2: Modelo não linear de um neurônio artificial (HAYKIN, 1994).

A Figura 4.2 mostra o modelo geral de um neurônio artificial (NA), sendo que cada NA é numerado e indexado por  $k$ . As sinapses são caracterizadas por um peso  $w$ , representando sua intensidade. O papel do peso  $w_{kj}$  é multiplicar o sinal  $x_j$  na entrada da sinapse  $j$ , conectada a um neurônio artificial  $k$ . Uma função específica chamada de função de soma, simulando a captação do estímulo presente nos dendritos, acumula de maneira ponderada através dos pesos  $w_{kj}$ , os dados recebidos das entradas do neurônio.

O estado de ativação dos neurônios é definido através da função de ativação e representa a situação destes neurônios dentro da RNA. O estado de ativação de um neurônio pode assumir valores binários (0 para inativo e 1 para ativo), bipolares (-1 e 1) ou valores reais nos intervalos 0 a 1 ou -1 a 1.

A função de ativação é calculada a partir de um somatório envolvendo os estímulos de entrada de um neurônio e a intensidade das sinapses associadas a cada uma destas entradas, gerando um estado de ativação. Os estímulos de entrada de um neurônio são representados através de um vetor de entrada  $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ , e a intensidade da sinapse através de um vetor de pesos  $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ . Os estímulos de entrada do neurônio são ponderados pelo vetor de pesos através da Equação 4.1.

$$u_k = \sum_{j=1}^n w_{kj} \cdot x_j - \theta_k \quad (4.1)$$

O valor  $\theta_k$  é conhecido como *threshold*, valor limite de excitação ou *bias* do neurônio e tem um papel determinante na saída do neurônio. O valor desta ponderação é submetido à função de ativação  $\varphi(\cdot)$ . Existe uma grande variedade de funções de ativação. As principais funções são ilustradas na Figura 4.3.

|  |  |
|--|--|
| $\varphi(u) = \begin{cases} 0, & \text{se } u < \theta \\ 1, & \text{se } u \geq \theta \end{cases}$ <p>(a) Função <i>threshold</i> unipolar</p>                                 | $\varphi(u) = u$ <p>(b) Função linear</p>                                |
| $\varphi(u) = \begin{cases} -1, & \text{se } u < \theta \\ u(t), & \text{se }  u  \leq 1 \\ 1, & \text{se } u \geq \theta \end{cases}$ <p>(c) Função <i>piecewise</i> linear</p> | $\varphi(u) = \frac{1}{1 + e^{-u}}$ <p>(d) Função sigmóide logística</p> |

Figura 4.3: Funções de ativação usuais.

As mudanças realizadas nos valores dos pesos sinápticos ou na estrutura de interconexão das unidades de uma rede são responsáveis pelas alterações no comportamento

de ativação desta rede. Estas alterações nas conexões e na estrutura da rede permitem realizar o aprendizado de um novo comportamento.

A função de saída de um neurônio, dada pela Equação 4.2, é computada sobre o valor da função de ativação.

$$y_k = \varphi\left(\sum_{j=1}^n w_{kj} \cdot x_j - \theta_k\right) \quad (4.2)$$

Cada conexão de um neurônio possui um peso associado e pode ser classificada em três tipos distintos:

- Excitatória:  $w_j > 0$ ;
- Inibitória:  $w_j < 0$ ;
- Inexistente:  $w_j = 0$ .

Conseguido o valor da soma ponderada, a função de transferência do neurônio artificial utiliza o limiar  $\theta_k$  para determinar a sua ativação ou não em  $y_k$  :

$$y_k = \varphi(u_k) = \begin{cases} 1 & \text{se } \sum_{j=1}^n w_{kj} \cdot x_j > \theta_k \\ 0 & \text{se } \sum_{j=1}^n w_{kj} \cdot x_j \leq \theta_k \end{cases} \quad (4.3)$$

Assim, a saída do neurônio será 1 somente se a soma ponderada for maior que  $\theta_k$ , podendo  $\theta_k$  ser comparado, por analogia, com o limiar de ativação do neurônio biológico.

## 4.5 Arquitetura de uma RNA

A arquitetura ou topologia de uma RNA define a forma como seus neurônios estão organizados. Existem vários tipos de arquiteturas que se distinguem umas das outras em função do número de camadas e dos arranjos das conexões. A topologia irá afetar o desempenho da rede, assim como as aplicações para as quais ela é desejada, e sua estrutura está intimamente ligada ao algoritmo de aprendizado usado para a fase de treinamento. Algumas redes permitem que as conexões caminhem tanto no sentido entrada-saída, quanto saída-entrada. Outras permitem que os neurônios da mesma camada estejam conectados. Ainda há as que permitem que o neurônio envie sinais de volta para ele mesmo.

De uma maneira genérica, as RNAs possuem uma camada de entrada, zero ou mais camadas intermediárias ou escondidas e uma camada de saída. A camada de entrada é utilizada para captar estímulos externos e repassá-los para a camada intermediária. A camada de saída apenas retrata o resultado produzido pela RNA em resposta a uma dada entrada. Entre as camadas de entrada e saída pode haver uma ou mais camadas intermediárias cujas saídas dos neurônios não são acessadas por procedimentos externos à RNA.

A Figura 4.4 traz a representação de uma rede neural com duas camadas intermediárias (ocultas).

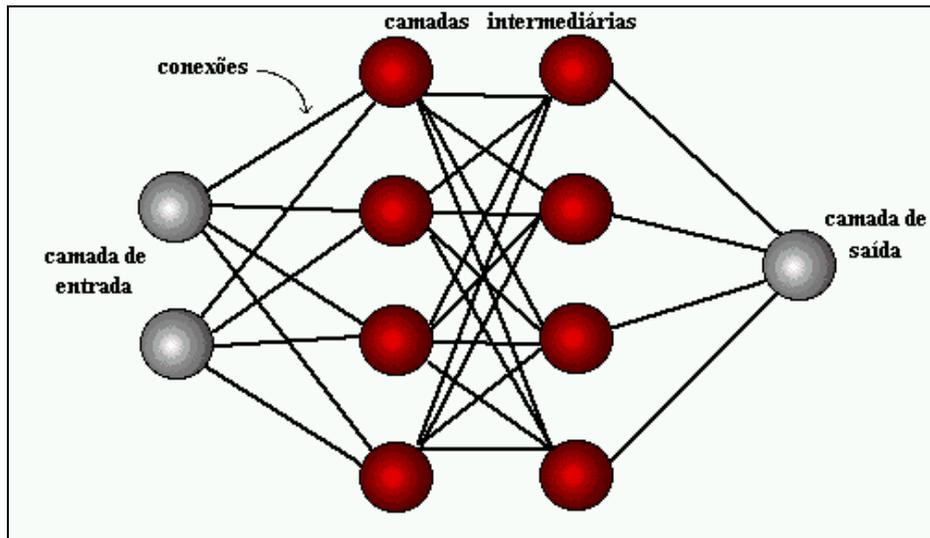


Figura 4.4: Modelo de Rede Neural Artificial

Entre as RNAs sem camadas intermediárias, os principais exemplos são o *Single Layered Perceptron* e o ADALINE. As principais RNAs com uma ou mais camadas intermediárias são as redes MultLayered Perceptron (HAYKIN, 1999).

#### 4.6 Treinamento

Procurando simular sistemas biológicos, a rede neural também procura reproduzir a capacidade de "aprender". Haykin (1994) define o termo aprendizado, dentro do contexto das redes neurais artificiais como um processo pelo qual os parâmetros livres de uma rede neural são adaptados através de um processo contínuo de estimulação do ambiente no qual a rede está inserida.:

Havendo um processo de aprendizado, deve haver, portanto, um procedimento para ensinar. E é exatamente pela estimulação que a rede neural é "treinada" para reter conhecimento em suas conexões.

Uma das características mais interessantes de uma RNA é a sua habilidade de "aprender" a partir do seu ambiente e melhorar seu desempenho ao longo do tempo. Esta aprendizagem ocorre através de um processo iterativo de ajustes aplicados aos pesos sinápticos e *thresholds*. Idealmente, a RNA sabe mais sobre seu ambiente após cada interação. O ajuste iterativo dos pesos e *thresholds* é realizado através de um algoritmo de aprendizado segundo algum paradigma de aprendizado.

#### **4.6.1 Paradigmas e Algoritmos de Aprendizado**

Segundo Carvalho et al. (1998), denomina-se algoritmo de aprendizado a um conjunto de regras bem definidas para a solução de um problema de aprendizado. Existem vários tipos de algoritmos de aprendizado, que são específicos para determinados modelos de redes neurais e que diferem entre si, principalmente, pela forma com que os pesos são atualizados. O aprendizado da rede neural é realizado através de um processo iterativo de ajuste aplicado às conexões (pesos) e aos limiares dos seus neurônios.

Essa definição do processo de aprendizado, sustentada por Haykin (1994), implica na seguinte seqüência de eventos:

- A rede neural é estimulada por um ambiente;

- A rede neural se modifica como resultado da estimulação;
- A rede neural responde de uma nova forma ao ambiente devido às mudanças ocorridas em sua estrutura interna.

Os paradigmas de aprendizado, por sua vez, definem a maneira como a rede se relaciona com o ambiente e se dividem em três grupos principais:

- 
- Supervisionado;
- Não supervisionado;
- Híbrido.

Para o aprendizado supervisionado, apresenta-se à rede, na fase de treinamento, um conjunto de entradas acompanhadas de suas respectivas saídas. Por este método, são apresentados exemplos de comportamento à rede, isto é, para um estímulo  $x_i$  deve haver uma saída  $y_i^d$ , onde o índice  $d$  refere-se à saída desejada. Os exemplos devem ser repassados à rede até que a rede aprenda o comportamento correto, ou seja, até que as diferenças  $|y_i^d - y_i|$  para todos os  $i = 1, 2, \dots, n$  sejam mínimas (KOVÁCS, 1997).

No aprendizado não supervisionado, a rede aprende sozinha, sem uma mensagem de erro externa, ou seja, não há supervisão externa. É necessário que entradas parecidas sejam apresentadas à rede, para que esta possa extrair características estatisticamente relevantes e criar classes de maneira automática.

O aprendizado híbrido, por sua vez, consiste de uma combinação dos aprendizados supervisionado e não supervisionado. Um exemplo é o aprendizado por reforço, onde a rede aprende de seu próprio ambiente, a partir dos dados de entrada. A única informação externa que a rede recebe é a indicação de que a resposta fornecida está correta ou não.

O estado de ativação na saída da rede é modificado, no aprendizado supervisionado, em resposta a uma certa configuração de entradas. Portanto, a rede é capaz de estabelecer associações de entrada-saída (estímulo e resposta) a fim de se adaptar a uma situação proposta. No caso de uma rede com aprendizado supervisionado, a rede deve adaptar os seus pesos de maneira a passar a responder de acordo com o exemplo dado, ou seja, gerando na sua saída um estado de ativação compatível para com o esperado. O método utilizado para modificar o comportamento de uma rede é denominado de regra de aprendizado.

#### 4.7 A Rede Multilayer Perceptron (MLP)

As redes *perceptron* constituídas de apenas duas camadas (uma de entrada e outra de saída) só conseguem classificar padrões que sejam linearmente separáveis<sup>6</sup>. Diante deste problema, uma possível aproximação seria usar vários *perceptrons*, cada um sendo empregado para distinguir seções linearmente separáveis da entrada e então combinando suas saídas em outro *perceptron*, que poderia produzir uma indicação final da classe a que aquela entrada pertence (BEALE e JACKSON, 1990).

A nova rede arranja as unidades *perceptron* em camadas e o novo modelo passa a ser chamado ***multilayer perceptron***. O novo modelo de rede passa a contar com uma ou mais camadas de neurônios intermediárias. Na Figura 4.5 é representada uma rede

---

<sup>6</sup> Padrões que se encontram em lados opostos de um hiperplano.

multilayer perceptron com três camadas (uma intermediária) de topologia 4-7-1 (vetor de entrada com quatro elementos, sete neurônios na camada intermediária e saída única).

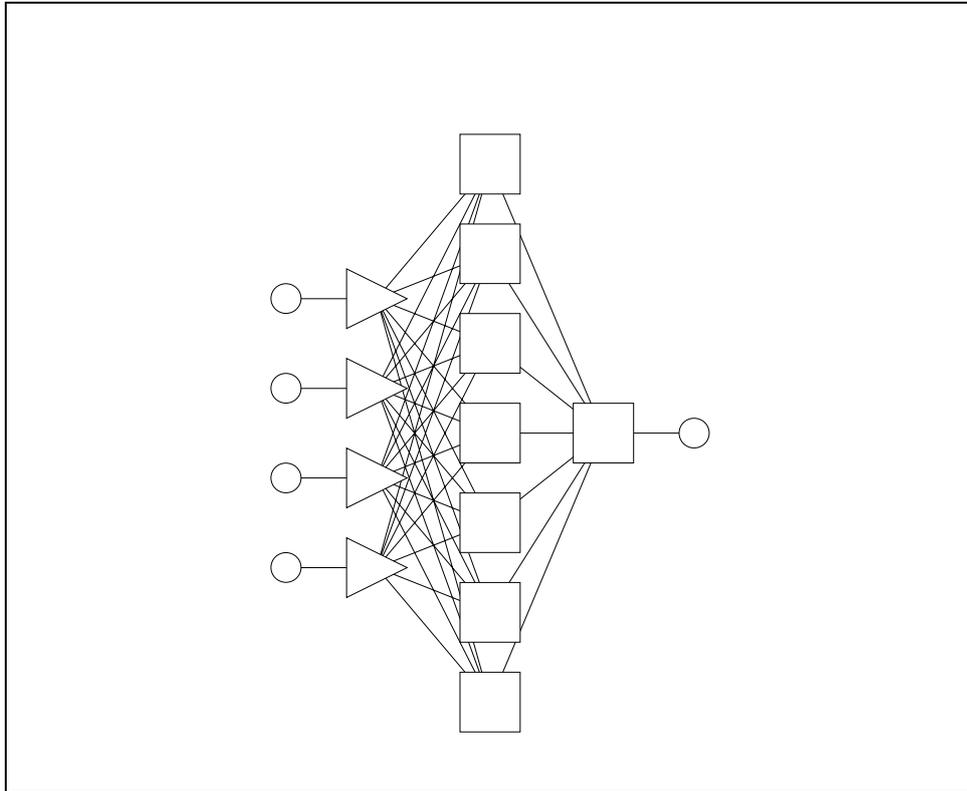


Figura 4.5: Topologia de uma rede multilayer perceptron com uma camada intermediária.

#### 4.7.1 Algoritmo de Aprendizado para uma Rede MLP

O algoritmo de aprendizado consiste de um conjunto de regras bem definidas para resolver um problema de aprendizagem. A regra de aprendizado utilizada para treinar uma rede *multilayer perceptron* é denominada Regra Delta Generalizada ou, mais comumente, *backpropagation*. Quando um padrão é apresentado à rede pela primeira vez, esta produz uma saída aleatória. A diferença entre esta saída e a desejada constitui o erro. A

intenção do trabalho de treinamento é buscar cada vez mais diminuir o valor deste erro. Para tal intuito, o valor dos pesos deve ser ajustado a cada nova iteração.

Na regra *backpropagation* os pesos da camada de saída são os primeiros a serem ajustados e, posteriormente, os pesos das demais camadas, de trás para frente (daí o nome da regra). Seja  $E_p$  a função erro para o padrão  $p$ ,  $d_{pk}$  o valor da saída desejado (para o padrão  $p$  e o nó  $k$ ),  $s_{pk}$  o valor da saída obtido e  $w_{ik}$ , o peso do nó  $i$  para o nó  $k$ . Então, a função  $E_p$  pode ser dada por:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \sum_j (d_{pj} - s_{pj})^2 \quad (4.4)$$

A atualização dos pesos se dá pela adição de um termo de variação ( $\Delta w_{ij}$ ), ou seja, para um peso  $w_{ij}$ , o seu peso atualizado vai ser dado por:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij} \quad (4.5)$$

onde:

$$\Delta w_{ij} = \eta \cdot x_i \cdot s_j \cdot (1 - s_j) \cdot \delta_j \quad (4.6)$$

$$\delta_j = (d_j - s_j), \text{ para a última camada;} \quad (4.7a)$$

$$\delta_j = \sum w_{jk} \cdot \delta_k, \text{ para camadas intermediárias.} \quad (4.7b)$$

A variável  $\eta$  é denominada taxa de aprendizado. Seu valor vai determinar o quão suavemente se dará a atualização dos pesos. Se  $\eta$  for grande, o valor de  $\Delta w_{ij}$  será grande e, conseqüentemente, os pesos sofrerão uma alteração mais brusca.

Uma outra variável, que pode ser incluída na atualização de pesos, é o momentum ( $\alpha$ ). Este novo termo pode aumentar a velocidade do aprendizado e tem por característica acelerar o treinamento em regiões planas da superfície de erro. Com a adição do momentum,  $\Delta w_{ij}$  passa a ser dado por:

$$w_{ij}(t+1) = \eta \cdot x_i \cdot s_j(1 - s_j) \cdot \delta_j + \alpha \cdot [w_{ij}(t) - w_{ij}(t-1)] \quad (4.8)$$

A atualização de pesos pode se dar de duas maneiras: por padrão ou por ciclo. Na primeira, os pesos são atualizados após a apresentação de cada padrão. Na segunda, os pesos são atualizados após a apresentação de todos os padrões. A maneira a ser utilizada depende da aplicação. Se o conjunto de dados é grande e redundante (poucos padrões e muitas entradas, por exemplo), a primeira é melhor. Caso contrário, quando o conjunto apresenta muitos padrões a serem classificados, é melhor utilizar a atualização por ciclo.

Finalmente, as Figuras 4.6 e 4.7 mostram diagramas esquemáticos dos algoritmos de treinamento e teste de uma rede Multilayer Perceptron (MLP).

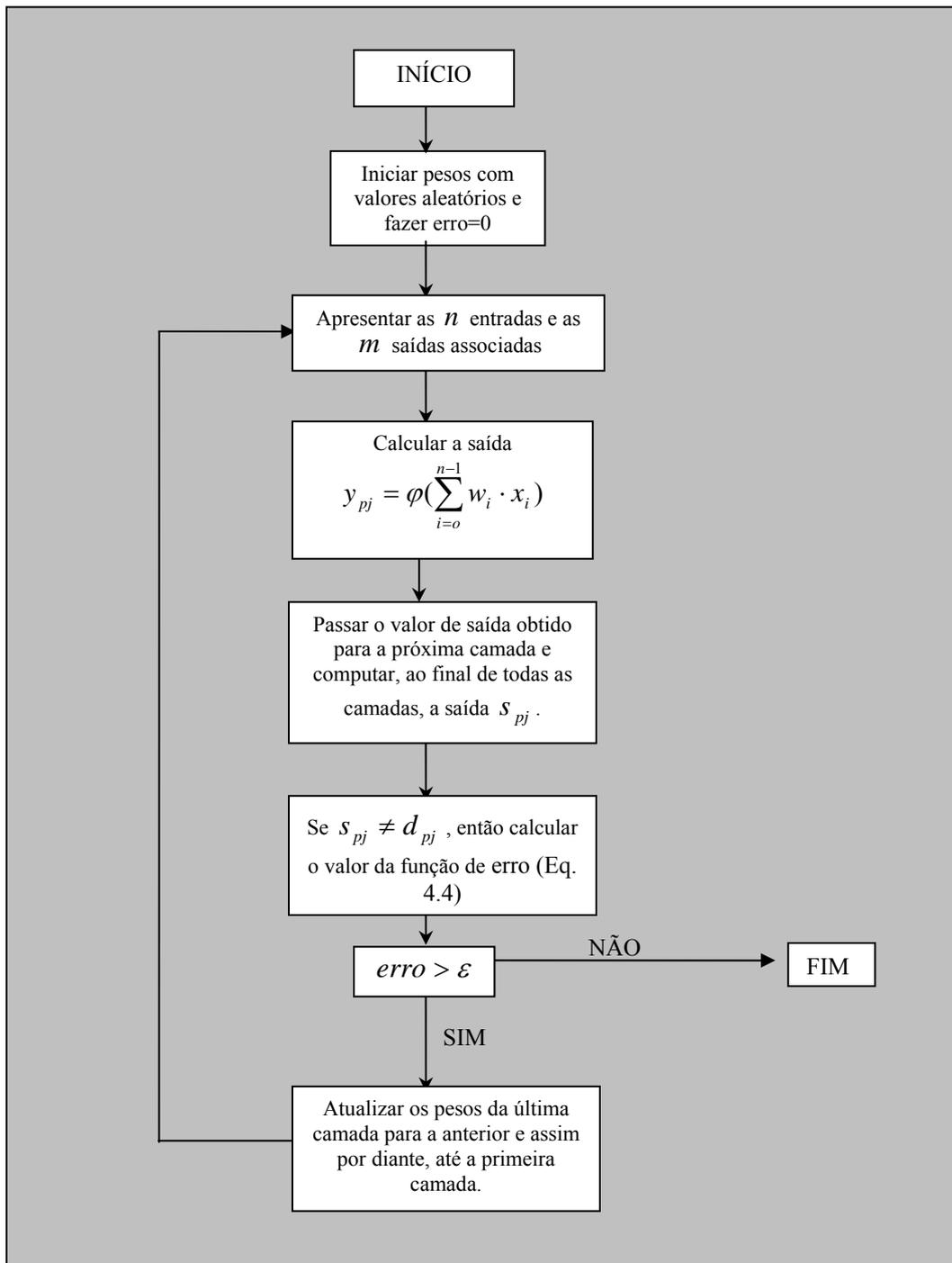


Figura 4.6: Diagrama esquemático do treinamento de uma rede MLP

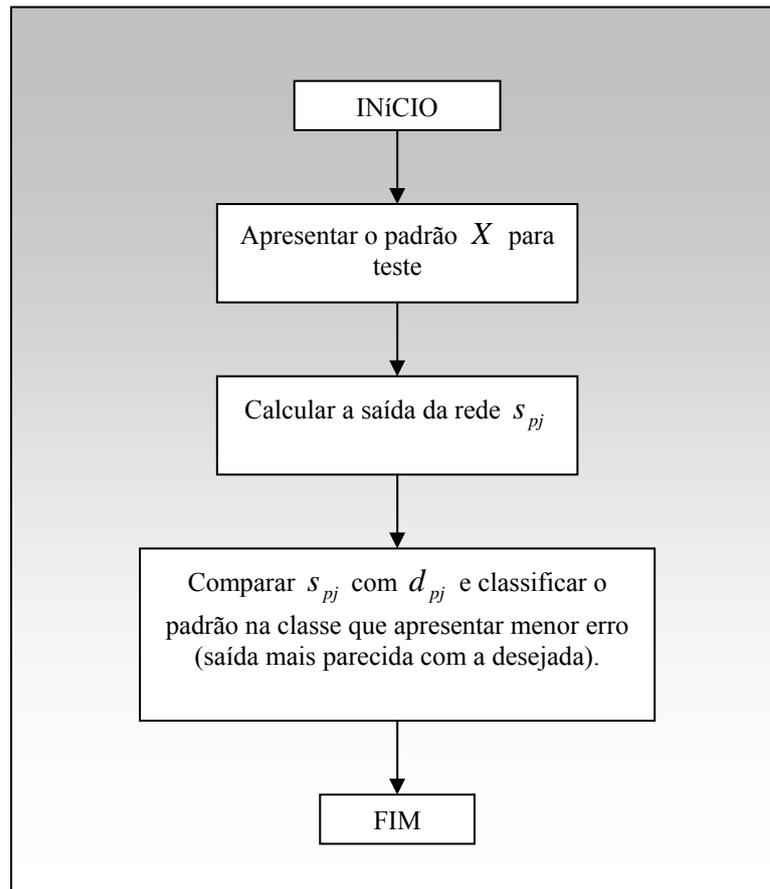


Figura 4.7: Diagrama esquemático da fase de teste de uma rede MLP.

#### 4.8 Redes Neurais Artificiais x Mínimos Quadrados Não-lineares

A grande vantagem na utilização de RNA está na flexibilidade da especificação não-linear a ser utilizada. Na estimação por mínimos quadrados não lineares, deve-se, primeiramente, especificar uma certa forma funcional  $f(x, \beta)$  para então obter as estimativas do vetor de parâmetros  $\beta$ . Em outras palavras, o que se deseja é obter o membro da família de funções  $f(x, \beta)$  que fornece o melhor ajuste aos dados. Utilizando-se RNA, ganha-se muito, em termos de flexibilidade, na especificação da família de funções  $f(x, \beta)$ , conhecida neste contexto como função de saída da rede. Em uma RNA, a busca da forma

funcional mais adequada para  $f(x, \beta)$  pode ser feita simplesmente por meio da variação no número de camadas ocultas da rede e do número de neurônios alocados em cada camada.

A saída de uma RNA é função das entradas da rede e dos diversos pesos. Pode-se escrever resumidamente  $f(x, \beta)$ , onde  $x$  representa o vetor de entradas e  $\beta$  é o vetor que representa os pesos  $w's$ . A função  $f$  pode ser chamada de “função de saída da rede”, e sua forma vai depender da arquitetura usada na rede. Neste sentido, pode-se dizer que a procura por uma arquitetura ótima para uma RNA resume-se à procura da forma funcional  $f$  apropriada. Existem então duas questões a resolver: a escolha da forma funcional  $f$ , que está associada à arquitetura da rede, isto é, ao número de camadas e ao número de neurônios em cada camada, e a estimação do vetor de parâmetros  $\beta$ , que é feita pela utilização do método de retropropagação (*backpropagation*).

Considere agora o problema econométrico usual de estimar-se uma regressão não-linear, a expressão  $f(x, \beta)$ , na qual  $x$  é o vetor de variáveis exógenas e  $\beta$  é o vetor de parâmetros, representa uma família de curvas cuja forma funcional é definida a priori, e o problema consiste em obter-se o estimador  $\hat{\beta}$  ótimo, isto é, aquele que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos. Em outras palavras, o problema consiste em obter um membro específico desta família de curvas  $f(x, \hat{\beta})$ , que apresenta o melhor ajuste aos dados.

Em White (1992), é mostrado que o estimador de mínimos quadrados não-lineares ( $\hat{\beta}$ ) tende assintoticamente para os pesos ótimos aprendidos pela RNA ( $\beta^*$ ). É neste sentido que pode-se afirmar que a grande novidade introduzida pelas RNAs consiste em focalizar a atenção na forma funcional  $f$ . As RNAs têm se mostrado extremamente úteis na resolução de problemas de reconhecimento de padrões, classificação, previsão, entre outros, pois elas possuem a propriedade de serem “aproximações universais”. Vale dizer,

uma RNA, com um número suficiente de neurônios na camada oculta e uma função de ativação tipo logística, consegue aproximar, com o grau de precisão desejado, qualquer mapa de um espaço dimensional finito em um outro espaço dimensional finito qualquer.

## 5. METODOLOGIA

---

*Neste capítulo serão explicados os procedimentos adotados para o desenvolvimento da verificação empírica da adequabilidade das redes neurais para a modelagem do comportamento da inadimplência com base em flutuações de variáveis macroeconômicas selecionadas. Serão descritas, ainda, as variáveis e fontes de dados utilizadas.*

A metodologia empregada nesta pesquisa foi desenvolvida com o foco voltado para o objetivo precípuo de verificar se as redes neurais artificiais são passíveis de adoção na modelagem do comportamento dos níveis de inadimplência em face das flutuações macroeconômicas.

Pode-se dividir as causas dos níveis de inadimplência – face mais notada e relevante do risco de crédito - em dois grandes grupos: fatores microeconômicos ou indiossocráticos, afetos ao comportamento individual de cada instituição financeira e de seus tomadores de recursos; e fatores macroeconômicos que influenciam o estado da economia de um modo geral, alterando os parâmetros econômicos relevantes para a análise do crédito bancário.

No Brasil, instituições financeiras concedem crédito, fundamentalmente, por meio da análise de dados contábeis e de relacionamento bancário dos tomadores. Observa-se, portanto, que as instituições financeiras, de certo modo, enfatizam os fatores microeconômicos em detrimento dos fatores macroeconômicos quando da concessão do crédito. A literatura econômica, como decorrência, tem sido pródiga em revelar pesquisas

que se ocupam do estudo da inadimplência a partir de modelos de previsão de solvência. Grande parte dos trabalhos baseia-se na técnica estatística da análise discriminante que tem pontuado, desde a década de 1970, diversos estudos [por exemplo, (Altman, Baydia e Ribeiro, 1977); (Kanitz, 1978), (Kasznar, 1978); (Santos, 1996)].

Encontram-se poucos estudos, entretanto, que incorporem variáveis explicativas macroeconômicas à modelagem do comportamento da inadimplência. Não obstante, Chu (2001), propôs um modelo econométrico com o propósito de investigar os principais fatores macroeconômicos que explicam ou antecipam a inadimplência bancária.

Em seu trabalho, Chu definiu a inadimplência como o total das despesas com créditos em liquidação – despesa de provisão dos devedores duvidosos ajustado aos estornos e recuperações. O modelo mostrou-se adequado para a mensuração da inadimplência bancária a partir da seleção de cinco variáveis macroeconômicas explicativas, a saber:

- Desemprego – taxa mensal de desemprego aberto do IBGE;
- Produto – utilizou-se o Índice de Produção Industrial Mensal do IBGE;
- Selic – correspondendo a um mais a taxa diária média capitalizada das operações Selic convertidas em taxas mensais;
- Spread – corresponde a um mais a taxa do spread mensal obtido nas Notas para Imprensa de Juros e Spread Bancário do Banco Central;
- Compulsório – correspondendo ao percentual dos recolhimentos compulsórios exigidos relativamente aos depósitos à vista pelo Banco Central;

Para este trabalho procurou-se comparar empiricamente a acurácia das redes neurais com a do modelo proposto por Chu, partindo do pressuposto que as variáveis macroeconômicas selecionadas pudessem servir para explicar os saldos em atraso de sete

diferentes classes de créditos concedidos a pessoas jurídicas: Aquisição de Bens (AB), Capital de Giro (CaG), Conta Garantida (CoG), Desconto de Duplicatas (DD), Hot Money (HM), Nota Promissória (NP) e Vendor (V).

O modelo econométrico proposto por Chu foi apresentado como parte integrante de estudo de avaliação de 2 anos do projeto Juros e Spread Bancário do Banco Central do Brasil (2001) e segue a Equação 5.1:

$$\begin{aligned} \Delta \ln ad_t = & \sum_{i=1}^n \xi_i \Delta \ln ad_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_i \Delta \ln spread_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_i \Delta \ln ind_{t-i} + \\ & + \sum_{i=0}^n \omega_i \Delta \ln des em_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_i \Delta \ln selic_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_i \Delta \ln comp_{t-i} + \delta TCE_{t-1} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Onde:

- $\ln ad$  – logaritmo das despesas de inadimplência bancária;
- $\ln spread$  – logaritmo de (um mais) o spread bancário divulgado na Nota de Imprensa dos Juros e Spread Bancário do Banco Central;
- $\ln ind$  – logaritmo do Índice de Produção Industrial do IBGE;
- $\ln des em$  – logaritmo do Índice Mensal de Desemprego do IBGE;
- $\ln selic$  – logaritmo de (um mais) a taxa diária média capitalizada das operações Selic e expressa em taxas mensais;
- $\ln comp$  – logaritmo da taxa média mensal do compulsório informado pelo Banco Central;
- TCE – variável que expressa o termo de correção de erros;
- $\Delta$  – é o operador de primeiras diferenças;
- $\xi_i, \alpha_i, \beta_i, \omega_i, \theta_i, \lambda_i$  e  $\delta$  - são os coeficientes da regressão a estimar;

O termo de correção de erros – TCE – busca ajustar a distância existente entre a inadimplência bancária no período corrente e seu valor de equilíbrio de longo prazo, observado pela combinação linear das variáveis explicativas do modelo e é dado por:

$$TCE_t = lsaldo_t + \gamma_1 lspread_t - \gamma_2 lind_t - \gamma_3 ldesem_t - \gamma_4 lselic_t - \gamma_5 lcomp_t + \gamma_5 Tend_t + constante \quad (5.2)$$

Onde:

- Tend - é uma variável de tendência linear;
- $\gamma_i$  - são os coeficientes da combinação linear (arbitrariamente escolhidos);

As variáveis foram manipuladas por meio do operador de primeiras diferenças  $\Delta$ , dado ter-se verificado que as variáveis utilizadas estavam sujeitas à não estacionariedade. Foram escolhidas variáveis co-integradas como componentes do termo de correção de erros para garantir sua estacionariedade.

Para o presente estudo, os dados disponíveis compreendem o período entre maio de 2000, quando os saldos de operações em atraso por modalidade de crédito passam a ser divulgados pelo BACEN, e agosto de 2002. Desta maneira, o trabalho foi desenvolvido a partir de 28 observações para cada uma das sete modalidades de crédito a pessoas jurídicas. Observou-se o comportamento dos saldos em atraso a mais de 90 dias para cada classe de crédito.

O período de estudo é posterior, portanto, à alteração da metodologia de mensuração do nível de inadimplência decorrente da Resolução CMN nº 2.682, de 21 de

dezembro de 1999. Essa Resolução, como anteriormente discutido, estabeleceu que as instituições financeiras deveriam classificar seus créditos segundo o grau de risco em nove categorias, deixando de segregar, contabilmente, os créditos normais dos créditos em atraso e dos créditos em liquidação.

Estabelecido o propósito de efetuar estudos empíricos para verificação da adequabilidade da utilização de redes neurais, houve a necessidade de se identificar as fontes de dados necessárias. O modelo econométrico apropriado já trazia indicações de fontes para os dados concernentes às variáveis explicativas. Foram consultadas, então, as bases de dados do Banco Central do Brasil ([www.bc.gov.br](http://www.bc.gov.br)), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)) e do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA ([www.ipeadata.com.br](http://www.ipeadata.com.br)).

O pequeno número de observações disponíveis remeteu para a preocupação com o problema da *micronumerosidade*, termo cunhado por Goldberger (1991), que quer dizer simplesmente amostra pequena. A *micronumerosidade* exata ocorre quando  $n$ , o tamanho da amostra, é zero, caso no qual nenhum tipo de estimação é possível. Quando o número de observações é minimamente superior ao número de parâmetros a serem estimados tem-se a quase *micronumerosidade*.

Goldberger aponta que análises embasadas em amostras muito pequenas padecem dos mesmos males dos estudos em presença de multicolinearidade. O modelo econométrico proposto por Chu (Equação 5.1), ao utilizar a forma de primeiras diferenças, buscava garantir a estacionariedade da série temporal. Gujarati (1999) sugere que a regressão de primeira diferença traz uma vantagem secundária ao reduzir a gravidade da multicolinearidade porque, embora as variáveis independentes possam estar correlacionadas, não há motivo a priori para acreditar que suas diferenças também estejam correlacionadas.

Desta feita, pode-se supor que, a princípio, Chu não buscou uma investigação mais detida acerca de indícios de multicolinearidade. Decerto que não houve, ademais, a preocupação com o fenômeno subjacente da micronumerosidade dado que seu estudo utilizou dados mensais para o período de julho de 1994 a agosto de 2000, o que representa 74 observações.

Para o presente estudo, entretanto, o problema da micronumerosidade foi acompanhado com atenção, tendo motivado, inclusive, a forma funcional alternativa com apenas uma defasagem para as variáveis explicativas.

Sendo  $i$  o número de defasagens utilizadas, ter-se-ia  $6 \cdot i + 6$  variáveis explicativas no modelo. Não se podia, portanto, replicar o modelo de Chu (Equação 5.1), que se valeu de 5 defasagens, porque isto implicaria na utilização de 30 variáveis explicativas, número superior à quantidade de observações disponíveis.

Como, para este trabalho, dispunha-se de 28 observações, seria, a princípio, possível utilizar um modelo com 2 defasagens (18 variáveis explicativas). Optou-se, entretanto, por utilizar apenas uma defasagem, de modo a que se pudesse testar a hipótese nula de ausência de heterocedasticidade dos resíduos por meio do teste geral de White (sem termos cruzados), que requer  $2 \cdot k$  variáveis explicativas na regressão auxiliar, sendo  $k$  o número de variáveis independentes do modelo original. O teste geral de White não poderia ser implementado caso se optasse por 2 defasagens dado que seria necessário construir uma regressão auxiliar com  $2 \cdot 18 = 36$  variáveis independentes.

Decerto que a diminuição do número de defasagens poderia afetar o poder explicativo do modelo. Entretanto, como o que se pretendia era tão somente verificar a adequabilidade da utilização da técnica de redes neurais, a simplificação do modelo proposto não inviabilizaria a empresa.

O modelo econométrico de regressão linear utilizado para cada uma das sete classes de crédito concedido seguiu, portanto, uma equação como a seguinte:

$$\begin{aligned} \Delta lsaldo_t = & \xi_1 \Delta lsaldo_{t-1} + \alpha_0 \Delta lspread_t + \alpha_1 \Delta lspread_{t-1} + \beta_0 \Delta lind_t + \\ & + \beta_1 \Delta lind_{t-1} + \varpi_0 \Delta ldesem_t + \varpi_1 \Delta ldesem_{t-1} + \theta_0 \Delta lselic_t + \theta_1 \Delta lselic_{t-1} + \\ & + \lambda_0 \Delta lcomp_t + \lambda_1 \Delta lcomp_{t-1} + \delta TCE_{t-1} \end{aligned} \quad (5.3)$$

Observe-se que a variável dependente *lsaldo* representa, aqui, a razão entre o volume de créditos em atraso a mais de 90 dias e o volume total de créditos concedidos no sistema bancário para cada uma das modalidades de empréstimo que foram estudadas: Aquisição de Bens, Capital de Giro, Conta Garantida, Desconto de Duplicatas, Hot Money e Vendor.

O Termo de Correção de Erros – TCE – foi obtido tal qual proposto no modelo original (Equação 5.2).

Em seu estudo, Chu sugeriu que as séries originais da variável dependente e das variáveis explicativas produto (*ind*) e desemprego (*desem*) fossem dessazonalizadas por meio do método *Census X-11* multiplicativo.

Para este estudo, não se pôde efetuar a dessazonalização das séries dado o pequeno número de observações disponíveis.

Em que pese as redes neurais prescindirem da verificação das hipóteses clássicas dos modelos de regressão linear, como ausência de multicolinearidade, de autocorrelação e heterocedasticidade dos resíduos, bem como do respeito ao requisito de estacionariedade da série de dados, optou-se por utilizar a mesma variável dependente do modelo econométrico, operada em primeira diferença, para que se lograsse comparar a capacidade explicativa dos dois métodos.

A literatura sugere que as redes neurais artificiais sejam capazes de aprender com a experiência e fazer generalizações baseadas no seu conhecimento previamente acumulado. Entendeu-se, portanto, desnecessária a inclusão de defasagens nas variáveis explicativas.

Dado que as séries de dados apresentaram significativa discrepância de ordem de grandeza entre as variáveis selecionadas, verificou-se a necessidade de manipular os dados para evitar que os efeitos numéricos gerados pelos valores maiores polarizassem a rede, apagando totalmente os valores pequenos, problema apontado por Diaz e Araújo (1998).

Dentre as várias formas de transformação e padronização dos dados que não eliminam a variação relativa do instante  $t$  para o instante  $t+1$  da série tem-se a normalização pelo desvio padrão da série.

Assim, a partir das entradas da rede no instante  $t$ , fez-se uma padronização dos dados, segundo a Equação 5.4 a seguir:

$$X_t^i = \frac{(x_t^i - \mu)}{\sigma} \text{ Para } i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (5.4)$$

Para este estudo foram simuladas redes neurais baseadas na topologia Multilayer Perceptron com uma camada escondida e valendo-se do algoritmo de aprendizado backpropagation, com atualização dos pesos por padrão. Essencialmente, os pesos das redes foram atualizados na proporção da derivada dos erros estimados na interação imediatamente anterior (RUMELHART et al., 1994).

Dada a complexidade das relações existentes em uma RNA, os pesos gerados pela rede não podem ser interpretados diretamente como sinalizadores do impacto e

grau de importância das variáveis de entrada sobre a variável de saída. Isto porque os pesos representam estímulos e não um conceito de derivada parcial da variável explicada em relação às explicativas. Para se fazer esta análise seria necessário conhecer e montar a função que relaciona as variáveis explicativas e a explicada. Uma opção válida, no entanto, para verificar a influência das variáveis macroeconômicas no nível dos saldos em atraso, após escolhida a melhor configuração de rede, foi descrita em Nath et al. (1997) que sugeriram que a relevância de cada variável no modelo poderia ser analisada segundo o método proposto por Garson (1991). Este método particiona os pesos sinápticos entre a camada intermediária e a de saída em componentes associados a cada nó de entrada. Assim, o peso resultante associado a cada entrada é um reflexo de sua importância. Tal método é descrito aqui de forma resumida.

Inicialmente, assume-se que  $w_{ij}$  ( $i = 1, \dots, k; j = 1, \dots, p$ ) seja o peso que conecta o neurônio de entrada  $i$  com o neurônio  $j$  na camada intermediária. Da mesma forma, assume-se que  $w_{rs}$  ( $r = 1, \dots, p$ ) seja o peso que conecta o neurônio  $r$  da camada intermediária com o neurônio de saída. Então, o peso  $w_{rs}$ , independentemente de seu sinal pode ser incorporado aos pesos  $w_{ij}$ , usando a Equação 5.5:

$$w_{ij}^* = \left\{ |w_{ij}| / S_j \right\} \cdot (w_{rs}) \quad (5.5)$$

$$\text{onde } S_j = \sum_{i=1}^k |w_{ij}|.$$

A seguir, para cada nó de entrada, os pesos ajustados  $w_{ij}^*$  são somados para cada um dos nós da camada intermediária, ou seja, para todo  $i$  calcula-se  $\sum_{j=1}^p w_{ij}^*$ .

Desta forma, o percentual dado pela Equação 5.6 serve como uma medida de saliência da variável representada pelo nó de entrada.

$$\text{relevância da variável } i(\%) = \frac{\sum_{j=1}^p w_{ij}^*}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p w_{ij}^*} \quad (5.6)$$

O percentual de representação de uma variável que a torne irrelevante depende do autor e do assunto. Para este estudo em particular, foram treinadas redes neurais, excluindo-se do conjunto de entradas as variáveis que apresentavam percentuais de representação iguais ou menores a 5%.

Para as redes neurais, como para qualquer técnica de estimação não-linear, não se pode asseverar que o mínimo global tenha sido alcançado. Na prática, isto implica que os resultados do processo de estimação são sensíveis aos valores iniciais dos pesos. Então, para um dado conjunto de entradas e uma dada arquitetura da rede, as interações são repetidas centenas ou milhares de vezes utilizando-se diferentes valores iniciais para os pesos. Os pesos estimados que conduzem ao menor erro quadrático médio (*mean squared error* – MSE) no conjunto de validação serão considerados como a resposta ótima para uma arquitetura específica e para um conjunto específico de entrada de dados.

Como, em geral, a definição do número de camadas escondidas e de neurônios em cada uma das camadas se dá por experimentação, redes com várias configurações foram testadas, utilizando como ferramenta o software *STATISTICA Neural Networks Release 4.0 E*.

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

---

*Este capítulo se inicia com a apresentação dos resultados de dois estudos de caso a partir da modelagem de Redes Neurais Artificiais e de Regressões por Mínimos Quadrados relativos à estimação dos níveis de crédito em atraso, para as modalidades de Aquisição de Bens e Hot Money. Em seguida e com vistas a não tornar o trabalho apresentado demasiado extenso, é apresentada a compilação dos resultados comparativos entre Redes Neurais e o Modelo Econométrico utilizado para as demais classes de empréstimos concedidos a pessoas jurídicas: Capital de Giro, Conta Garantida, Desconto de Duplicata, Notas Promissórias e Vendor.*

### 6.1 Estudo de Caso: Modalidade Aquisição de Bens

#### 6.1.1 Modelo de Regressão

Sob inspiração do modelo proposto por Chu (2001), o estudo teve início pelo ajuste da regressão dada na Equação 6.1. O objetivo era o de tentar obter a explicação para a variável dependente  $\Delta\text{saldo}_{AB_t}$ , dadas as variáveis macroeconômicas explicativas selecionadas.

$$\begin{aligned} \Delta\text{saldo}_{-}AB_t = & \xi_1 \Delta\text{saldo}_{-}AB_{t-1} + \alpha_0 \Delta\text{lsread}_t + \alpha_1 \Delta\text{lsread}_{t-1} + \beta_0 \Delta\text{lind}_t + \\ & + \beta_1 \Delta\text{lind}_{t-1} + \varpi_0 \Delta\text{ldeSEM}_t + \varpi_1 \Delta\text{ldeSEM}_{t-1} + \theta_0 \Delta\text{lseLIC}_t + \theta_1 \Delta\text{lseLIC}_{t-1} + \\ & + \lambda_0 \Delta\text{lcomp}_t + \lambda_1 \Delta\text{lcomp}_{t-1} + \delta TCE_{-}AB_{t-1} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Como indicativo da capacidade explicativa do modelo buscou-se calcular o coeficiente de determinação,  $R^2$ , e o coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  *ajustado*. Estimou-se os valores de 0,71 e 0,47, respectivamente. Fez-se necessário calcular o coeficiente de determinação ajustado para que se pudesse, adiante, comparar a capacidade explicativa do modelo com as redes neurais que, a rigor, não precisam considerar em sua topologia a totalidade das variáveis explicativas do modelo econométrico. O coeficiente de determinação ajustado permite a comparação entre modelos que contenham diferentes números de variáveis explicativas.

Antes que se pudesse fazer inferências sobre os parâmetros estimados, coube verificar o atendimento às premissas simplificadoras do modelo de regressão linear normal clássico.

Para verificar a suposição de que os termos de erro se distribuam normalmente foi utilizada a estatística de Jarque-Bera, cujo valor estimado de 3,29 não permitiu rejeitar a hipótese de normalidade dos resíduos a 5 % de significância.

Já para a verificação da premissa de homocedasticidade dos resíduos utilizou-se o Teste Geral de White sem termos cruzados. A estatística de teste obtida, com valor igual a 25,76, não excedeu ao valor crítico da distribuição qui-quadrado para 24 graus de liberdade ao nível de significância de 5 %. Não foi rejeitada, portanto, a hipótese de homocedasticidade dos resíduos.

Satisfeitas as premissas de normalidade e homocedasticidade dos termos de erro, pôde-se garantir que os estimadores obtidos por meio dos mínimos quadrados ordinários eram lineares e não tendenciosos.

No intuito de testar individualmente a significância dos coeficientes estimados de regressão parcial, sob a hipótese nula de que cada coeficiente verdadeiro de regressão parcial da população era igual à zero, lançou-se mão do teste  $t$ . As estatísticas de teste foram então comparadas com seus valores críticos ao nível de significância de 5%. Para analisar a significância global das regressões, similarmente ao procedimento descrito para o teste de significância individual dos coeficientes estimados, foi utilizado o teste  $F$ .

Além do coeficiente de determinação ajustado e da estatística  $F$ , do teste de significância geral da regressão, os coeficientes do modelo ajustado, seus erros-padrão, estatísticas  $t$  para teste de significância e os níveis de significância observados estão sumarizados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Sumário da Regressão para Variável Dependente  $\Delta\text{saldo}_{AB_t}$

| Variável                         | Coefficient<br>es<br>estimados | Erro-padrão do<br>coeficiente | $t(14)$        | nível $p$     |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------|
| $\Delta\text{saldo}_{AB_{t-1}}$  | <b>0,4724</b>                  | <b>0,1914</b>                 | <b>2,4675</b>  | <b>0,0271</b> |
| $\Delta\text{spread}_{AB_t}$     | <b>0,1271</b>                  | <b>0,0724</b>                 | <b>1,7547</b>  | <b>0,1012</b> |
| $\Delta\text{spread}_{AB_{t-1}}$ | <b>-0,0929</b>                 | <b>0,0522</b>                 | <b>-1,7808</b> | <b>0,0966</b> |
| $\Delta\text{lind}_{AB_t}$       | <b>0,0119</b>                  | <b>0,0374</b>                 | <b>0,3181</b>  | <b>0,7551</b> |
| $\Delta\text{lind}_{AB_{t-1}}$   | <b>0,0014</b>                  | <b>0,0263</b>                 | <b>0,0535</b>  | <b>0,9581</b> |
| $\Delta\text{desem}_{AB_t}$      | <b>-0,0068</b>                 | <b>0,0118</b>                 | <b>-0,5733</b> | <b>0,5756</b> |
| $\Delta\text{desem}_{AB_{t-1}}$  | <b>-0,0123</b>                 | <b>0,0104</b>                 | <b>-1,1760</b> | <b>0,2592</b> |

|                          |                |                           |                |               |
|--------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------|
| $\Delta selic\_AB_t$     | <b>0,0099</b>  | <b>0,0099</b>             | <b>1,0063</b>  | <b>0,3314</b> |
| $\Delta selic\_AB_{t-1}$ | <b>-0,0009</b> | <b>0,0049</b>             | <b>-0,1731</b> | <b>0,8650</b> |
| $\Delta comp\_AB_t$      | <b>0,0012</b>  | <b>0,0090</b>             | <b>0,1317</b>  | <b>0,8971</b> |
| $\Delta comp\_AB_{t-1}$  | <b>-0,0011</b> | <b>0,0044</b>             | <b>-0,2544</b> | <b>0,8029</b> |
| $TCE\_AB_{t-1}$          | <b>0,0000</b>  | <b>0,0001</b>             | <b>0,1278</b>  | <b>0,9001</b> |
| $R^2 = 0,7137$           |                | $R^2_{ajustado} = 0,4684$ |                |               |
| $F(12,14) = 2,9091$      |                | $valor\ p < 0,3006$       |                |               |

Da análise dos resultados, verificou-se que os sinais dos coeficientes estimados para as variáveis explicativas iam de encontro aos impactos que seriam esperados para o nível de inadimplência, quais sejam: positivo para o Spread, negativo para o produto (*ind*) e positivo para o desemprego (*desem*). Ao nível de significância de 5 %, porém, apenas o coeficiente estimado para a variável  $\Delta saldo\_AB_{t-1}$  mostrou-se significativo. Além disso, o valor calculado para a estatística  $F$  não permitiu rejeitar a hipótese de que todos os coeficientes eram simultaneamente iguais à zero.

Em seguida buscou-se verificar a premissa de inexistência de autocorrelação entre os termos de erro por meio do teste de Breusch-Godfrey (BG). A hipótese nula do teste, a ser testada, é de que não existe correlação serial dos resíduos até a defasagem de ordem  $p$ . Inicialmente foi estimado o valor de 12,63 para a estatística de Breusch-Godfrey com  $p = 3$ , que mostrou-se superior ao valor crítico da distribuição qui-quadrado ao nível de significância de 5 %, indicando que pelo menos uma das três autocorrelações deveria ser diferente de zero. Analisando-se a regressão auxiliar que permitiu estimar a estatística de Breusch-Godfrey verificou-se que apenas o coeficiente do esquema

auto-regressivo de ordem 1 mostrava-se significativo, denotando a presença de autocorrelação de primeira ordem.

A equação estimada com o modelo original proposto por Chu (Equação 5.1) não indicava a presença de resíduos autocorrelacionados, o que fez supor que os resultados obtidos para o teste de Breusch-Godfrey deviam indicar erro de especificação do modelo, representado pela Equação 6.1, antes de indicar um problema de autocorrelação pura. Para tentar confirmar esta suposição, uma nova regressão foi estimada, incorporando-se duas defasagens para as variáveis explicativas, seguindo a Equação 6.2.

$$\begin{aligned} \Delta lsaldo\_AB_t = & \sum_{i=1}^{n2} \xi_i \Delta lsaldo\_AB_{t-i} + \sum_{i=0}^2 \alpha_i \Delta lspread_{t-i} + \sum_{i=0}^2 \beta_i \Delta lind_{t-i} + \\ & + \sum_{i=0}^2 \omega_i \Delta ldsem_{t-i} + \sum_{i=0}^2 \theta_i \Delta lselic_{t-i} + \sum_{i=0}^2 \lambda_i \Delta lcomp_{t-i} + \delta TCE_{t-1} \end{aligned} \quad (6.2)$$

Mais uma vez, obteve-se a estatística de Breusch-Godfrey. Os resultados indicaram inexistir autocorrelação nos resíduos, tomado o nível de 5 % de significância. Seria razoável confirmar, portanto, a suposição de que a autocorrelação detectada para o modelo com apenas uma defasagem era consequência da supressão de variáveis relevantes.

Embora se tenha logrado retirar a autocorrelação dos resíduos, a adoção do modelo definido pela Equação 6.2 redundaria em um sacrifício adicional ao número de graus de liberdade. Coube resolver o problema da seleção entre um modelo que apresentava resíduos autocorrelacionados e um outro que, dado o pequeno tamanho da amostra, estava seriamente afetado pelo fenômeno da micronumerosidade: a adoção de mais uma defasagem implicaria na perda de uma observação e no aumento do número de regressores.

Dado que, em presença de autocorrelação, os estimadores de mínimos quadrados ordinários ainda são lineares e não tendenciosos, mas deixam de ser eficientes, os

intervalos de confiança estimados para os parâmetros ficam superestimados. O problema de adotar-se o modelo com apenas uma defasagem seria, então, o da impossibilidade de utilização da estatística  $t$  para testar a significância individual dos parâmetros estimados.

Optou-se, então, por utilizar o procedimento proposto por Newey e West (1987) na correção dos erros-padrão das estimativas. Os erros-padrão consistentes para heterocedasticidade e autocorrelação, ou erros-padrão de Newey-West são apresentados na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Sumário da Regressão para Variável Dependente  $\Delta\text{saldo}_{AB_t}$  com erros-padrão de Newey-West

| Variável                         | Coefficientes estimados | Erro-padrão do coeficiente | $t(14)$         | nível $p$     |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| $\Delta\text{saldo}_{AB_{t-1}}$  | <b>0,47186</b>          | <b>0,14866</b>             | <b>3,17400</b>  | <b>0,0068</b> |
| $\Delta\text{spread}_{AB_t}$     | <b>0,12688</b>          | <b>0,05126</b>             | <b>2,47537</b>  | <b>0,0267</b> |
| $\Delta\text{spread}_{AB_{t-1}}$ | <b>-0,09342</b>         | <b>0,04638</b>             | <b>-2,01427</b> | <b>0,0636</b> |
| $\Delta\text{lind}_{AB_t}$       | <b>0,01386</b>          | <b>0,01745</b>             | <b>0,79449</b>  | <b>0,4402</b> |
| $\Delta\text{lind}_{AB_{t-1}}$   | <b>0,00040</b>          | <b>0,01272</b>             | <b>0,03134</b>  | <b>0,9754</b> |
| $\Delta\text{desem}_{AB_t}$      | <b>-0,00614</b>         | <b>0,01143</b>             | <b>-0,53775</b> | <b>0,5992</b> |
| $\Delta\text{desem}_{AB_{t-1}}$  | <b>-0,01279</b>         | <b>0,01445</b>             | <b>-0,88501</b> | <b>0,3911</b> |
| $\Delta\text{selic}_{AB_t}$      | <b>0,01032</b>          | <b>0,01176</b>             | <b>0,87734</b>  | <b>0,3951</b> |
| $\Delta\text{selic}_{AB_{t-1}}$  | <b>-0,00100</b>         | <b>0,00367</b>             | <b>-0,27299</b> | <b>0,7888</b> |
| $\Delta\text{lcomp}_{AB_t}$      | <b>0,00164</b>          | <b>0,00902</b>             | <b>0,18139</b>  | <b>0,8587</b> |
| $\Delta\text{lcomp}_{AB_{t-1}}$  | <b>-0,00132</b>         | <b>0,00352</b>             | <b>-0,37512</b> | <b>0,7132</b> |
| $TCE_{AB_{t-1}}$                 | <b>-0,00003</b>         | <b>0,00242</b>             | <b>-0,01333</b> | <b>0,9895</b> |

O procedimento de Newey-West sugere que, em verdade, dada a presença de autocorrelação, também o coeficiente da variável explicativa  $\Delta spread\_AB_t$  mostrava-se significativo a 5 % de significância. Observou-se, ainda, que o coeficiente da variável  $\Delta spread\_AB_{t-1}$  podia ser tomado como estatisticamente significativo ao nível de significância de 10 %.

Ainda assim, dos doze coeficientes estimados no modelo, apenas três se mostraram estatisticamente significativos a 10 % de significância.

Poucas razões  $t$  significativas e um coeficiente de correlação ( $R^2$ ) relativamente elevado poderiam indicar a presença de multicolinearidade. Não obstante, ademais de sua capacidade de tornar estacionária uma série temporal não estacionária, a transformação em primeiras diferenças costuma reduzir a gravidade da multicolinearidade porque, embora duas variáveis explicativas possam estar altamente correlacionadas, não há motivo a priori para acreditar que suas diferenças também estejam correlacionadas. Dois motivos que poderiam justificar o pequeno número de estimativas estatisticamente significativas foram, então, aventados: erro de especificação do modelo ou micronumerosidade.

De fato, o estudo original realizado por Chu (Equação 5.1), para o qual foram satisfeitas todas as hipóteses simplificadoras do modelo de regressão linear normal clássico, previa a inclusão de cinco defasagens às variáveis explicativas. Como já apontado, para este estudo não se poderia prever mais que duas defasagens dada a limitação ditada pelo número de observações disponíveis.

Por outro lado, o fenômeno da micronumerosidade em nada difere, no que diz respeito as suas conseqüências, do problema da multicolinearidade (Goldberger, 1991).

Entretanto, como as premissas do modelo clássico foram satisfeitas, os estimadores da regressão, mesmo em presença de multicolinearidade, mantinham a propriedade de serem os melhores estimadores lineares não tendenciosos (Gujarati, 1999).

### 6.1.2 Redes Neurais Artificiais

Estimado o modelo econométrico definido pela Equação 6.1 com erros-padrão dos estimadores estimados segundo o procedimento de Newey-West, procedeu-se ao treinamento de diversas redes neurais na tentativa de construir um modelo que também permitisse explicar os saldos em atraso para a modalidade de concessão de crédito Aquisição de Bens. A princípio, poder-se-ia utilizar a variável original *saldo*, já que as redes neurais artificiais não demandam o atendimento aos pressupostos dos modelos de regressão linear clássicos. De modo a que se pudesse comparar a acurácia dos modelos, entretanto, optou-se por tomar como variável dependente para as redes neurais a mesma variável explicada no modelo econométrico, operada na forma de primeira diferença. Não obstante, pôde-se prescindir da incorporação de defasagens às variáveis explicativas e do Termo de Correção de Erros - TCE, o que equivale a busca por um modelo que simule o comportamento da variável  $\Delta saldo_{AB_t}$  a partir das seguintes variáveis independentes:  $\Delta spread_t$ ,  $\Delta lind_t$ ,  $\Delta dessem_t$ ,  $\Delta selic_t$ ,  $\Delta comp_t$ . Note-se que, uma vantagem secundária da não incorporação de defasagens, é o ganho de uma observação.

Em geral, recomenda-se dividir os conjuntos de dados de entrada, de forma aleatória, em três grupos distintos, para as diferentes fases da implementação de uma rede neural, ou seja, treinamento (50% dos dados), validação e teste (25% dos dados em cada).

O algoritmo *backpropagation* apresenta alguns problemas relacionados ao seu aprendizado. Em superfícies complexas, o treinamento é muito lento e existe o risco da rede cair num mínimo local. Além disso pode ocorrer *overfitting*, fenômeno que surge depois de um certo tempo de treinamento, quando a rede memoriza os padrões que já foram apresentados e o processo de classificação piora sensivelmente.

Dado o tamanho reduzido da amostra, optou-se por dividir o conjunto da seguinte maneira: catorze observações foram reservadas para treinamento, quatro para a validação e nove observações para teste. A preferência por uma parcela maior de dados destinada à fase de teste decorreu da observação de que este procedimento permitia acelerar o aprendizado da rede, diminuindo o risco de surgimento do fenômeno de *overfitting*.

A construção do modelo de rede neural requer, ademais da escolha do conjunto de entradas, a identificação da arquitetura que conduz aos menores erros de estimativa.

O erro quadrático médio ou *mean squared error* (MSE) foi calculado para diversas topologias, segundo fórmula dada pela Equação 6.3.

$$MSE = \sum (y_i^* - y_i)^2 \quad (6.3)$$

Onde  $y_i$  representa o valor observado da variável explicada e  $y_i^*$  o valor gerado pela rede.

Iniciou-se o treinamento dando liberdade para que o software tentasse encontrar a topologia ótima para as redes, bem como estabelecesse a composição relevante

de variáveis de entrada pela utilização do método de Garson (Equações 5.5 e 5.6). Assim, o valor mínimo para o MSE, dado pela Equação 6.3, conduziu à melhor topologia, ou seja, à configuração de rede que forneceria estimativas mais próximas ao valor real observado.

A princípio, os dados não sofreram nenhum tipo de pré-processamento e foram testadas diversas redes, variando a taxa de aprendizado, o *momentum* e o número de nós na camada intermediária. Observou-se que as redes testadas apresentavam deficiência na correção de erros, de tal sorte que sequer era possível calcular o coeficiente de determinação ajustado, talvez indicando terem encontrado mínimos locais que impossibilitavam o adequado aprendizado. Como os resultados obtidos não se mostraram satisfatórios, optou-se por padronizar as variáveis de entrada de acordo com a metodologia resumida pela Equação 5.4.

A topologia ótima encontrada para explicar o nível de crédito em atraso a mais de 90 dias para a modalidade Aquisição de Bens, foi definida por uma rede neural com 12 neurônios na camada intermediária e para a qual todas as variáveis independentes foram entendidas como relevantes, como representado na Figura 6.1

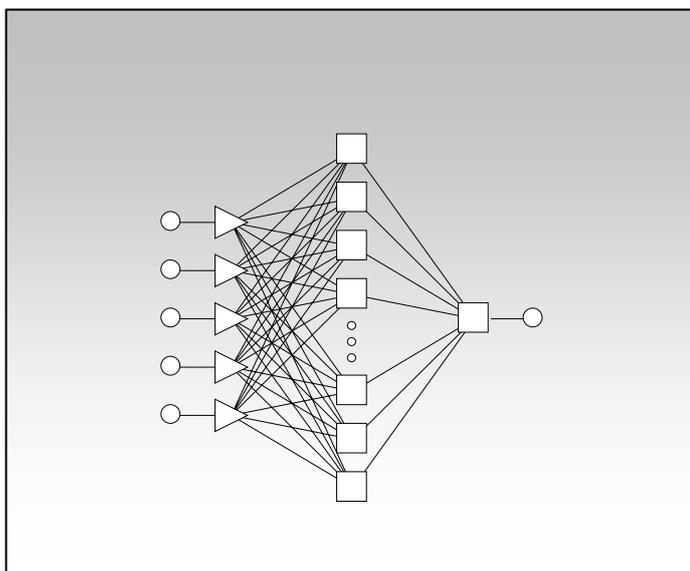


Figura 6.1 - Arquitetura da rede neural para a modalidade Aquisição de Bens

### 6.1.2 Comparação dos Resultados Obtidos: Regressão x Rede Neural

Como a variável dependente, ou explicada, é a mesma para o modelo de regressão e para as redes neurais, foi possível comparar o desempenho das duas metodologias.

Os mesmos conjuntos de dados utilizados para a fase de teste das Redes Neurais foram utilizados para estimar os erros e coeficientes de determinação,  $R^2$  e  $R^2_{ajustado}$ , obtidos pelo modelo de regressão. Estes resultados são mostrados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Erros e coeficientes de regressão para os dois modelos para modalidade Aquisição de Bens

|                  | REDE NEURAL          | REGRESSÃO            |
|------------------|----------------------|----------------------|
| $MSE$            | $5,71 \cdot 10^{-5}$ | $5,85 \cdot 10^{-5}$ |
| $R^2$            | 0,72                 | 0,71                 |
| $R^2_{ajustado}$ | 0,65                 | 0,47                 |

Os resultados mostrados na Tabela 6.3 indicam que as redes neurais demonstraram desempenho ligeiramente superior no ajuste dos dados quando comparados os erros quadráticos médios (MSE). Comparando-se os coeficientes de determinação ajustados, mais uma vez, conclui-se pela superioridade das redes neurais na explicação dos níveis de crédito em atraso a mais de 90 dias para a modalidade Aquisição de Bens. A comparação direta entre os coeficientes de determinação,  $R^2$ , estaria prejudicada uma vez que foram utilizadas doze variáveis independentes para a regressão e apenas seis para as redes neurais.

Ainda com o objetivo de comparar os erros das estimativas para os dois métodos, foi feito o gráfico mostrado na Figura 6.2. Para facilitar a visualização, foram tomados os valores absolutos dos erros de estimativa para a rede neural construída e para o modelo de regressão.

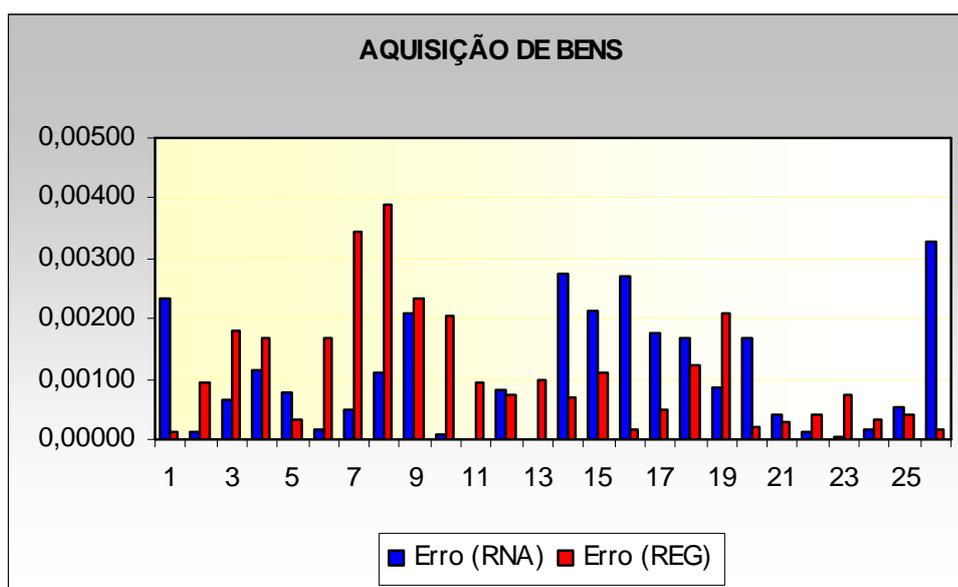


Figura 6.2 - Erros tomados em valor absoluto para os dois métodos. Modalidade Aquisição de Bens

O gráfico mostrado nas Figura 6.2 indica que, quando observados ponto a ponto, os resultados obtidos com as redes neurais apresentaram, para a maior das observações, menores erros. Pode-se notar, ainda, que as redes neurais apresentam seus erros mais acentuados, maiores que o erro médio, no início e final da série. Os erros absolutos da regressão têm, ainda, amplitude maior que os seus equivalentes para a rede neural selecionada.

Finalmente, nos gráficos das Figuras 6.3 e 6.4 foram confrontadas as linhas de ajuste para o modelo de regressão e para as redes neurais com a série histórica.

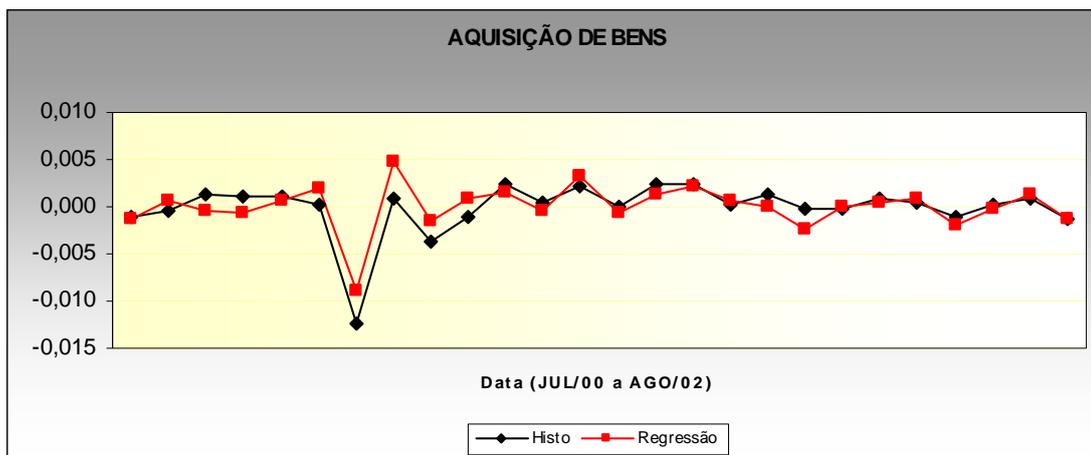


Figura 6.3 – Curva de ajuste obtida por regressão linear. Modalidade Aquisição de Bens

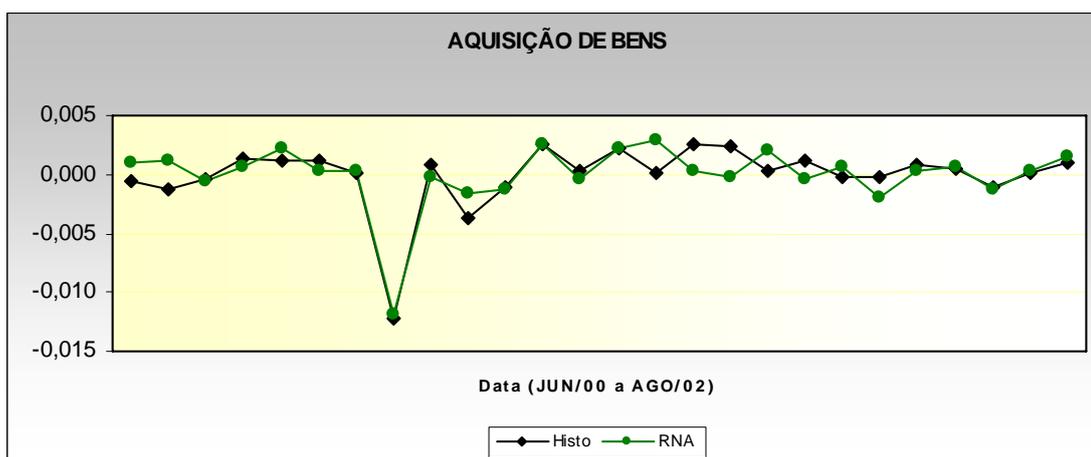


Figura 6.4– Curva de ajuste obtida pela rede neural. Modalidade Aquisição de Bens

As figuras 6.3 e 6.4 revelam um comportamento bastante parecido para as curvas ajustadas por ambos os métodos. Como não foram incorporadas defasagens às variáveis utilizadas na construção do modelo de redes neurais, observa-se que o gráfico da Figura 6.4 apresenta uma observação a mais que o gráfico da Figura 6.3. Observa-se, ainda, que os modelos foram eficientes em ajustar a curva até mesmo em presença do dado discrepante representado pelo mês de janeiro de 2001. Também neste último aspecto, as redes neurais se mostraram superiores.

## 6.2 Estudo de Caso: Modalidade *Hot Money*

### 6.2.1 Modelo de Regressão

A metodologia para obtenção do Modelo de Regressão para a modalidade de crédito *Hot Money* (HM) foi a mesma utilizada no modelo dado pela Equação 6.1 para a modalidade Aquisição de Bens (AB).

Buscou-se explicar a variável dependente  $\Delta\text{saldo\_HM}_t$  dadas as variáveis macroeconômicas explicativas pelo ajuste do modelo descrito pela Equação 6.4.

$$\begin{aligned} \Delta\text{saldo\_HM}_t = & \xi_1 \Delta\text{saldo\_HM}_{t-1} + \alpha_0 \Delta\text{lsread}_t + \alpha_1 \Delta\text{lsread}_{t-1} + \\ & + \beta_0 \Delta\text{lind}_t + \beta_1 \Delta\text{lind}_{t-1} + \varpi_0 \Delta\text{ldesem}_t + \varpi_1 \Delta\text{ldesem}_{t-1} + \theta_0 \Delta\text{lselec}_t + \\ & + \theta_1 \Delta\text{lselec}_{t-1} + \lambda_0 \Delta\text{lcomp}_t + \lambda_1 \Delta\text{lcomp}_{t-1} + \delta \text{TCE\_AB}_{t-1} \end{aligned} \quad (6.4)$$

O coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  ajustado, indicativo da capacidade explicativa do modelo apresentou um valor de 0,82.

Como parte da verificação das premissas simplificadoras do modelo de regressão linear clássico, calculou-se a estatística de Jarque-Bera com o intuito de testar a hipótese de que os resíduos se distribuíam normalmente. O valor estimado para a estatística, de 0,31, não permitiu rejeitar a hipótese de normalidade dos resíduos a 5 % de significância.

Para verificação da premissa de homocedasticidade dos resíduos utilizou-se o Teste Geral de White sem termos cruzados. A estatística de teste obtida, com valor igual a

24,38, não excede ao valor crítico da distribuição qui-quadrado para 24 graus de liberdade ao nível de significância de 5 %. Não foi rejeitada, portanto, a hipótese de homocedasticidade dos resíduos.

Satisfeitas as premissas de normalidade e homocedasticidade dos termos de erro, pôde-se garantir que os estimadores obtidos por meio dos mínimos quadrados ordinários eram lineares e não tendenciosos.

Em seguida buscou-se verificar a premissa de inexistência de autocorrelação entre os termos de erro por meio do teste de Breusch-Godfrey (BG). A hipótese nula do teste, a ser testada, é de que não existe correlação serial dos resíduos até a defasagem de ordem  $p$ . A estatística de Breusch-Godfrey foi estimada em 1,75 com  $p = 1$ , mostrando-se inferior ao valor crítico da distribuição qui-quadrado ao nível de significância de 5 %. Não se pôde rejeitar, portanto, a hipótese de inexistência de esquemas autocorrelacionados. Desta feita, não se fez necessário, diferentemente do que ocorrera para a modalidade Aquisição de Bens, efetuar a correção dos erros-padrão das estimativas a partir do esquema de Newey-West.

No intuito de testar individualmente a significância dos coeficientes estimados de regressão parcial, sob a hipótese nula de que cada coeficiente verdadeiro de regressão parcial da população era igual à zero, lançou-se mão do teste  $t$ . As estatísticas de teste foram então comparadas com seus valores críticos ao nível de significância de 5 %. Para analisar a significância global das regressões, similarmente ao procedimento descrito para o teste de significância individual dos coeficientes estimados, foi utilizado o teste  $F$ . A tabela 6.4 sumariza os resultados encontrados para a regressão.

Tabela 6.4 – Sumário da Regressão para Variável Dependente  $\Delta\text{saldo\_}HM_t$ 

|                                 | <b>Coefficient<br/>es<br/>estimados</b> | <b>Erro-padrão do<br/>coeficiente</b> | <b>t(14)</b>   | <b>nível p</b> |
|---------------------------------|---|---------------------------------------|----------------|----------------|
| $\Delta\text{saldo\_}HM_{t-1}$  | <b>0,6105</b>                           | <b>0,0699</b>                         | <b>8,7378</b>  | <b>0,0000</b>  |
| $\Delta\text{spread\_}HM_t$     | <b>-0,6804</b>                          | <b>0,2079</b>                         | <b>-3,2723</b> | <b>0,0056</b>  |
| $\Delta\text{spread\_}HM_{t-1}$ | <b>0,4456</b>                           | <b>0,1481</b>                         | <b>3,0089</b>  | <b>0,0094</b>  |
| $\Delta\text{lind\_}HM_t$       | <b>-0,0415</b>                          | <b>0,0932</b>                         | <b>-0,4450</b> | <b>0,6631</b>  |
| $\Delta\text{lind\_}HM_{t-1}$   | <b>0,0336</b>                           | <b>0,0568</b>                         | <b>0,5913</b>  | <b>0,5638</b>  |
| $\Delta\text{desem\_}HM_t$      | <b>-0,0007</b>                          | <b>0,0302</b>                         | <b>-0,0233</b> | <b>0,9817</b>  |
| $\Delta\text{desem\_}HM_{t-1}$  | <b>0,0551</b>                           | <b>0,0273</b>                         | <b>2,0161</b>  | <b>0,0634</b>  |
| $\Delta\text{selic\_}HM_t$      | <b>0,0011</b>                           | <b>0,0267</b>                         | <b>0,0416</b>  | <b>0,9674</b>  |
| $\Delta\text{selic\_}HM_{t-1}$  | <b>-0,0199</b>                          | <b>0,0134</b>                         | <b>-1,4872</b> | <b>0,1591</b>  |
| $\Delta\text{lcomp\_}HM_t$      | <b>-0,0356</b>                          | <b>0,0241</b>                         | <b>-1,4782</b> | <b>0,1615</b>  |
| $\Delta\text{lcomp\_}HM_{t-1}$  | <b>0,0114</b>                           | <b>0,0120</b>                         | <b>0,9446</b>  | <b>0,3609</b>  |
| $TCE\_}HM_{t-1}$                | <b>0,0007</b>                           | <b>0,0004</b>                         | <b>1,7444</b>  | <b>0,1030</b>  |
| $R^2 = 0,9043$                  |   | $R^2_{ajustado} = 0,8223$             |                |                |
| $F(12,14) = 11,032$             |   | valor p < 0,00004                     |                |                |

Da análise dos sinais dos coeficientes estimados, verificou-se concordância com o impacto que seria esperado apenas para a variável correspondente ao produto (*ind*). Esperava-se, a priori, que seu sinal fosse negativo, uma vez que o aumento do produto resulta em uma diminuição da inadimplência. Ao nível de significância de 5 %, mostraram-se estatisticamente significativos os coeficientes estimados para as variáveis  $\Delta\text{saldo\_}HM_{t-1}$ ,

$\Delta spread\_HM_t$ ,  $\Delta spread\_HM_{t-1}$  e  $\Delta desem\_HM_{t-1}$ . O valor calculado para a estatística  $F$  permitiu rejeitar a hipótese de que todos os coeficientes eram simultaneamente iguais à zero.

## 6.2.2 Redes Neurais Artificiais

Da mesma forma que para o estudo de caso anterior, após estimado o modelo econométrico definido pela Equação 6.4, procedeu-se ao treinamento de diversas redes neurais na tentativa de construir um modelo que também permitisse explicar os saldos em atraso para a modalidade de concessão de crédito Hot Money. Mais uma vez, a variável dependente coincide com a utilizada no modelo econométrico. A rede neural almejada para este caso visava implementar um modelo que simulasse o comportamento da variável  $\Delta saldo\_HM_t$  a partir das seguintes variáveis independentes:  $\Delta spread_t$ ,  $\Delta lind_t$ ,  $\Delta desem_t$ ,  $\Delta selic_t$ ,  $\Delta comp_t$ .

A subdivisão dos dados de entrada seguiu as mesmas proporções definidas para a construção do modelo de redes neurais para a modalidade Aquisição de Bens.

Diversas combinações de variáveis de entrada e número de neurônios da camada escondida foram simuladas até que a diminuição incremental do erro quadrático médio, entre topologias sucessivas, tornou-se insignificante.

A rede neural selecionada para explicar o nível de crédito em atraso a mais de 90 dias para a modalidade *Hot Money* consistiu de uma arquitetura com 16 neurônios na

camada intermediária e para a qual todas as variáveis independentes foram entendidas como relevantes.

### 6.2.3 Comparação dos Resultados Obtidos: Regressão x Rede Neural

Valendo-se da mesma filosofia empregada para o estudo de caso anterior, foram calculados os erros quadráticos médios e coeficientes de determinação a partir dos resultados previstos tanto pelas redes neurais como pelo modelo de regressão. A Tabela 6.5 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 6.5 - Erros e coeficientes de determinação para os dois modelos para modalidade *Hot Money*

|                | REDE NEURAL          | REGRESSÃO            |
|----------------|----------------------|----------------------|
| <i>MSE</i>     | $7,15 \cdot 10^{-4}$ | $6,93 \cdot 10^{-4}$ |
| $R^2$          | 0,85                 | 0,90                 |
| $R^2$ ajustado | 0,81                 | 0,82                 |

Os resultados mostrados na Tabela 6.5 indicam que as redes neurais demonstraram desempenho ligeiramente inferior no ajuste dos dados quando comparados os erros quadráticos médios (MSE) ou os coeficientes de determinação ajustados.

Ainda com o objetivo de comparar os erros das estimativas para os dois métodos, foi feito o gráfico mostrado na Figura 6.5. Para facilitar a visualização, foram

tomados os valores absolutos dos erros de estimativa para a rede neural construída e para o modelo de regressão.

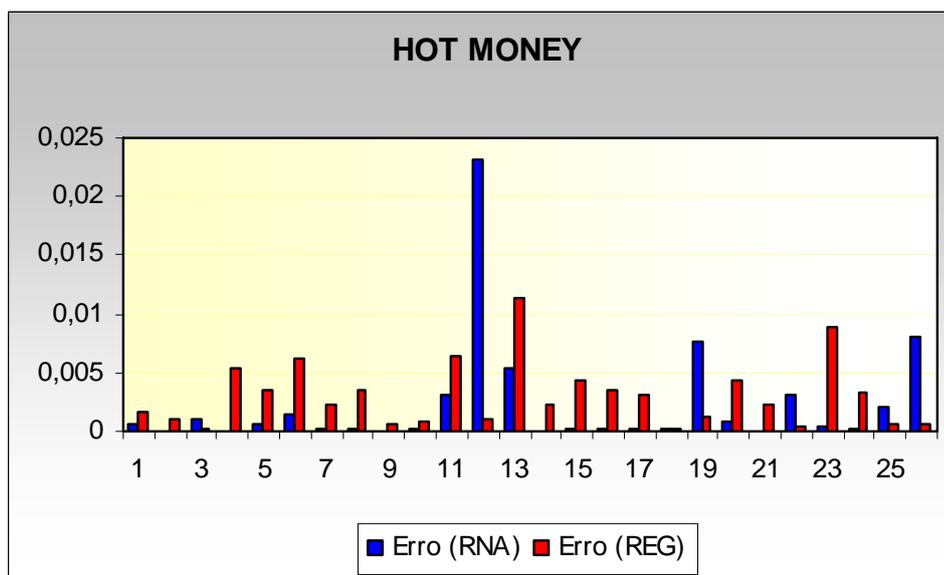


Figura 6.5 - Erros tomados em valor absoluto para os dois métodos. Modalidade Aquisição de Bens

A análise do gráfico mostrado nas Figura 6.5 indica que, quando observados ponto a ponto, os resultados obtidos com as redes neurais apresentaram, em geral, erro menor. Ao longo de toda a série os erros da rede neural só superaram os seus pares do modelo de regressão em cinco oportunidades. Entretanto, a amplitude de valores de erro mostrou-se maior para a rede neural selecionada que para o modelo de regressão. Uma única observação, do mês de junho de 2001, foi responsável por aproximadamente 74 % do erro quadrático médio da rede neural. Neste caso, a regressão apresentou-se mais capaz de ajustar-se ao dado discrepante. Os gráficos das Figuras 6.6 e 6.7 ajudam a visualizar este comportamento.

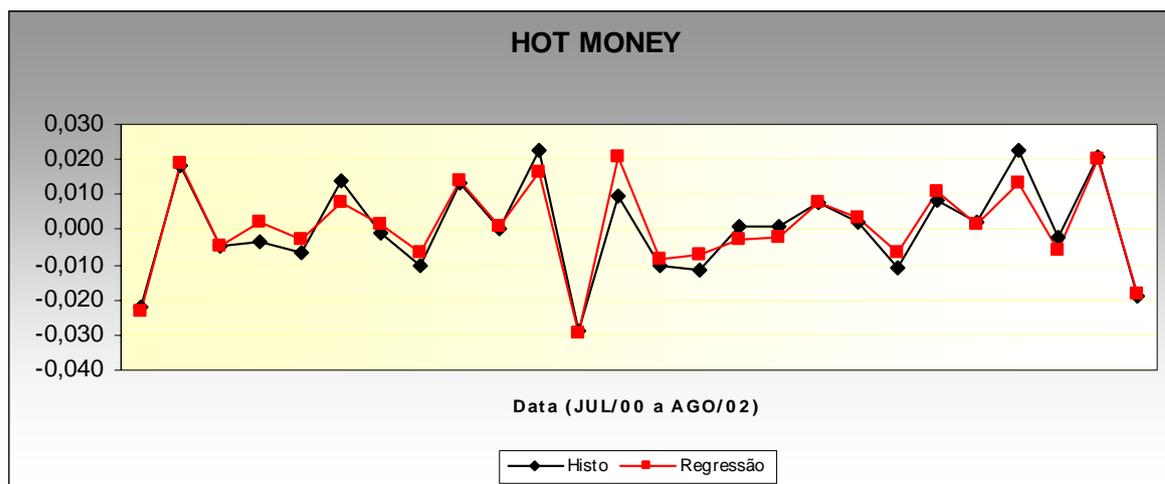


Figura 6.6 – Curva de ajuste obtida por regressão linear. Modalidade *Hot Money*

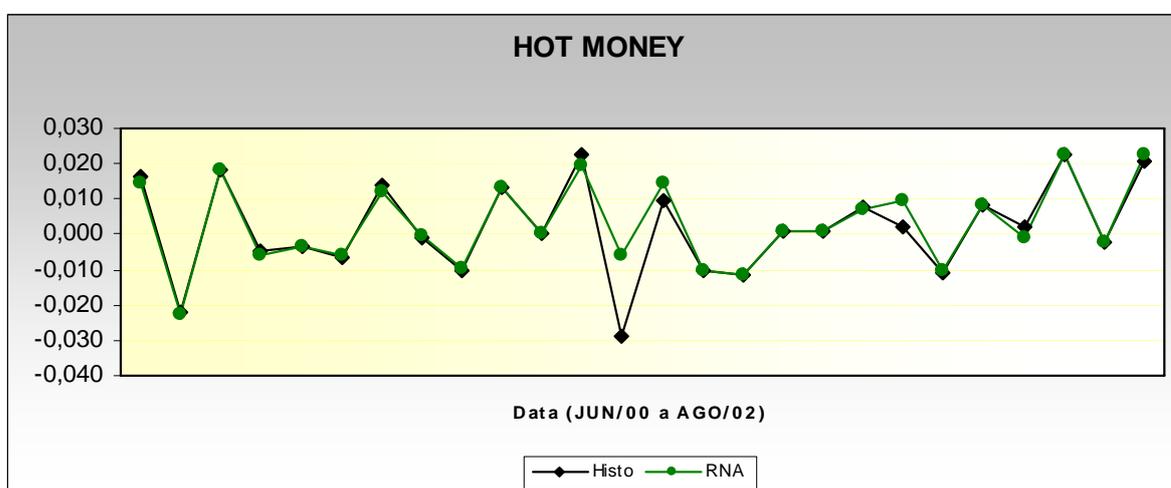


Figura 6.7 – Curva de ajuste obtida com a rede neural. Modalidade *Hot Money*

As figuras 6.6 e 6.7 revelam que, diferentemente do observado no estudo de caso para a modalidade Aquisição de Bens, a rede neural selecionada não apresentou seus maiores erros de estimativa no início e final da série. As curvas ajustadas apresentaram comportamento semelhante, exceção feita ao ponto correspondente ao mês de janeiro de 2001, para o qual ocorreu o maior erro de estimativa da rede neural.

### 6.3 Compilação de Resultados para as demais Modalidades

Os mesmos procedimentos utilizados para analisar e comparar os resultados obtidos com os modelos de regressão e de redes neurais nos dois estudos de caso precedentes foram aplicados às demais quatro modalidades de crédito concedido a pessoas jurídicas: Capital de Giro, Conta Garantida, Desconto de Duplicatas, Notas Promissórias e Vendor.

Inicialmente, buscou-se verificar o atendimento às premissas de normalidade e homocedasticidade dos termos de erro para as regressões, que incorporando uma defasagem às variáveis explicativas, seguiram formas funcionais análogas àquelas descritas nas Equações 6.1 e 6.4.

Como antes, foram estimadas as estatísticas de Jarque-Bera (JB) para testar a hipótese nula,  $H_0$ , de que os resíduos seriam normalmente distribuídos. A Tabela 6.6 sintetiza os resultados encontrados, com nível de significância de 5 %.

Tabela 6.6 - Teste de normalidade de Jarque-Bera para demais modalidades

| <b>Modalidade</b>      | <b>Jarque-Bera</b> | <b>valor P</b> | <b>Comentário</b>    |
|------------------------|--------------------|----------------|----------------------|
| Capital de Giro        | 0,61               | 0,74           | Não rejeitar $H_0$ . |
| Conta Garantida        | 1,72               | 0,42           | Não rejeitar $H_0$ . |
| Desconto de Duplicatas | 1,61               | 0,45           | Não rejeitar $H_0$ . |
| Notas Promissórias     | 0,40               | 0,82           | Não rejeitar $H_0$ . |
| Vendor                 | 0,69               | 0,71           | Não rejeitar $H_0$ . |

Dadas as estatísticas JB calculadas, não se pôde, para qualquer das séries estimadas, rejeitar a hipótese nula de normalidade dos resíduos.

Em seguida, lançou-se mão do teste geral de White para verificação da premissa de homocedasticidade dos termos de erro. Dado o pequeno número de observações das séries, os coeficientes de determinação foram estimados para regressões auxiliares sem termos cruzados. A Tabela 6.7 indica os resultados do teste de White, sob a hipótese nula ( $H_0$ ) de que não ocorre heterocedasticidade, ao nível de significância de 5 %.

Tabela 6.7 - Teste de White para as demais modalidades

| <b>Modalidade</b>      | $n \cdot R^2$ | <b>valor P</b> | <b>Comentário</b>    |
|------------------------|---------------|----------------|----------------------|
| Capital de Giro        | 25,30         | 0,39           | Não rejeitar $H_0$ . |
| Conta Garantida        | 24,44         | 0,44           | Não rejeitar $H_0$ . |
| Desconto de Duplicatas | 25,19         | 0,39           | Não rejeitar $H_0$ . |
| Notas Promissórias     | 24,84         | 0,41           | Não rejeitar $H_0$ . |
| Vendor                 | 25,49         | 0,38           | Não rejeitar $H_0$ . |

Não foram encontrados, portanto, indícios de heterocedasticidade nos termos de erro para as séries estudadas.

Testes de Breusch—Godfrey foram realizados na sequência para verificar a existência de esquemas de autocorrelação dos termos de erro. Verificou-se que as regressões estimadas para as modalidades Capital de Giro, Conta Garantida e Vendor exibiam esquemas autocorrelacionados de primeira ordem, tomado o nível de significância a 5 %. Não foram observadas autocorrelações nos termos de erro das regressões estimadas para as modalidades de Desconto de Duplicadas e Notas Promissórias.

Aplicou-se, então, para as regressões das modalidades Capital de Giro, Conta Garantida e Vendor o método de Newey-West para correção dos erros-padrão de mínimos quadrados ordinários.

Em seguida, segundo um procedimento análogo ao utilizado para os estudos de caso precedentes, foram simuladas diversas arquiteturas para as redes neurais que

tentariam explicar as variáveis dependentes  $\Delta\text{saldo\_CaG}_t$ ,  $\Delta\text{saldo\_CoG}_t$ ,  $\Delta\text{saldo\_DD}_t$ ,  $\Delta\text{saldo\_NP}_t$  e  $\Delta\text{saldo\_V}_t$  a partir das variáveis independentes  $\Delta\text{lsread}_t$ ,  $\Delta\text{lind}_t$ ,  $\Delta\text{ldesem}_t$ ,  $\Delta\text{lselic}_t$  e  $\Delta\text{lcomp}_t$ . Note-se que, mais uma vez, não se fez necessário prever defasagens para as variáveis explicativas, bem como incluir um Termo de Correção de Erros – TED, como feito para as regressões.

A seleção das redes neurais, a partir da variação do número de neurônios da camada intermediária e do conjunto de variáveis explicativas, se deu pela escolha daquelas que apresentavam o menor erro quadrático médio. Uma vez identificadas as variáveis relevantes segundo a metodologia proposta por Garson, diversas redes foram simuladas até que a diminuição incremental do erro quadrático médio se mostrasse insignificante. Na Tabela 6.8 são apontadas as arquiteturas selecionadas para cada modalidade de crédito, cuja conformação é definida pela combinação das variáveis explicativas tomadas como relevantes e pelo número de neurônios da camada intermediária.

Tabela 6.8 – Arquitetura das redes neurais selecionadas para as demais modalidades

| <b>Modalidade</b> | <b>No. de neurônios da camada intermediária</b> | <b>Variáveis de Entrada Relevantes – Método de Garson</b>  |
|-------------------|---|--|
| CaG               | 07  | $\Delta\text{lsread}_t, \Delta\text{ldesem}_t, \Delta\text{lselic}_t, \Delta\text{lcomp}_t$                      |
| CoG               | 14  | $\Delta\text{lsread}_t, \Delta\text{lselic}_t, \Delta\text{lcomp}_t$   |
| DD                | 13  | $\Delta\text{lsread}_t, \Delta\text{lind}_t, \Delta\text{ldesem}_t, \Delta\text{lcomp}_t$                        |
| NP                | 12  | $\Delta\text{lsread}_t, \Delta\text{ldesem}_t, \Delta\text{lselic}_t, \Delta\text{lcomp}_t$                      |
| Vendor            | 13  | $\Delta\text{lsread}_t, \Delta\text{lind}_t, \Delta\text{ldesem}_t, \Delta\text{lselic}_t, \Delta\text{lcomp}_t$ |

Com o objetivo de comparar o poder explicativo das duas metodologias para as modalidades Capital de Giro, Conta Garantida, Desconto de Duplicatas, Notas Promissórias e Vendor foram calculados os erros quadráticos médios e coeficientes de

determinação a partir dos resultados previstos tanto pelas redes neurais como pelos modelos de regressão. A Tabela 6.9 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 6.8 – Arquitetura das redes neurais selecionadas para as demais modalidades

| Modalidade             | REDES NEURAIS |                         | REGRESSÕES |                         |
|------------------------|---------------|-------------------------|------------|-------------------------|
|                        | MSE           | R <sup>2</sup> ajustado | MSE        | R <sup>2</sup> ajustado |
| Capital de Giro        | 1,23E-04      | 0,40                    | 4,24E-04   | 0,33                    |
| Conta Garantida        | 5,31E-05      | 0,52                    | 4,24E-05   | 0,57                    |
| Desconto de Duplicatas | 2,78E-05      | 0,53                    | 2,92E-05   | 0,48                    |
| Notas Promissórias     | 4,55E-05      | 0,83                    | 1,79E-04   | 0,01                    |
| Vendor                 | 2,12E-05      | 0,62                    | 2,31E-05   | 0,36                    |

Percebe-se que as redes neurais só não apresentaram desempenho superior na explicação dos níveis de crédito em atraso a mais de 90 dias para a modalidade Conta Garantida. O erro quadrático médio da rede neural para esta modalidade mostrou-se, aproximadamente, 25 % superior ao erro quadrático médio da regressão correspondente.

A análise da Tabela 6.8 revela, ainda, que o modelo de regressão não se mostrou adequado ao ajuste da série para a modalidade Notas Promissórias, como indicado pelo baixo coeficiente de determinação ajustado. Para esta modalidade, a rede neural selecionada apresentou desempenho significativamente superior.

Como o padrão observado - redes neurais apresentando desempenhos ligeiramente superiores aos modelos de regressão - foi quebrado apenas para as modalidades de Conta Garantida e Notas Promissórias, buscou-se efetuar para estas uma comparação mais detida.

Os gráficos das Figuras 6.8 e 6.9 apresentam a comparação dos erros de estimativa, tomados em valores absolutos, para as redes neurais e modelos de regressão das modalidades de Conta Garantida e Notas Promissórias.

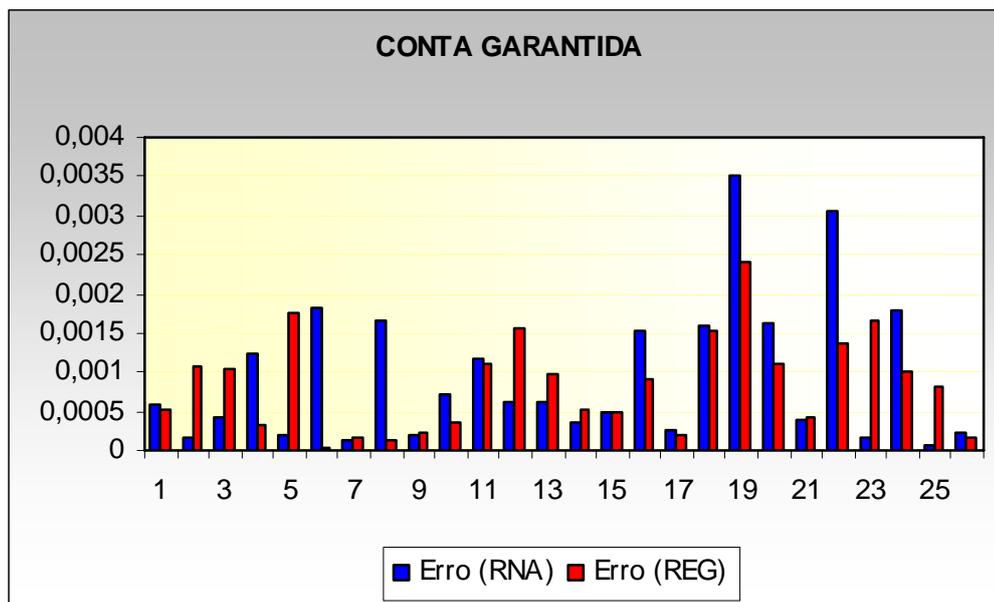


Figura 6.8 – Erros tomados em valor absoluto para os dois métodos. Modalidade Conta Garantida

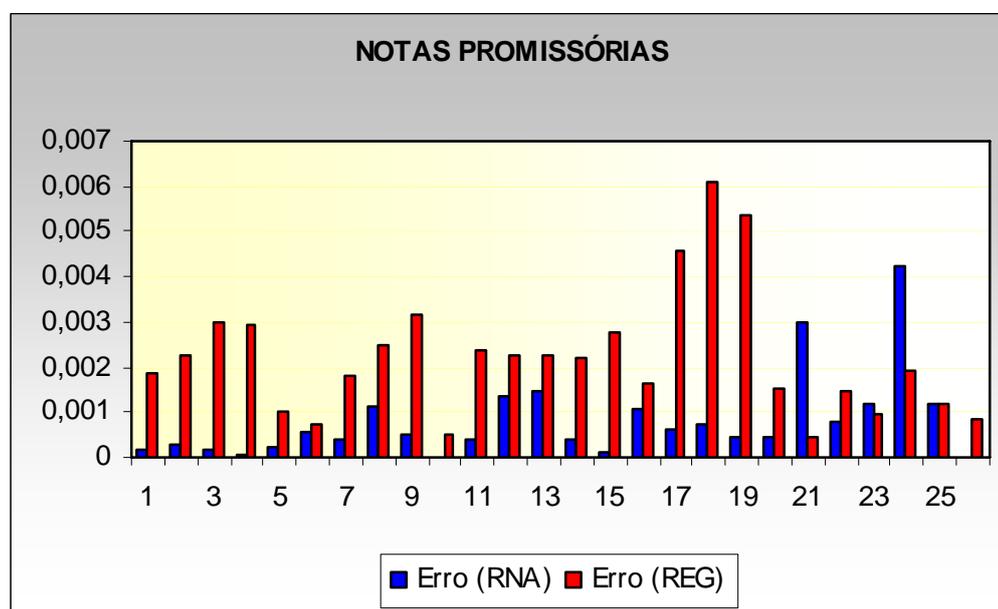


Figura 6.9 – Erros tomados em valor absoluto para os dois métodos. Modalidade Notas Promissórias

O gráfico da Figura 6.8 indica que, quando tomados ponto a ponto, os erros de estimativa da rede neural selecionada para a modalidade Conta Garantida mostraram-se, em geral, maiores que os erros estimados para a regressão. A amplitude dos erros, tomados

em valor absoluto, também se mostrou superior para o método de redes neurais que para a modelagem econométrica.

Finalmente, para a modalidade de Notas Promissórias, o gráfico da Figura 6.9 aponta para a inequívoca superioridade das redes neurais, dado que os erros de estimativa da regressão mostraram-se superiores aos equivalentes estimados pela rede neural selecionada em 22 das 26 observações. Chega-se à conclusão idêntica, a partir da análise dos gráficos das Figuras 6.10 e 6.11, que traçam a comparação entre curvas ajustadas e série histórica para a modalidade de Notas Promissórias.

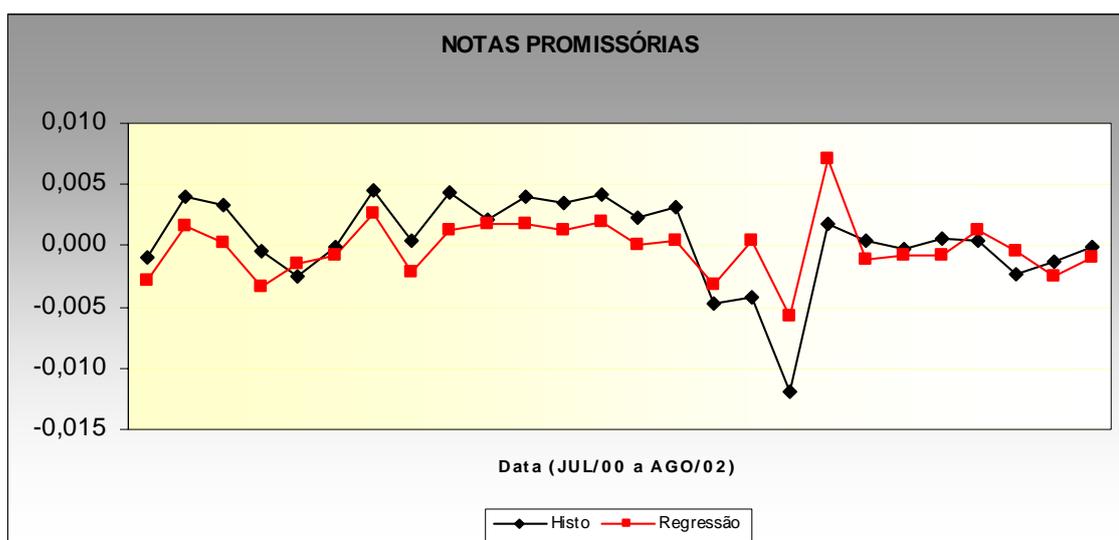


Figura 6.10 – Curva de ajuste obtida com a regressão para a modalidade Notas Promissórias

O gráfico da Figura 6.10 mostra que, em que pese as estimativas obtidas pela regressão terem permitido uma leitura de certo modo acurada da tendência da série histórica, as curvas estimada e observada apresentaram um evidente descolamento.

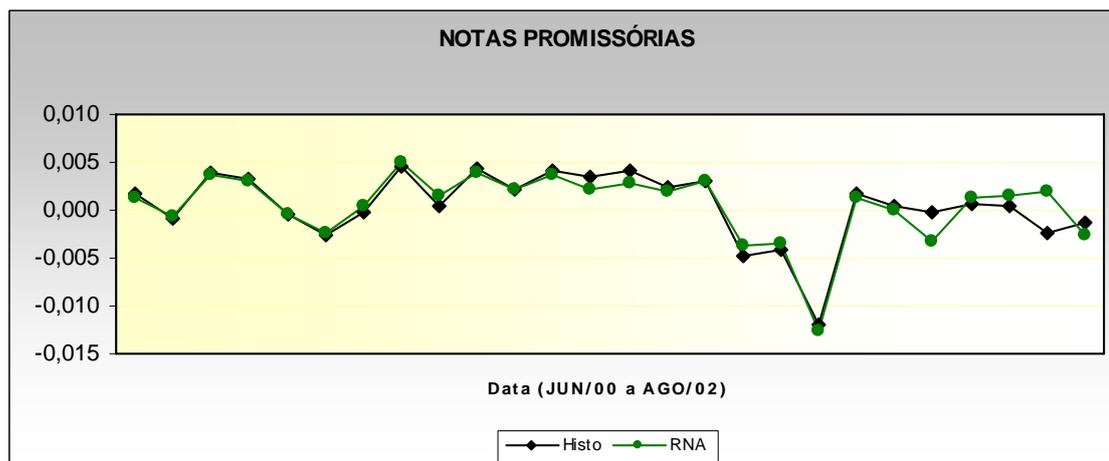


Figura 6.11 – Curva de ajuste obtida com a rede neural para a modalidade Notas Promissórias

Por seu turno, a curva estimada a partir da rede neural selecionada para a modalidade de Notas Promissórias logrou estabelecer com maior precisão tanto a tendência como os valores da série histórica, como pode ser observado pela análise do gráfico da Figura 6.11.

## **7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo precípua de avaliar se as redes neurais artificiais, classe especial dos modelos adaptativos, se prestariam ao propósito de modelar o comportamento dos níveis de inadimplência em empréstimos concedidos a pessoas jurídicas dadas as flutuações das variáveis macroeconômicas selecionadas.

Dada a necessidade de avaliar os reflexos das inconstâncias do cenário econômico brasileiro para a inadimplência, fez-se necessário, a princípio, lançar um olhar revisor ao processo de industrialização iniciado em meados da década de 1950 e à história subsequente da indústria do crédito nacional.

A revisão da literatura econômica para o período revelou que o surto industrializante foi marcado por forte presença estatal, patrocinadora da estratégia de substituição de importações. O financiamento da modernização do parque industrial se deu, sobretudo, às expensas do aumento do endividamento público e da sistemática emissão de moeda, artífices dos desequilíbrios macroeconômicos ulteriores, notadamente a escalada inflacionária.

Logo a manutenção da dinâmica inflacionária se mostraria insustentável, forçando o governo a buscar, para o seu financiamento, formas alternativas à expansão monetária. É a partir daí que o endividamento, baseado na venda de títulos públicos, torna-se a principal fonte de financiamento do setor público. Fatias cada vez maiores da poupança nacional são apropriadas pelo governo e chega-se a uma situação de dominância fiscal: a política monetária, vale dizer, o Banco Central, não consegue determinar a taxa de juros

porque ela tem de ser o que tiver de ser para permitir que o governo venda seus papéis (FRANCO, 1999).

Como consequência direta desta estratégia de financiamento público, verificou-se a atrofia do mercado de crédito privado com reflexos desabonadores para o crescimento econômico.

O trabalho buscou, adiante, conceituar o crédito e avaliar a sua evolução no Brasil. Constatou-se, como relevante, que o Plano Real, lançado em maio de 1994, marcou uma mudança na tendência precedente de crescimento do crédito total. Ao contrário do que seria razoável esperar em face de um novo ambiente de estabilização, observou-se que o crédito, a preços constantes, teve seu crescimento interrompido com a implantação do Plano Real. Apenas a partir de 1999 a curva do crédito total retoma a sua trajetória ascendente. Verificou-se que a explicação mais aceita para esse fenômeno se relacionava à crescente necessidade de financiamento do setor público e às mudanças na mensuração do patrimônio líquido exigível dos bancos, estas decorrentes da adesão do país ao Acordo da Basiléia.

As características econômicas do Brasil, notadamente a expressiva dívida pública como proporção do PIB, fizeram o país experimentar, a partir da década de 1990, como externalidade negativa de sua maior inserção no mercado internacional, grande volatilidade nas principais variáveis macroeconômicas. Como é sabido, essas alterações imprevistas afetam as firmas e seus projetos de investimento de diferentes maneiras, conforme a estrutura de obrigações financeiras e a natureza dos elementos do fluxo de caixa de cada uma. As flutuações no ambiente macroeconômico afetam, assim, a demanda do setor privado por crédito: o investidor estará tão mais disposto ao endividamento, via obtenção de recursos de terceiros, quanto mais positivas e, sobretudo, estáveis, forem suas expectativas sobre o futuro dos negócios.

Por outro lado, o relativo consenso acerca da falência do modelo de financiamento do setor público pela via do endividamento (vide Lei de Responsabilidade Fiscal), renova a esperança de que a taxa básica de juros entre em trajetória descendente, alcançando patamares mais próximos aos da média dos países emergentes, permitindo que os recursos das instituições financeiras sejam redirecionados para a concessão de crédito, com margens cada vez menores em razão do aumento da concorrência.

Diante deste contexto, o trabalho confirmou uma de suas premissas iniciais: a da emergência da utilização de sistemas especialistas para a análise do crédito. Observou-se, ademais, a partir da revisão bibliográfica realizada, que os modelos de análise do risco de crédito têm apresentado pouca integração com previsões macroeconômicas.

Avaliou-se, então, a viabilidade da utilização de sistemas baseados em redes neurais artificiais para a modelagem do comportamento da inadimplência em face das flutuações macroeconômicas. Para tal, buscou-se comparar o desempenho das redes neurais com um modelo econométrico tradicional na estimação dos níveis de inadimplência do crédito concedido a pessoas jurídicas. Os saldos em atraso a mais de 90 dias para sete diferentes classes de empréstimos (Aquisição de Bens, Capital de Giro, Conta Garantida, Desconto de Duplicatas, Hot Money, Notas Promissórias e Vendor) foram tomados como representativos da inadimplência bancária.

Os estudos afetos à inadimplência encontrados na literatura econômica se concentram, em geral, nos aspectos microeconômicos da problemática, fundamentalmente relacionando o risco de crédito à saúde contábil-financeira do tomador. Poucos são os trabalhos que buscam incorporar variáveis macroeconômicas à modelagem do comportamento da inadimplência.

Apenas recentemente Chu (2001), em trabalho publicado pelo Banco Central como parte da avaliação de 2 anos do Projeto “Juros e Spread Bancário no Brasil”,

propôs verificar os impactos de variáveis macroeconômicas selecionadas sobre a inadimplência bancária, a partir da formulação de um modelo econométrico tradicional, baseado em regressão linear múltipla.

O presente trabalho lançou mão da metodologia proposta por Chu para aferir os resultados encontrados com os modelos de redes neurais. O pequeno número de observações disponíveis, compreendendo o período entre maio de 2000, quando os saldos de operações em atraso por modalidade de crédito passam a ser divulgados pelo BACEN, e agosto de 2002, impossibilitaram a utilização do modelo de Chu tal qual originalmente proposto (com 5 defasagens para as variáveis explicativas). Ter-se-ia mais regressores que observações disponíveis. Isto posto, pôde-se observar a primeira das vantagens da metodologia de redes neurais: a quantidade de variáveis explicativas utilizadas no modelo pode superar o número de observações da amostra.

Há que se observar, também, que vários dos testes para verificação do atendimento às premissas simplificadoras do modelo de regressão linear clássico, rigorosamente falando, só se aplicam assintoticamente, ou seja, para grandes amostras. Bem verdade que, algumas das premissas do modelo de regressão podem ser relaxadas quando o objetivo se ativer apenas à estimação, mas neste caso perde-se a grande vantagem do modelo econométrico tradicional frente à metodologia de redes neurais, qual seja: a de extrair conhecimento e permitir o teste de hipóteses acerca dos impactos (coeficientes) individuais das variáveis explicativas sobre a variável explicada.

Para cinco das sete classes de crédito a pessoas jurídicas estudadas, verificou-se a superioridade da metodologia de redes neurais sobre o modelo de regressão linear. O critério comparativo utilizado foi o do menor erro quadrático médio da estimativa.

Apenas duas classes de crédito tiveram os seus saldos estimados com mais acurácia pelo método de regressão. Ainda assim, a maior diferença percentual entre o erro

quadrático médio da regressão e o seu equivalente para a metodologia de redes neurais não superou os 25 %. Em contraponto, para a modalidade de crédito ‘Notas Promissórias’, o modelo de regressão mostrou-se incapaz de modelar o comportamento dos saldos em atraso, com valor do coeficiente de determinação ajustado,  $R^2$  ajustado, de apenas 0,01. Estas considerações apontam para a confirmação da adequabilidade das redes neurais na modelagem do comportamento dos saldos em atraso como função de variáveis macroeconômicas, senão como substitutas, mas certamente como complementares aos métodos econométricos tradicionais.

Diante dos resultados e conclusões apresentadas alguns trabalhos são sugeridos para futuro desenvolvimento. O primeiro deles compreenderia a verificação do comportamento das duas metodologias aqui utilizadas em um horizonte mais largo de tempo. Assim, algumas das limitações do modelo econométrico tradicional poderiam se mostrar superadas em face de um maior número de observações. Um outro trabalho poderia buscar verificar se existe uma relação direta entre a superioridade da metodologia das redes neurais na modelagem do comportamento da inadimplência e presença mais acentuada de não-linearidade dos dados de entrada. Para tal, poder-se-ia lançar mão de testes para detecção de não-linearidades como, por exemplo, o proposto por Terasvirta, Lin e Granger (1991).

## 8. BIBLIOGRAFIA

---

ALTMAN, E. I. Financial Ratio Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. *Journal of Finance*. Setembro de 1968. p. 586-609.

ALTMAN, E. I., BAYDIA, T. e RIBEIRO, D.L. Assessing potencial financial problems for firms in Brazil. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1977. Documento de Trabalho n. 8.

ASSAF NETO, Alexandre e SILVA, César Augusto Tibúrcio. Administração do capital de giro. São Paulo: Atlas, 1996.

Azevedo, A. F. Z. e Portugal, M. S. Abertura comercial brasileira e instabilidade da demanda de importações. *Nova Economia*. Belo Horizonte, v. 8, n. 1, julho de 1998.

BACHA, Edgar L. et al. *Análise governamental de projetos de investimento no Brasil: procedimentos e recomendações*. Rio de Janeiro: Inpes/Ipea, 1971.

BAGEHOT, Walter. *Lombard Street: A Description of the Money Market*. New York: Scribner, Armstrong & Co., 1873.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Juros e Spread Bancário no Brasil. Brasília: BACEN, 1999.

BARROS, José R. Mendonça de e ALMEIDA JÚNIOR, Mansueto F. Análise do Ajuste do Sistema Financeiro no Brasil. Brasília: Ministério da Fazenda, Secretaria de Política Econômica, maio de 1997.

BERNSTEIN, Peter L. *Desafio aos Deuses: a fascinante história do risco*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

BIELSCHOWSKY, Ricardo et al. Formação de capital no ambiente das reformas econômicas brasileiras dos anos 1990: uma abordagem setorial. In: BAUMANN, Renato (Org.) *Brasil. Uma década em transição*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

BIS. *Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks*. Basle: Basle Committee on Banking Supervision, jan. 1996.

\_\_\_\_\_. *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*. Basle: Basle Committee on Banking Supervision, jul. 1988.

BONELLI, R. Growth and productivity in Brazilian industries: impacts of trade orientation. *Journal of Development Economics*, v.39, n.1, 1992.

BONELLI, R. e FONSECA, R. Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira. 1998, mimeo.

BRAGA, A. P., LUDERMIR, T. B. e CARVALHO, A. C. P. L. F. *Redes Neurais Artificiais: teoria e aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BRAGA, Márcio B. *Os Bancos Brasileiros e a Crise Mundial*. Informações Fipe, n. 216, set. 1998.

\_\_\_\_\_, Márcio Bobik e TONETO JR., Rudinei. *Conflito, Incerteza e Aceleração Inflacionária no Brasil*. Estudos Econômicos, São Paulo, v.25, n. especial, 1995/1996. p. 181-207.

BREALEY, Richard A. e MYERS, Stewart C. *Princípios de Finanças Empresariais*. 3<sup>a</sup>. ed. Lisboa: McGraw-Hill, 1992.

BRUTON, H. J. A Reconsideration of Import Substitution. *Journal of Economic Literature*, v. XXXVI, June 1998.

CAMERON, Rondo. "England, 1750-1844" in R. Cameron, O. Crisp, H. T. Patrick, and R. Tilly, eds., *Banking in the Early Stages of Industrialization: A Study in Comparative Economic History*. New York: Oxford University Press, 1967, pp. 15 - 59.

CAOQUETTE, John B., ALTMAN, Edward I. e NARAYANAN, Paul. *Gestão do Risco de Crédito: O Próximo Grande Desafio Financeiro*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

CARVALHO, A. P. L. F., BRAGA, A., LUDERMIR, T. *Fundamentos de Redes Neurais*. Publicação da COPPE/UFRJ para a XI Escola de Computação Brasileira. Rio de Janeiro, 1998.

CAVICCHIOLLI, Mário S. *A Influência do Comitê da Basiléia na Supervisão Prudencial do Sistema Financeiro Brasileiro*. Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em

Contabilidade e Finanças – 10a turma da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP. São Paulo, 1999.

CERQUEIRA, Daniel R. de C. Créditos e Inadimplência no Sistema Financeiro Nacional: evolução recente. *Boletim Conjuntural*, IPEA, n. 42, jul. 1998.

CHIRINKO, R. S., GUILL, G. D. A Framework for Assessing Credit Risk in Depository Insitutions: Toward Regulatory Reform. *Journal of Banking and Finance*. n. 15, 1991, p. 785-804.

CHU, Victório. Principais fatores macroeconômicos da inadimplência no Brasil. Juros e Spread Bancário no Brasil – Avaliação de 2 anos do projeto Juros e Spread Bancário. Banco Central do Brasil, p. 41-45, 2001.

CINTRA, Marcos A. M. Sistema Financeiro. *Indicadores DIESP*, n. 79, jul./ago.2000. p.14.

COMITÊ DE SUPERVISÃO BANCÁRIA DA BASILÉIRA (1999), *Principles for the Management of Credit Risk*. Consultative paper.

CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL, *Resolução 2.682*. Brasília, 1999.

CONSIDERA, C. M. Ideologia, globalização e emprego. *Jornal do Economista*, Corecon. n. 83, dez. 1995.

CONTADOR, Claudio R. *Projetos Sociais – Avaliação e Prática*. 3<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

Credit Suisse Financial Products. *CreditRisk – Technical Report*. Nova Iorque, 1997.

CROSSE, Howard D. e HEMPEL, George H. *Management Policies for Commercial Banks*. Prentice-Hall, 1973.

CRUZ, Paulo Davidoff das C. *Dívida externa e política econômica. A experiência brasileira dos anos setenta*. São Paulo: Brasiliense, 1984.

DAVIS, Lance E. "The Investment Market, 1870-1914: The Evolution of a National Market." *Journal of Economic History*, Setembro de 1965, 25 (3), pp. 355 - 399.

DELFIN NETO, Antonio. Tarometria e os 3,75 %. *Jornal VALOR*. p. A2, 20/08/2002.

DIAMOND, D.W., RAJAN, R.G. (2001), Liquidity Risk, Liquidity Creation, and Financial Fragility: A Theory of Banking. *Journal of Political Economy* 109, 287-327.

DIAZ, Maria Dolores M.; ARAUJO, Luiz Jurandir S.; *Aplicação de redes neurais a economia - demanda por moeda no Brasil*. São Paulo: s.ed, 02, 02, JUN 1998.

DUCA, John V. What credit market indicators tell us. *Economic & Financial Review*. Dallas: Federal Reserve Bank of Dallas, 1999. p. 2-13.

DULIBA, K. A. Contrasting neural nets with regression in predicting performance in the transportation industry. *IEEE*, 163-170, 1991.

FAMA, Eugene. Risk, return and equilibrium: some clarifying comments. *Journal of Finance*. n. 23, março de 1968. p. 29-40.

FAMA, E. e MILLER, M. H. *The theory of finance*. Nova Iorque: Holt, Rinehart and Winston, 1973.

FEIJÓ, C., CARVALHO, P. G. M. Sete teses equivocadas sobre o aumento da produtividade industrial nos anos recentes. *Boletim de Conjuntura*, IEI/UFRJ. jul. 1994a.

———. A evolução recente da produtividade e do emprego na indústria brasileira. *Proposta*. Rio de Janeiro, n. 63, dez. 1994b.

FELDSTEIN, M. Reducing the risk of economic crisis. *NBER Working Paper*, n. 3.620, 1991.

FERRAZ, João Carlos, KUPFER, David e SERRANO, Franklin. Incerteza, Adaptação e Mudança: Indústria Brasileira entre 1982 e 1998. *Boletim de Conjuntura*, UFRJ. Vol.19, n. 02, jul/1999. p. 57-61.

GARSON, D. G. *Interpreting neural-network connection weights*. *AI Expert*, 1991, April, 47-51.

GAZETA MERCANTIL, Jornal. *Déficit no Patrimônio Atinge R\$ 1,9 Bilhões*. p. B-2, 14/02/01, 2001.

GOLDBERGER, Arthur. *A Course in Econometrics*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1991, p.249.

GREENE, W. H. (1997). *Econometric Analysis*. Third Edition. Prentice Hall. New Jersey. 1075 p.

GREENWOOD, Jeremy e SMITH, Bruce D. "Financial Markets in Development, and the Development of Financial Markets." *Journal of Economic Dynamics and Control*, January 1997, 21 (1), pp. 145.

GROSSMAN, G., HELPMAN, E. Comparative advantage and long-run growth. *The American Economic Review*. v. 80, n. 4, p. 796-815, Sep. 1990.

GUJARATI, Damodar. (1999). *Essentials of Econometrics*, 2nd ed., McGraw Hill

GURLEY, John G. e SHAW, Edward S. "Financial Aspects of Economic Development." *American Economic Review*, Setembro de 1955, 45 (3), pp. 515 - 538. input variables in Neural Network Classifiers. In: *Computers & Operational*

HAYKIN, Simon. *Neural Networks : a comprehensive foundation*. USA : Macmillan College Publishing, 1994.

IBGE/Andima. Sistema Financeiro, uma Análise a partir das Contas Nacionais 1990 – 1995. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Contas Nacionais, 1997.

J.P.Morgan. "Credit Metrics™." *Technical Report – J.P.Morgan & Company*, 1997.

JORION, P. *Value at Risk*. Nova Iorque: McGrawHill, 1997.

KANITZ, S.C. Como prever falências. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.

KASZNAR, I.K. Falências e concordatas de empresas: modelos teóricos e estudos empíricos – 1978-1982. [S.1.], 1986. Dissertação de Mestrado – Fundação Getúlio Vargas.

KOVÁCS, Zsolt László. *O Cérebro e sua Mente: Um Introdução à Neurociência Computacional*. São Paulo: Edição Acadêmica, 1997.

\_\_\_\_\_, Zsolt László. *Redes Neurais Artificiais: fundamentos e aplicações*. São Paulo: Collegium Cognitio, 1996.

KUAN, C. M. e WHITE, H. (1994). "Artificial neural networks: An econometric perspective". *Econometric Reviews*, 13, 1-91.

KUME, H. *A Política de importações, o Plano Real e a estrutura de proteção efetiva*. Rio de Janeiro: IPEA, 1996 (Texto para Discussão).

LEE, E. T. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. Belmont, Calif.: Lifetime Learning Publications.

LESSARD, D.R. (1995), Financial Risk Management for Developing Countries: A Policy Overview, *Journal of Applied Corporate Finance* 8, 4-18.

LEVINE, Ross e KING, Robert G. "Finance and Growth: Schumpeter Might Be Right." *Quarterly Journal of Economics*, Agosto de 1997, 108 (3), pp. 717 - 738.

LEVINE, Ross. "Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda." *Journal of Economic Literature*, 1997, 35, pp. 688 - 726.

LEVY, Haim e SARNAT, Marshall. *Capital Investment & Financial Decisions*. 5. ed. Prentice-Hall, 1994.

LINTNER, John. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolio and capital budgets. *Review of Economic and Statistics*. n. 47, fevereiro de 1965, p. 13-37.

LOESCH, Cláudio e SARI, Solange T. *Redes Neurais Artificiais : Fundamentos e Modelos*. Blumenau : FURB, 1996.

MAIA, Geraldo V. S. e MALAN, Luiz S. *Acordo de Basiléia: avaliação do procedimento utilizado pelo Brasil*. Nota técnica DEPEC – 96/02, Boletim do BC, fev. 1998.

MARQUEZ, L., HILL, T., WORTHLEY, R. e REMUS, W. Neural network models as an alternative to regression. *IEEE*, 129-135, 1991.

MARKOWITZ, H. *Portfolio selection: Efficient Diversification of Investments*. New York: John Wiley & Sons, 1959.

MARKOWITZ, H. M. e PEROLD, A. F. Portfolio Analysis with Scenarios and Factors. *Journal of Finance*. n. 36, 1981. p.871-877.

MCCULLOCH, W. S., PITTS, W. A logical calculus of the ideas imminent in nervous activitu. *Bulletim of Mathematical Biophysics*, 5, p. 115-133, 1943.

MCKINSEY. “Measuring Credit Portfólio Risk: Incorporating Macroeconomic Migration Analysis.” *Technical Report – McKinsey & Co.*, 1997.

MINSKY, M., PAPERT, S. *Perceptrons: an introduction to computational geometry*. Cambridge: MIT Press, 1969.

MONTEIRO E SILVA, Alexandre B., PORTUGAL, Marcelo S. e CECHIN, Adelmo Luis. Redes Neurais Artificiais e Análise de Sensibilidade: Uma Aplicação à Demanda de Importações Brasileiras. *Economia Aplicada*, v. 5, n. 4, p. 645-693, 2001.

MUELLER, P. H. Cycles and the Credit Culture. *Journal of Lending and Credit Risk Management*, Special Edicion, June 1997.

NATH, R.; RAJAGOLAPALAN, B.; RYKER, R. (1997). *Determining the saliency of input variables in Neural Network Classifiers*. In: *Computers & Operational Research*, v. 24, n. 8. pp. 767-773.

NEAL, Robert. S. Credit derivatives: New financial instruments for controlling credit risk. Federal Reserve Bank of Kansas City – Economic Review, Second Quarter, 1996.

NEWAY, W.K. e WEST, K. “A Simle Positive Semi-Definite Heteroscedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix”. *Econometrica*, vol. 55, 1987, p. 703-708.

NIYAMA, Jorge Katsumi e GOMES, Amaro L. Oliveira. *Contabilidade de Instituições Financeiras*. São Paulo: Atlas, 2000.

ONGENA, Steven. Lending relationships, bank default and economic activity. *International Journal of the Economics of Business*. Abingdon: Carfax Publishing, vol. 6. n.2, jul. 1999.

PAULA, Luiz F. R., JÚNIOR, Antônio J. A. e MARQUES, Maria B. L. *Ajuste Patrimonial e Padrão de Rentabilidade dos Bancos Privados no Brasil durante o Plano Real*. Grupo de Estudos da Moeda e Sistema Financeiros da UFRJ, 1999. mimeo

PRADO, Renata G. A., de BASTOS, Norton T. e DUARTE JÚNIOR, Antônio M. *Gerenciamento de riscos de crédito em bancos de varejo no Brasil*. On-line. Disponível em: [www.risktech.com.br](http://www.risktech.com.br)

PINHEIRO, A. C. e ALMEIDA, G. *Padrões setoriais da proteção na economia brasileira*. Rio de Janeiro: IPEA, out. 1994 (Texto para Discussão, 355).

PREBISCH, R. Problemas Teóricos e Práticos do Crescimento Econômico. In: Bielschowsky (Org.). *Cinquenta Anos de Pensamento da Cepal*. Rio de Janeiro: Record, 2000.

PUGA, Fernando P. *Sistema Financeiro Brasileiro: reestruturação recente, comparações internacionais e vulnerabilidade à crise cambial*. Rio de Janeiro: BNDES, mar. 1999. (Texto para Discussão BNDES, n. 68).

REED, Edward W., GILL, Edward K. *Bancos Comerciais e Múltiplos*. São Paulo: Makron Books, 1994.

RIGOLON, F. J. Z. Opções reais, análise de projetos e financiamento de longo prazo. *Revista do BNDES*. Rio de Janeiro. v.06, n. 11, junho de 1999. p. 137-166.

ROMER, P. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*. v. 48, out. 1990.

ROSSI JR., José Luiz e FERREIRA, Pedro C. *Evolução da Produtividade Brasileira e Abertura Comercial*. Rio de Janeiro: IPEA, 1999 (Texto para Discussão, 651).

ROUSSEAU, Peter L. e WACHTEL, Paul. "Financial Intermediation and Economic Performance: Historical Evidence From Five Industrialized Countries." *Journal of Money, Credit and Banking*, Novembro de 1998, 30 (4), pp. 657 - 678.

RUMELHART, D. E., WIDROW, B. e LEHR, M. A. The basic ideas in neural networks. *Communications of ACM*, 37(3), p. 87-92, 1994.

\_\_\_\_\_, David E., HINTON, G. e WILLIAM, R. *Learning internal representations by error propagation*. In: Rumelhart; McClelland (eds.), *Parallel distributed processing –*

explorations in the micro-structure of cognition. V.1: Foundations. Cambridge: MIT Press, 1986.

SANTOS, José Odálio dos. *Análise de Crédito – Empresas e Pessoas Físicas*. São Paulo: Atlas, 2000.

SANTOS, S. C. dos. Um modelo de análise discriminante múltipla para previsão de inadimplência em empresas. Rio de Janeiro, 1996. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SAUNDERS, Anthony. *Administração de Instituições Financeiras*. São Paulo: Atlas, 2000.

\_\_\_\_\_, Anthony e ALLEN, Linda. *Credit Risk Measurement – New Approaches to Value at Risk and Other Paradigms*. 2 a ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.

SASSON, J. M. *Civilizations of the Ancient Near Est*. Nova Iorque: Charles Scribner's Sons, 1995.

SCHERR, Frederick C. *Modern Working Capital Management*. New Jersey. Prentice-Hall, 1989.

SCHIRICKEL, Wolfgang Kurt. *Demonstrações Financeiras*. São Paulo: Atlas, 1997.

SCHUMPETER, J. *The Theory of Economic Development*, 1934, 1961, New York (original alemão publicado em 1911).

Shapiro, S. S., Wilk, M. B., & Chen, H. J. (1968). A comparative study of various tests of normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1343-1372.

SHARPE, William F. A simplified model for portfolio analysis. *Management Science*, n. 9, janeiro de 1963. p. 227-293.

\_\_\_\_\_, William F. *Portfolio theory and capital markets*. Nova Iorque: MacGrawHill, 1970.

SILVA, A. O. et al. *Retrospectiva da economia brasileira. Perspectivas da Economia Brasileira–1994*. Rio de Janeiro: IPEA. Cap. 1, p.13-41, 1993.

- SILVA, José Pereira da. *Gestão e Análise de Risco de Crédito*. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- SOLOW, R. A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*. v. 70, 1956.
- SONI, T., OTRUBA, H. HAEFKE, C. e NATTER, M. (1995). "Can neural networks capture stylized facts in macroeconomic time series?". Eastern Economic Annual Meeting.
- STEINER, Maria T. A. et al. Sistemas especialistas probabilísticos e redes neurais na análise de crédito bancário. *Revista de Administração*. São Paulo v.34, n.3, julho/setembro 1999. p. 56-67.
- SYLLA, Richard. "Federal Policy, Banking Market Structure, and Capital Mobilization in the United States, 1863-1913." *Journal of Economic History*, Dezembro de 1969, 29 (4), pp. 657 - 686.
- TAFNER, Malcon, XEREZ, Marcos e RODRIGUES FILHO, Ilson W. *Redes Neurais Artificiais: Introdução e princípios de neurocomputação*. Blumenau : EKO, 1995.
- TERASVIRTA, Timo; LIN, Chien Fu e GRANGER, Clive W. J. "Power of the Neural Network Linearity Test." University of California at San Diego. Economics Paper Series 91-01, Department of Economics, UC San Diego, 1991.
- TROSTER, Roberto L. Política Bancária do Real. *Informações Fipe*, n. 208, p. 13 – 15 jan. 1997.
- WHITE, H. *Artificial neural networks: approximation and learning theory*. Oxford: Blacwell, 1992.
- WILSON, T. C. Measuring and Managing Credit Portfolio Risk, a Two-part series. McKinsey & Co. Mimeo, 1997.