
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TRABALHO DE FORMATURA

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO
DE PROBABILIDADES EM UM MODELO DE
PRECIFICAÇÃO DE DERIVATIVOS DE CRÉDITO**

AUTOR: LUÍS ROBERTO SANT'ANNA HENRIQUES
ORIENTADORA: PROFESSORA LINDA LEE HO

2001

HF 2004
H395a

AGRADECIMENTOS

Aos amigos da Engenharia de Produção por todos os conhecimentos e experiências compartilhados e pelo companheirismo e amizade demonstrados nos últimos cinco anos.

À toda a equipe da FHS pelo apoio, pelo incentivo e pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

À professora Linda Lee Ho pelo apoio e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

À Daniela Kato pelo apoio, compreensão e companheirismo demonstrados nos últimos anos.

Aos meus pais e irmãos por estarem sempre presentes.

Muito Obrigado,

Luís Roberto Sant'Anna Henriques

ÍNDICE

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Motivação	1
1.1.1. A Empresa	1
1.1.2. O Mercado Financeiro	1
1.2. Objetivos do Trabalho	2
Capítulo 2 – O Mercado de Crédito e seus Riscos	3
2.1. A Evolução de Crédito e do Sistema Financeiro	3
2.2. Risco de Crédito	4
2.3. Modelos de Risco de Crédito	5
2.3.1. Modelos de Concessão de Crédito	5
2.3.2. Ratings	10
2.3.3. Modelos de VaR de Crédito	14
Capítulo 3 – Os Derivativos de Crédito	25
3.1. O que são os Derivativos de Crédito	26
3.2. Principais Tipos de Derivativos de Crédito	28
3.2.1. Swap de Crédito (Credit Default Swap)	28
3.2.2. Swap de Retorno Total (Total Return Swap)	29
3.2.3. Notas de Vinculação ao Crédito (Credit Linked Notes)	31
3.2.4. Opções sobre Spread de Crédito (Credit Spread Options)	33
3.3. Aplicações dos Derivativos de Crédito	34
3.4. Vantagens dos Derivativos de Crédito	35
3.4.1. Vantagens para o comprador de proteção	35
3.4.2. Vantagens para o vendedor de proteção	36
3.5. Risco dos Derivativos de Crédito	36
3.6. Questão Legal	37
3.6.1. Eventos de Crédito	37
Capítulo 4 – Precificação de um Derivativo de Crédito	39
4.1. O Modelo	40
4.2. Descrição do Modelo	42
4.2.1. Tendência do Mercado – Taxas de juros	43
4.2.2. Spreads de Crédito	45
4.2.3. Correlação	46
4.2.4. Probabilidades de Inadimplência	46
4.2.5. Taxas de Recuperação	47
4.2.6. A Árvore	48
4.3. Resultados do Modelo	50
4.4. Estudo da influência da distribuição de probabilidades	51
4.4.1. Distribuição Bernoulli	52
4.4.2. Distribuição Uniforme	54
4.4.3. Distribuição Normal	55
4.4.4. Comparação dos Resultados	57
Capítulo 5 – Conclusão	59
Bibliografia	61
Anexos	63
Anexo A – Resolução 2862	63
Anexo B – Exemplo de um Derivativo de Crédito	66
Anexo C – Gráficos da Simulação	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Curva de Indiferença.....	4
Figura 2:	Fluxo do Processo Clássico de Análise de Crédito	7
Figura 3:	Número de avaliações feitas pela Moody's	11
Figura 4:	Esquema do Modelo EDF da KMV	16
Figura 5:	Esquema do CreditMetrics.....	18
Figura 6:	Distribuição dos valores de um título (Modelo CreditMetrics)	19
Figura 7:	Esquema do CreditRisk+	21
Figura 8:	Distribuição das perdas (CreditRisk+).....	22
Figura 9:	Evolução do Volume de Negócios em Derivativos de Crédito.....	25
Figura 10:	Terminologias a serem utilizadas no trabalho.....	26
Figura 11:	Esquema de um <i>Swap de Crédito</i>	28
Figura 12:	Exemplo de um <i>Swap de Crédito</i>	29
Figura 13:	Esquema de um <i>Swap e Retorno Total</i>	30
Figura 14:	Exemplo de um <i>Swap de Retorno Total</i>	31
Figura 15:	Esquema de uma <i>Nota de Vinculação ao Crédito</i>	32
Figura 16:	Exemplo de uma <i>Nota de Vinculação ao Crédito</i>	33
Figura 17:	Esquema de uma <i>Opção sobre Spread de Crédito</i>	33
Figura 18:	Exemplo de uma <i>Opção sobre Spread de Crédito</i>	34
Figura 19:	Curvas de juros: Mercado x Empresa.....	40
Figura 20:	Árvore de Precificação.....	40
Figura 21:	Esquema simplificado do modelo de precificação	42
Figura 22:	Árvore do modelo de precificação	49
Figura 23:	Simulação Bernoulli corr 0,9; juros baixos e <i>spread</i> ruim	53
Figura 24:	Simulação Bernoulli corr 0,9; juros normal e <i>spread</i> médio	53
Figura 25:	Simulação Bernoulli corr 0,9; juros altos e <i>spread</i> bom.....	53
Figura 26:	Simulação Uniforme corr 0,9; juros baixos e <i>spread</i> ruim.....	54
Figura 27:	Simulação Uniforme corr 0,9; juros normal e <i>spread</i> médio.....	55
Figura 28:	Simulação Uniforme corr 0,9; juros altos e <i>spread</i> bom	55
Figura 29:	Simulação Normal corr 0,9; juros baixos e <i>spread</i> ruim	56
Figura 30:	Simulação Normal corr 0,9; juros normal e <i>spread</i> médio.....	56
Figura 31:	Simulação Normal corr 0,9; juros altos e <i>spread</i> bom	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1:	Resultados do estudo de Altman (<i>Z Score</i>).....	9
Tabela 2:	Principais agências de <i>rating</i> no mundo	12
Tabela 3:	Melhor classificação em função de atrasos, segundo resolução 2692.....	13
Tabela 4:	Provisão exigida pelo Banco Central.....	14
Tabela 5:	Exemplo de uma matriz de transição.....	17
Tabela 6:	Determinação da volatilidade de um título (Modelo CreditMetrics)	19
Tabela 7:	Distribuição de Poisson de média 3.....	21
Tabela 8:	Comparação entre os modelos de risco de crédito	22
Tabela 9:	Risco dos Derivativos de Crédito.....	37
Tabela 10:	Curvas de juros para o exemplo	50
Tabela 11:	<i>Spreads</i> para o exemplo	50
Tabela 12:	Parâmetros de regressão logística.....	50
Tabela 13:	Resultados do modelo.....	51
Tabela 14:	Resultados da simulação com distribuição Bernoulli	52
Tabela 15:	Resultados da simulação com distribuição uniforme	54
Tabela 16:	Resultados da simulação com distribuição normal.....	56
Tabela 17:	Comparação de resultados entre o modelo e a simulação	57
Tabela 18:	Diferença dos resultados do modelo e das simulações	57
Tabela 19:	Testes de hipótese.....	58
Tabela 20:	Valores de $Z_{\alpha/2}$ para aceitar H_0	58

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Motivação

A escolha do tema e a motivação para o desenvolvimento deste trabalho surgiram em decorrência do estágio realizado na FHS – Financial High-End Systems e das atuais condições do mercado financeiro brasileiro que está prestes a regulamentar os Derivativos de Crédito.

1.1.1. A Empresa

A FHS – Financial High-End Systems Consultoria e Comercial Ltda. é uma empresa que fornece sistemas de suporte à decisão para a área financeira. A empresa procura focar seus esforços não apenas fornecendo sistemas de alto desempenho, mas também na condição de prestadora de serviços, assistindo e treinando seus clientes para que os mesmo consigam extrair o máximo das ferramentas oferecidas.

Atualmente a empresa atua fortemente nas áreas de MIS – *Managerial Information Systems* e *Risk Management* possuindo três sistemas principais:

O *Funding Model Server* é um sistema que tem como principal objetivo fazer o suporte na tomada de decisão, apurando a rentabilidade e a eficiência das operações, além de suprir algumas necessidades de informações sobre o mercado financeiro. O sistema é voltado para a parte gerencial, tratando e distribuindo as informações críticas das instituições, proporcionando uma visão abrangente sobre o negócio.

O *RiskPerforma* é um sistema voltado para a análise e o gerenciamento do risco de mercado, fundamentado no cálculo do *VaR – Value at Risk* – da instituição. O sistema não apenas quantifica o risco, mas também oferece ferramentas de análise de sensibilidade. Sob posse deste sistema é possível controlar o risco, bem como fazer análises das condições do mercado e da relação risco/retorno das operações.

O *Cash Liquidity Server* é um sistema que tem como objetivo ajudar o gerenciamento do risco de liquidez, oferecendo ferramentas para a análise da situação financeira da empresa em diferentes cenários.

1.1.2. O Mercado Financeiro

O mercado financeiro brasileiro possui um volume de negócios muito pequeno se comparado a alguns países de primeiro mundo. Entretanto, muitas instituições sentem a necessidade de instrumentos que possibilitem a negociação do risco de crédito, facilitando a administração de suas carteiras de crédito. Em decorrência disto,

surgiu o interesse pela negociação dos derivativos de crédito no Brasil e, desde outubro de 2000, algumas instituições financeiras estão atuando junto ao Banco Central do Brasil para que estes produtos sejam regulamentados. Segundo previsões de especialistas, os derivativos de crédito devem estar regulamentados até o início de 2002.

O início das negociações de derivativos de crédito no Brasil é uma grande oportunidade para a FHS se posicionar no mercado de crédito, podendo desenvolver novos sistemas e/ou prestando serviços de consultoria. Assim, esta oportunidade despertou o interesse da empresa e motivou a realização deste estudo.

1.2. Objetivos do Trabalho

Este trabalho tem por objetivo apresentar os principais tipos de derivativos de crédito existentes no mercado externo, bem como estudar o modelo de precificação de um Swap de Crédito (*Credit Default Swap*) proposto por Das e Sundaram (1998), utilizando técnicas de simulação.

Para atingir tais objetivos, preliminarmente, foi feito um estudo do mercado de crédito e das técnicas para a avaliação do risco, seguidos de uma breve introdução aos principais modelos de avaliação do risco de crédito existentes no mercado. Assim, este trabalho ficou estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1:** Capítulo introdutório que apresenta os motivos para o desenvolvimento deste trabalho e os principais objetivos do mesmo.
- **Capítulo 2:** O segundo capítulo procura situar o estudo em um contexto, apresentando um breve histórico do mercado de crédito e das principais técnicas e modelos para a avaliação do risco de crédito, fazendo também uma comparação entre os principais modelos de referência hoje no mercado.
- **Capítulo 3:** Este capítulo apresenta os principais derivativos de crédito existentes no mercado externo, mostrando alguns exemplos e as principais vantagens que estes produtos oferecem para os seus negociantes. Também são feitas algumas considerações sobre os aspectos legais dos derivativos de crédito.
- **Capítulo 4:** O quarto capítulo apresenta o modelo de precificação de um Swap de Crédito proposto por Das e Sundaram (1998), complementando com uma avaliação do impacto de se utilizar outras distribuições de probabilidades no modelo.
- **Capítulo 5:** No último capítulo são apresentados os principais resultados e conclusões obtidos neste estudo, bem como os próximos passos a serem seguidos.

Capítulo 2 – O Mercado de Crédito e seus Riscos

Este capítulo procura apresentar um histórico da evolução do mercado e crédito até a atualidade, destacando a importância da avaliação do risco e as principais técnicas e modelos para se apurar as condições de pagamento dos tomadores de empréstimos.

2.1. A Evolução de Crédito e do Sistema Financeiro

A palavra crédito significa acreditar, confiar e teve a sua origem na palavra 'credo', do Latim. Segundo Nakamura (2000) apud Conant (1967), existem registros que na antiga Assíria, Fenícia e Egito que as transações eram feitas com poucas ou nenhuma garantia.

Com o desenvolvimento do mercado, na Idade Média, houve uma demanda maior por operações de crédito criando-se mecanismos de depósitos e re-empréstimos. Inicialmente os depositantes pagavam aos "arrendadores" para que estes ficassem com o dinheiro por motivos de segurança, porém, essa situação se inverteu com o aumento da demanda de capital e os "arrendadores" passaram a remunerar os depósitos.

Segundo Nakamura (2000) apud Petit e De Veyrac (1945) a Igreja foi um impecilio para o desenvolvimento do mercado de crédito pois proibia o pagamento de juros em função de empréstimos fazendo com que este tipo de operação se concentrasse nas mãos dos judeus e lombardos.

Porém, com o crescimento das atividades financeiras, a Igreja passou a aceitar essas operações possibilitando o desenvolvimento das famosas cidades estado italianas na Idade Média. Os bancos surgiram como consequência da necessidade de se organizar essas operações de forma a aumentar as garantias aos depositantes e ajudar no financiamento de obras do governo. Com o seu crescimento, os bancos passaram a administrar as contas da cidade como, por exemplo, o recebimento de impostos.

O sistema bancário continuou a evoluir, acompanhando o desenvolvimento comercial e industrial, surgindo posteriormente os bancos comerciais, os bancos de investimento, as *factorings*, entre outros, desempenhando um importante papel no desenvolvimento da economia mundial.

2.2. Risco de Crédito

Uma operação de crédito ocorre quando há um empréstimo de recursos, podendo ou não estar na forma de dinheiro, do credor – aquele que empresta o recurso – para o tomador – aquele que toma emprestado o recurso – com o objetivo de gerar benefícios para ambas as partes. O credor será beneficiado pela cobrança de juros e o tomador pela possibilidade de investimento do recurso obtido.

O que se verifica nesta operação é que o credor trocou o recurso disponível pela expectativa de recebê-lo de volta no futuro acrescido dos juros. Esta expectativa nada mais é do que uma probabilidade de pagamento que é diretamente influenciada pelas condições do tomador do empréstimo, além de ser indiretamente influenciada por fatores da economia.

Uma vez que existe uma probabilidade de não pagamento, o credor fica exposto a um risco, pelo qual cobra um retorno. É comum, no mercado financeiro, se definir uma curva de indiferença que mostra o retorno mínimo exigido pelo investidor (credor) para determinado grau de risco. A Figura 1, a seguir, mostra um exemplo de curva de indiferença, lembrando que esta pode variar no tempo e de investidor para investidor.

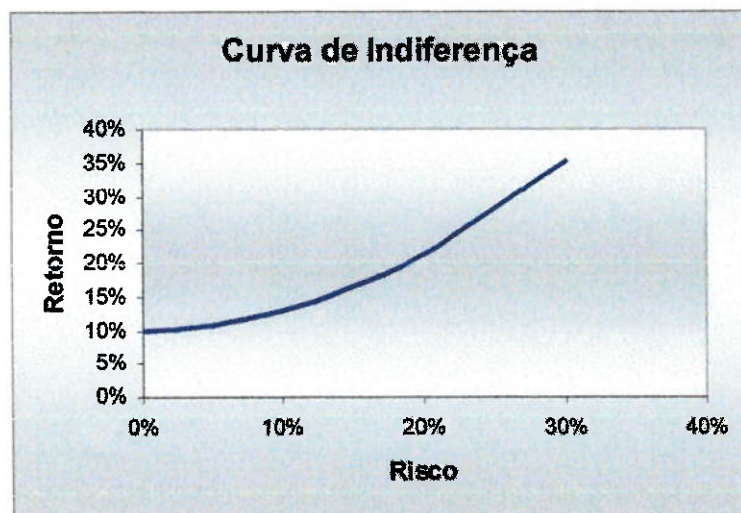


Figura 1: Curva de Indiferença

O risco de crédito é uma das classes mais importantes de risco para as instituições financeiras. Segundo o JP Morgan (1997), existem várias razões para medi-lo e avaliá-lo, dentre as quais pode-se destacar:

- Ele pode crescer rápida e inesperadamente, sem apresentar sinais de mudança;
- Muitos credores possuem um alto grau de alavancagem, o que significa que erros na estimação deste risco podem quebrá-los;

- É muito difícil administrá-lo, dada a dificuldade de se diversificar a carteira;
- Com a medida dos riscos, as decisões de diversificação da carteira são tomadas de maneira mais racional;
- Com a sua medida é possível perceber os efeitos da diversificação e/ou concentração;
- Os produtos financeiros se tornaram muito complexos, principalmente após a criação dos derivativos, dificultando a avaliação dos riscos;
- O aumento da liquidez dos mercados secundários possibilitou uma administração do risco baseada em preços e taxas do mercado.

2.3. Modelos de Risco de Crédito

Os modelos de risco de crédito evoluíram muito nos últimos anos e, dentre os principais existentes hoje, é possível fazer uma distinção em três diferentes classes: Modelos de concessão de crédito, *Ratings* e Modelos de VaR (*Value at Risk*) de Crédito.

A seguir será feita uma breve apresentação dos principais modelos, sem entrar em detalhes muito específicos pois isto foge ao objetivo deste trabalho.

2.3.1. Modelos de Concessão de Crédito

Os modelos de concessão de crédito, classe que inclui os modelos especialistas e os modelos de *credit score*, são voltados para auxiliar a decisão de se fazer ou não o empréstimo em função da qualidade de crédito do tomador.

Sistemas especialistas

Neste sistema de avaliação, a análise do crédito depende fortemente do julgamento subjetivo de analistas de crédito. Estes profissionais passam por um forte treinamento e ganham respeito à medida que adquirem mais experiência e habilidade. Segundo Saunders (1999), eles são altamente valorizados por três razões principais:

- Normalmente estão alinhados com a linha de trabalho da instituição à qual pertencem, podendo estabelecer limites de crédito para cada tipo de cliente. À medida em que vão ganhando experiência, eles vão “construindo” uma cultura do crédito que é passada para os profissionais mais novos;
- À medida em que ganham respeito, eles se transformam numa fonte de regras e informações para a aprovação do crédito. Estas regras dificilmente são documentadas;

- Com a presença destes profissionais, os outros executivos da instituição podem se concentrar em outras atividades que julgam mais importantes.

Para fazer a decisão sobre a concessão do crédito, são utilizadas várias metodologias próprias, porém, para Caouette et Al. (1999) e Saunders (1999) o mais comum é a utilização dos cinco "Cs" do crédito:

- 1) *Caráter (Character)*: Medida da reputação da firma. É uma medida empírica em que a idade da empresa é importante no que diz respeito à sua reputação;
- 2) *Capital (Capital)*: O Patrimônio Líquido e a taxa de alavancagem. Altas taxas de alavancagem sugerem grandes chances de quebra;
- 3) *Capacidade (Capacity)*: A habilidade de pagar, que reflete a volatilidade dos ganhos do "devedor";
- 4) *Garantias (Collateral)*: Garantias que o tomador oferece;
- 5) *Condições Econômicas (Cycle or Economic Conditions)*: O estado dos negócios é um importante fator para se medir o risco de crédito.

Além dos cinco "Cs" estão as taxas de juros, que influenciam fortemente o retorno das empresas. A Figura 2, resume o processo da análise do crédito em um sistema especialista.

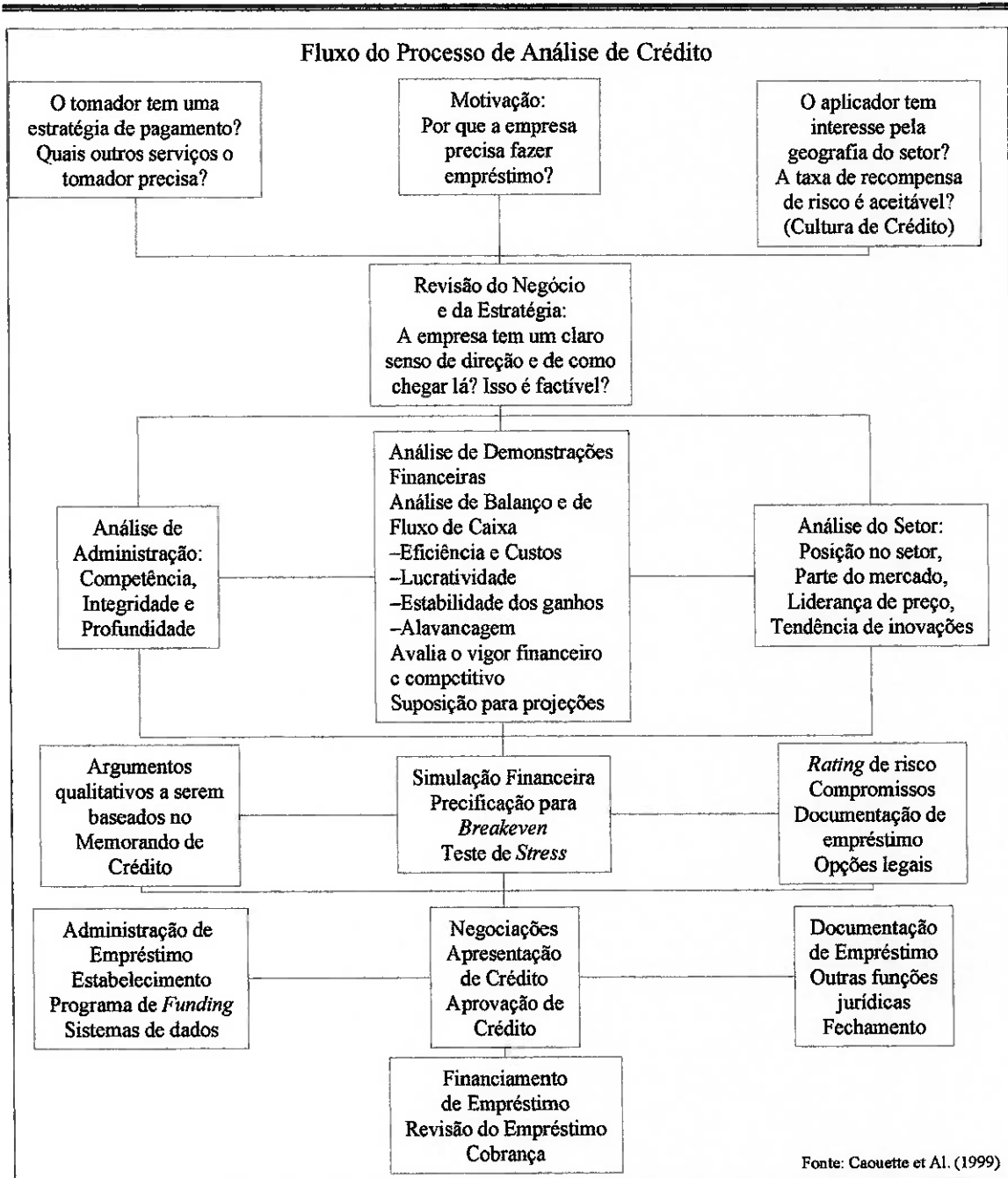


Figura 2: Fluxo do Processo Clássico de Análise de Crédito

A análise de crédito em um sistema especialista exige que se analise várias categorias de indicadores das empresas, tais como: desempenho operacional, cobertura dos serviços da dívida, alavancagem financeira, liquidez e recebíveis. É necessário tomar um cuidado especial com a análise do fluxo de caixa (liquidez) da empresa pois este influencia fortemente os outros indicadores financeiros. Além disso, o processo de concessão de crédito depende muito da análise subjetiva do profissional, de suas expectativas para o setor no qual a empresa atua e de como é avaliada a sua administração. É importante lembrar que cada setor da economia tem fatores próprios de estudo.

Estes sistemas foram os primeiros a serem utilizados no mercado e hoje em dia ainda estão presentes em grande parte das instituições financeiras. Apesar disso, os sistemas especialistas apresentam uma série de problemas:

- Seu desenvolvimento e sua manutenção são muito dispendiosos;
- O treinamento dos profissionais é muito caro, leva muito tempo e a instituição não tem garantias de que eles serão fiéis a ela;
- Os sistemas podem exigir informações redundantes, aumentando os custos e gerando ineficiência;
- Por ser um sistema altamente subjetivo, apresenta desempenho variável;
- Profissionais que passaram pelo mesmo treinamento podem fazer análises diferentes da mesma empresa – em instituições maiores, normalmente, essa variação é mais acentuada devido ao maior número de pessoas responsáveis pela concessão de um empréstimo;
- A maioria dos sistemas especialistas não trata de gestão de carteiras devido à complexidade – eles apenas analisam a concessão do crédito.

Sistemas de *credit score*

Os sistemas de *Credit Score* partem da hipótese de que, através de um processo quantitativo, é possível determinar uma pontuação para os pagadores e, assim, definir um critério de classificação entre os bons e os maus pagadores. Desta forma, é possível construir curvas distintas de distribuições de probabilidades de inadimplência.

Para um sistema de *Credit Score* ser bem visto no mercado, ele deve ter as seguintes características:

- Boa fundamentação teórica;
- Medir o risco/probabilidade de inadimplência;
- Apresentar os resultados independente da opinião do usuário;
- Reconhecer mudanças na qualidade do crédito e apresentar estabilidade quando não mudarem as condições do tomador;
- Produzir resultados consistentes ao longo do tempo e para uma grande variedade de tomadores de empréstimo;

Os modelos de *Credit Score* utilizam várias técnicas, dentre as quais pode-se destacar:

- Análise discriminante;
- Árvore de decisão;

- Redes neurais.

O Z Score de Altman

Segundo Caouette et Al. (1999) em 1968 Altman publicou o primeiro modelo de *credit score*, o Z Score. O Z Score é um modelo multivariado que combina os valores de alguns índices das instituições para produzir uma pontuação usada para determinar quais são as empresas boas e quais são as ruins, isto é, diferenciar quais são as empresas que devem falir daquelas que não devem falir. Segundo Caouette et Al. (1999) esta medida é possível porque as empresas sadias apresenta índices diferentes das empresas com grandes chances de se tornarem inadimplentes.

O modelo Z Score foi construído utilizando-se de análise discriminante, buscando maximizar as diferenças entre os grupos e minimizar as diferenças internas. A partir de 22 variáveis iniciais foram escolhidas as 5 mais representativas. Na Tabela 1 estão os resultados da amostra de Altman:

Variável	Média Grupo Falidas ¹	Média Grupo Não Falidas ¹	Índice F ²
$X_1 = \frac{\text{capital_de_giro}}{\text{ativo_total}}$	-6,1%	41,4%	32,60
$X_2 = \frac{\text{lucros_retidos}}{\text{ativo_total}}$	-62,6%	35,5%	58,86
$X_3 = \frac{\text{EBIT}}{\text{ativo_total}}$	-31,8%	15,4%	26,56
$X_4 = \frac{\text{valor_mercado_PL}}{\text{valor_escritural_passivo}}$	40,1%	247,7%	33,26
$X_5 = \frac{\text{vendas}}{\text{ativo_total}}$	1,5 Vezes	1,9 Vezes	2,84
¹ Tamanho da amostra: 33			
² F é relevante ao nível 0,001 para todas as variáveis, salvo faturamento/ativo total. Este índice testa a diferença estatística entre a média dos dois grupos.			

Fonte: Caouette et Al. (1999)

Tabela 1: Resultados do estudo de Altman (Z Score)

Altman, ao final de seu estudo, chegou na seguinte função:

$$Z = 1,2X_1 + 1,4X_2 + 3,3X_3 + 0,6X_4 + 0,999X_5, \text{ onde:}$$

$Z < 1,81 \Rightarrow$ a empresa deve falir;

$1,81 \leq Z \leq 2,99 \Rightarrow$ zona de dúvida;

$Z > 2,99 \Rightarrow$ a empresa não deve falir.

2.3.2. Ratings

Pode-se definir *Rating* como: "Método com o qual um observador classifica a aptidão, interesse, habilidade ou outras características de um indivíduo ou grupo. Quase sempre a classificação é por uma escala que pode ser alfabética ou numérica. O termo também é aplicável à situação financeira de uma empresa."¹

Para se avaliar a qualidade do crédito de uma empresa ou de um título, normalmente os credores (investidores ou instituições financeiras) costumam agrupar os tomadores de empréstimo em classes com o mesmo perfil e, a partir disso, avaliar as condições dos mesmos para depois estabelecer uma probabilidade de não pagamento. Assim, pode-se entender *rating* como uma avaliação da condição de pagamento de uma empresa.

As agências de *rating*

Originárias dos Estados Unidos, ainda no século XIX para a avaliação da qualidade de crédito de mercadores, tiveram, no início do século XX, seu conceito ampliado para títulos. Hoje em dia, além de títulos (governamentais, municipais e baseados em ativos), elas avaliam a qualidade de ações preferenciais, *commercial papers* e notas de médio prazo.

As agências de *rating* são instituições especializadas em avaliar as condições de crédito, isto é, as condições de pagamento dos emissores de títulos. Sua principal função é informar a probabilidade destes emissores não honrarem seus compromissos: pagamento do principal e dos juros referentes aos títulos emitidos. Além disso, elas devem informar aos investidores qual o valor esperado de resgate (taxa de recuperação) no caso de não pagamento.

Em mercados mais maduros, as agências de *rating* assumiram um papel muito importante no mercado de concessão de crédito. Os mercados de capitais substituíram os bancos como fonte principal de capital e, com isso, as agências assumiram um papel fundamental para muitos investidores e empresas que se baseiam em suas informações para avaliar os riscos de suas carteiras através da informação da capacidade de pagamento de seus tomadores de empréstimos.

Nos últimos anos, o número de empresas avaliadas pelas agências cresceu muito, refletindo o aumento de importância das mesmas. A Figura 3 abaixo mostra o número de avaliações feita pela agência Moody's em três épocas distintas:

¹ Extraído do Dicionário Prático Michaelis

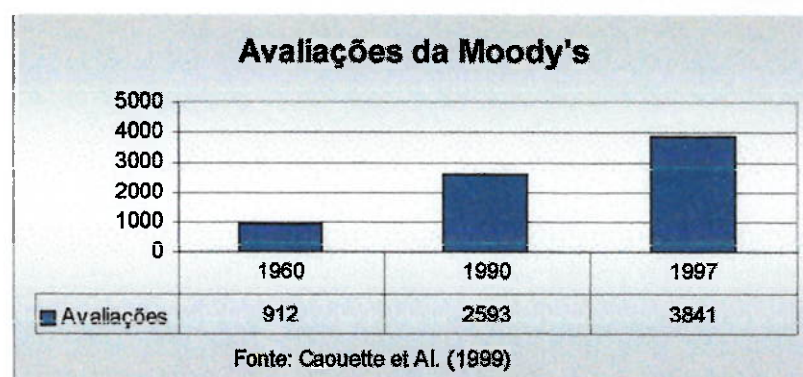


Figura 3: Número de avaliações feitas pela Moody's

Ao longo do tempo, o mercado tem constatado a importância e a veracidade estatística dos dados fornecidos pelas agências de *rating*. As taxas de inadimplência apresentam uma tendência inversa à classificação da qualidade do crédito das empresas. Assim, quanto pior for a avaliação de uma empresa, maior será a taxa de retorno, isto é, os juros cobrados para se fazer um empréstimo a ela.

Agências de Rating Estrangeiras

Segundo Caouette et Al. (1999), as quatro maiores agências de *rating* no mercado americano são a Moody's Investor Service, a Standard & Poor's, a Fitch IBCA e a Duff and Phelps Credit Rating. A maior de todas, a Moody's, é uma subsidiária da *Dun and Bradstreet* uma agência de crédito comercial. A Standard & Poor's é uma divisão da editora McGraw-Hill. As outras duas, a Fitch e a Duff and Phelps são empresas independentes e não têm o mesmo tamanho. Além destas, existem várias outras agências de outros países tais como: Canadá, Japão e Grã-Bretanha. Na Tabela 2 estão algumas das principais agências no mundo e suas escalas de classificação:

Agência	Ano de Fundação	Orientação do Mercado	Símbolos de <i>rating</i> de curto prazo	Símbolos de <i>rating</i> de longo prazo
Australian Rating (S&P)	1981	Local	A.1+ a C.1	AAA a C
Canadian Bond Rating Service (CBRS)	1972	Local	A-1 a A-4	A++ a D
Dominion Bond Rating Service (DBRS)	1976	Local	R-1 a U	AAA a C
Agence d'Evaluation Financiere (S&P)	1986	Local	T-1 a T-4	AAA a D
Credit Rating Services of India Ltd.	1988	Local	P-1 a P-5	AAA a D
Japan Bond Research Institute	1979	Local	—	—
Japan Credit Rating Agency	1985	Local	J-1 a J-5	Aaa a D
Mikuni & Co.	1975	Local	Não disponível	AAA a D
Nippon Investors Service	1985	Local	A-1 a D	AAA a D
Korean Investors Service	1985	Local	A-1 a D	AAA a D
International Bank Credit	1979	Bancos	—	A a E

Analysis (UK)				
Duff & Phelps	1932	Local	Duff-1 a Duff-3	1 a 17
Fitch IBCA	1913	Global	F-1 a F-4	AAA a D
Moody's Investors Service	1909	Global	P-1 a P-3	Aaa a C
Standard & Poor's	1922	Global	A-1 a D	AAA a D

Fonte: Caouette et Al. (1999)

Tabela 2: Principais agências de *rating* no mundo

Agências de Rating Brasileiras

O número de agências de *rating* brasileiras é muito reduzido, visto que o mercado de crédito brasileiro é pequeno se comparado a outros países.

Criada em 1992 e com sede no Rio de Janeiro, a Atlantic Rating, maior agência de *rating* do Brasil, atua nos mercados brasileiro e latino-americano, classificando o risco de bancos, empresas e fundos de investimento.

Uma segunda agência de *rating* nacional é a RISKbank, que faz a análise e classificação da qualidade de crédito de bancos.

Crítérios para classificação

Para a classificação da qualidade de um título corporativo, os principais pontos que são observados pela agências são o risco do negócio e o risco financeiro da empresa.

O **Risco do Negócio** é avaliado por:

- Características do setor;
- Posição competitiva da empresa: Marketing, Tecnologia, Eficiência, Custos;
- Modelo de administração;

O **Risco Financeiro** é avaliado por:

- Características financeiras da empresa;
- Política financeira;
- Lucratividade;
- Proteção do fluxo de caixa;
- Flexibilidade financeira;

Dentre os aspectos listados acima, o principal fator a ser analisado é a característica do setor no qual atua a empresa. A análise do risco do setor impõe um limite à classificação das empresas, isto é, nenhuma empresa pode ter uma classificação melhor que a classificação do setor.

A análise da qualidade do crédito das empresas inclui medidas tais como: grau de alavancagem, fluxo de caixa, cobertura de dívidas. Já para a análise de títulos governamentais, pode-se citar como exemplo os seguintes aspectos: estabilidade, coesão social e econômica e integração no sistema econômico mundial.

Rating do Banco Central – Resolução 2682

No final de 1999 o Banco Central do Brasil, através da resolução 2682 (o texto completo está no anexo A), determinou que todas as instituições financeiras seriam obrigadas a classificar as suas operações de crédito em ordem crescente de risco, segundo os níveis: AA, A, B, C, D, E, F, G, e H.

Segundo a resolução, as avaliações devem contemplar, no mínimo, a situação do devedor e as características da operação.

A **situação do devedor** deve abranger os seguintes aspectos:

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

As **características da operação** devem abranger os seguintes aspectos:

- Características da operação;
- Natureza e finalidade da operação;
- Características das garantias;
- Valor.

Além disso, a classificação das operações deve ser reavaliada mensalmente em função dos atrasos verificados nos balanços e balancetes, devendo ser observada a seguinte classificação, da Tabela 3:

Tempo de Atraso	Melhor nível de classificação
Entre 15 e 30 dias	Risco nível B
Entre 31 e 60 dias	Risco nível C
Entre 61 e 90 dias	Risco nível D
Entre 91 e 120 dias	Risco nível E
Entre 121 e 150 dias	Risco nível F
Entre 151 e 180 dias	Risco nível G
Superior a 180 dias	Risco nível H

Tabela 3: Melhor classificação em função de atrasos, segundo resolução 2692

A resolução também determina que a instituição deverá fazer mensalmente uma previsão mínima frente às prováveis perdas na realização do crédito, conforme a Tabela 4:

Rating	Provisão Mínima
AA	0,0%

A	0,5%
B	1%
C	3%
D	10%
E	30%
F	50%
G	70%
H	100%

Tabela 4: Provisão exigida pelo Banco Central

2.3.3. Modelos de VaR de Crédito

No final da década de 70, as instituições utilizavam-se exclusivamente de modelos especialistas para se fazer a análise da qualidade do crédito de seus devedores. Com o passar do tempo, como os sistemas especialistas eram muito trabalhosos e tomavam muito tempo, as instituições passaram a se utilizar de modelos quantitativos por serem mais objetivos, os modelos de *Credit Score*. Inicialmente eram modelos univariados, baseados principalmente nos dados contábeis do tomador de empréstimo. Porém, níveis ruins da variável estudada podiam esconder compensações em outras, apesar disso, os modelos univariados ainda são muito usados hoje em dia.

Com o tempo, os modelos foram refinados e passaram a contemplar mais de uma variável, a utilizar técnicas estatísticas mais rigorosas e a quantificar o risco de crédito de uma carteira. Hoje em dia, os modelos de avaliação do risco de crédito possuem várias aplicações:

- Permitem a priorização de ações na tomada de decisão para a redução do risco de crédito, otimizando a relação *risco/retorno*;
- Permitem a definição de um limite de exposição de crédito para cada classe de cliente;
- Permitem uma melhor alocação dos recursos baseados pela priorização da alocação de capital.

A seguir, serão descritos alguns dos modelos de risco de crédito existentes hoje no mercado:

- Portfolio Management of Default Risk;
- CreditMetrics;
- CreditRisk+.

Portfolio Management of Default Risk – KMV

Este modelo ficou conhecido pelo nome da empresa que o criou, a KMV, sediada em São Francisco, Califórnia. Este modelo, que avalia as condições de crédito

a partir do valor de mercado das ações, iniciou prevendo a frequência esperada de inadimplência (EDF – *Expected Default Frequency*) e se expandiu para a gestão de carteiras, com o *Portfolio Management of Default Risk*.

Em 1995, a KMV desenvolveu uma técnica para estimar a probabilidade de inadimplência a partir dos conceitos utilizados na precificação de opções, a EDF. O modelo parte do pressuposto que uma empresa se torna inadimplente quando o seu valor de mercado² atingir um valor menor que um determinado nível, o ponto de inadimplência. Com base em análise empírica, a KMV determinou que este nível corresponde ao passivo circulante mais 50% do passivo exigível a longo prazo.

Para se avaliar a chance de não pagamento, são necessários três passos:

1. Avaliar o valor de mercado da empresa e a volatilidade do mesmo, por exemplo, a partir de uma série histórica do preço de suas ações e do valor de seus passivos.
2. Calcular o "ponto de inadimplência" a partir do passivo da empresa.
3. Com esses três valores – o valor da empresa, a volatilidade e o ponto de inadimplência – é possível calcular a *distância à inadimplência*, isto é, o número de desvios padrão entre o valor esperado da empresa e o seu ponto de inadimplência.

Matematicamente, a distância à inadimplência pode ser expressa por:

$$\text{Distância} = \frac{\text{valor_de_mercado} - \text{ponto_de_inadimplência}}{\text{valor_de_mercado} * \text{volatilidade}}$$

Após esta etapa, é possível fazer uma medida do risco utilizando-se os dados históricos de inadimplência em função da distância, comparando-se as distâncias calculadas e as distâncias para um mesmo grupo de empresas.

A Figura 4 mostra um esquema do modelo EDF:

² Segundo Caouette et Al. (1999) a KMV, para avaliar o valor de mercado, utiliza uma função especial que não é divulgada.

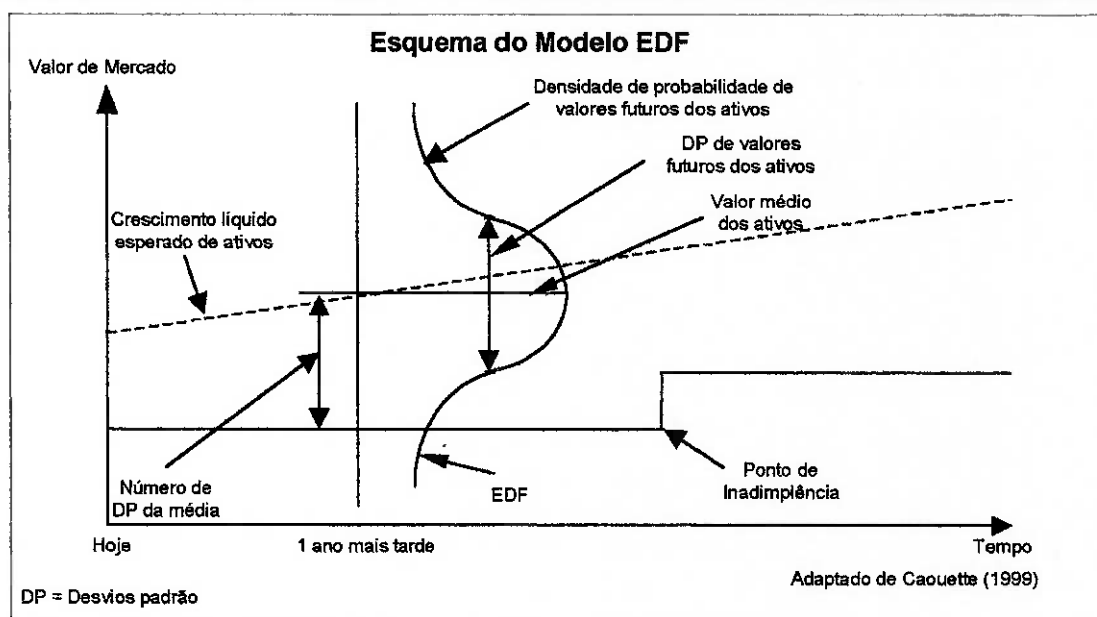


Figura 4: Esquema do Modelo EDF da KMV

Segundo Saunders (1999) a partir da distância à inadimplência pode-se obter a probabilidade de não pagamento através da curva normal, uma vez que a distância nada mais é do que o número de desvios padrão da média. Porém, segundo Caouette et Al. (1999), a distância à inadimplência é uma medida normalizada, semelhante a um *Rating*, e deve ser usada para comparação com outras empresas. Assim, as probabilidades de inadimplência devem ser apuradas a partir de dados históricos, em função da distância à inadimplência.

A mesma metodologia pode ser utilizada para empresas de capital fechado, porém o valor de mercado da empresa e a sua volatilidade são estimados a partir de seus dados contábeis, tomando como referência os dados de empresas de capital aberto.

A seguir é dado um exemplo de determinação da distância à inadimplência. Suponha que o valor previsto para uma empresa ao final do ano seja igual a \$100, que seu ponto de inadimplência seja \$25 e que a sua volatilidade para um ano seja de 15%. A distância à inadimplência é dada por:

$$Distância = \frac{\$100 - \$25}{\$100 * 0,15} = 5, \text{ que, segundo Saunders, corresponde a uma}$$

probabilidade inadimplência de 0,00003%, pois, $\Phi(-5) = 0,00003\%$. Onde $\Phi()$ indica a probabilidade acumulada de uma normal padrão.

Também em 1995, a KMV publicou o "*Portfolio Management of Default Risk*" para gerenciar carteiras de crédito. Este modelo procura calcular as perdas de uma carteira de crédito. Uma vez calculada a probabilidade de inadimplência, através da

EDF ou através de dados históricos, é possível avaliar as perdas, estimando-se uma taxa de recuperação no caso de falência, a partir da seguinte relação:

$$Perda = Probabilidade_de_inadimplência * (1 - taxa_de_recuperação)$$

Como o modelo se utiliza da série histórica do valor de mercado das ações, é fácil de se calcular a correlação entre duas empresas e com isso fazer medidas de diversificação da carteira. Na prática, verifica-se que a correlação é positiva na maioria dos casos.

CreditMetrics

Em 1997 o JP Morgan publicou o CreditMetrics, que procura estimar um VaR – *Value at Risk*, conceito muito utilizado em risco de mercado – de crédito para carteiras gerado por “upgrades” (melhora na classificação) e “downgrades” (piora na classificação) na classificação do *rating* e por “defaults”, isto é, inadimplência. Em muitos casos este modelo é usado conjuntamente com o modelo KMV³.

O risco de uma carteira é calculado a partir de cinco dados de entrada:

- Os dados disponíveis sobre os tomadores de empréstimo, isto é, a sua classificação em *ratings*;
- A matriz de transição – esta matriz define a probabilidade de mudança de classificação para um dado período. A Tabela 5 mostra um exemplo de matriz de transição, obtida através de dados históricos:

<i>Rating</i> Inicial	<i>Rating</i> ao final de um ano (%)							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Inadimplente
AAA	90,81	8,33	0,68	0,06	0,12	0	0	0
AA	0,70	90,65	7,79	0,64	0,06	0,14	0,02	0
A	0,09	2,27	91,05	5,52	0,74	0,26	0,01	0,06
BBB	0,02	0,33	5,95	86,93	5,30	1,17	0,12	0,18
BB	0,03	0,14	0,67	7,73	80,53	8,84	1,00	1,06
B	0	0,11	0,24	0,43	6,48	83,46	4,07	5,21
CCC	0,22	0	0,22	1,30	2,38	11,24	64,86	19,78

Fonte: JP Morgan (1997)

Tabela 5: Exemplo de uma matriz de transição

- As taxas de recuperação no caso de quebra;
- Dados referentes aos *spreads*⁴ de crédito;
- Correlações para a migração de classe;

A Figura 5 a seguir mostra um esquema do CreditMetrics:

³ O JP Morgan convidou algumas instituições para participarem do desenvolvimento do CreditMetrics e uma delas foi a KMV. Isto explica o fato do modelo utilizar algumas das “respostas” do modelo daquela instituição.

⁴ Spread pode ser entendido como a diferença entre o preço de compra e o preço de venda ou a diferença dos juros pagos por uma empresa e a taxa de juros básica do mercado.

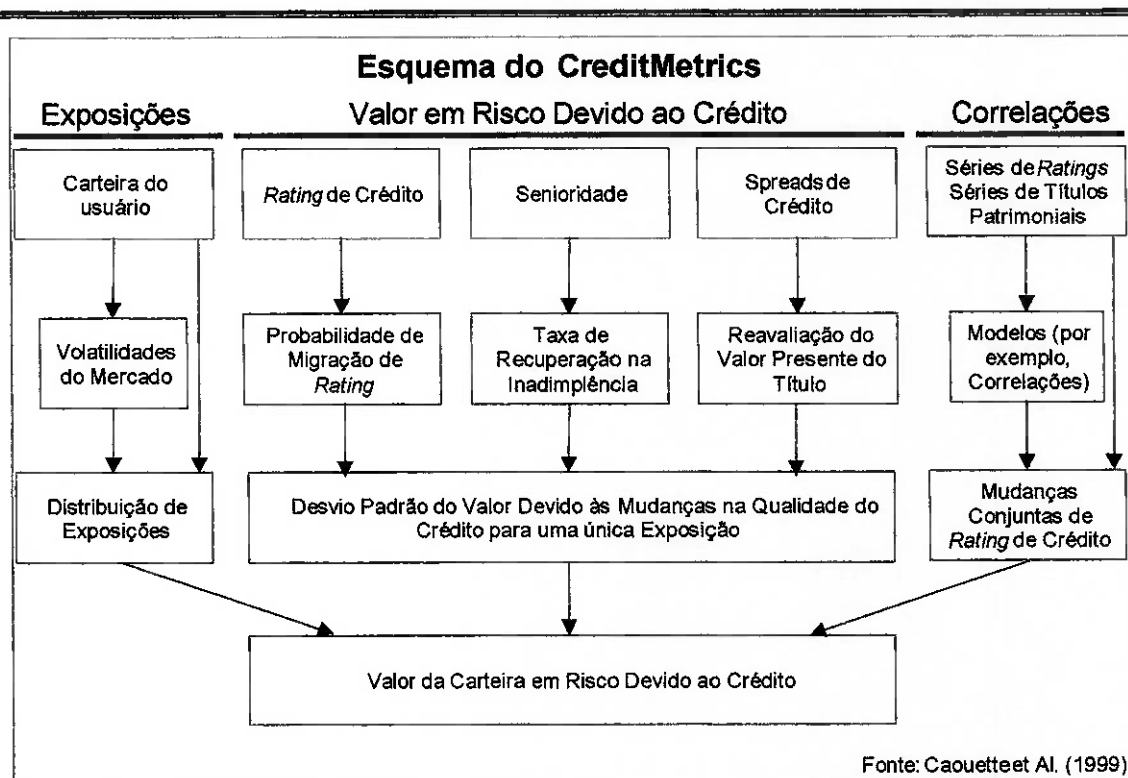


Figura 5: Esquema do CreditMetrics

O modelo pode ser dividido em três passos principais:

1. Estabelecer a exposição de cada uma das operações da carteira – a exposição para cada uma das operações varia de acordo com o instrumento que contém o risco de crédito;
2. Calcular, separadamente, a volatilidade para cada uma das operações, devido às possíveis migrações na qualidade do crédito – “upgrades”, “downgrades” e “defaults”;
3. A partir das correlações duas a duas, calcular a volatilidade do portfólio, e, conseqüentemente, o risco.

As saídas geradas pelo CreditMetrics são a volatilidade (desvio padrão) e os percentis, que refletem a probabilidade de o valor da carteira cair abaixo de um determinado nível.

Na Tabela 6, está um exemplo da determinação da volatilidade de um título com *rating* BBB, em função das probabilidades de migração.

Rating ao final de um ano	Probabilidade (%)	Valor estimado após migração (\$)	Valor ponderado (\$)	Diferença com relação à média (\$)	Diferença ao quadrado ponderada
AAA	0,02	109,37	0,02	2,28	0,0010
AA	0,33	109,19	0,36	2,10	0,0146
A	5,95	108,66	6,47	1,57	0,1471
BBB	86,93	107,55	93,49	0,46	0,1856
BB	5,30	102,02	5,41	(5,07)	1,3612
B	1,17	98,10	1,15	(8,99)	0,9452
CCC	0,12	83,64	0,10	(23,45)	0,6598
Inadimplente	0,18	51,13	0,09	(55,96)	5,6363
		Média	\$ 107,09	Variância	8,95
Fonte: JP Morgan (1997)				Desvio Padrão	\$ 2,99

Tabela 6: Determinação da volatilidade de um título (Modelo CreditMetrics)

A partir dos valores de título após a migração e dos dados da matriz de migração é possível construir o gráfico da distribuição dos valores dos títulos, como é mostrado na Figura 6.

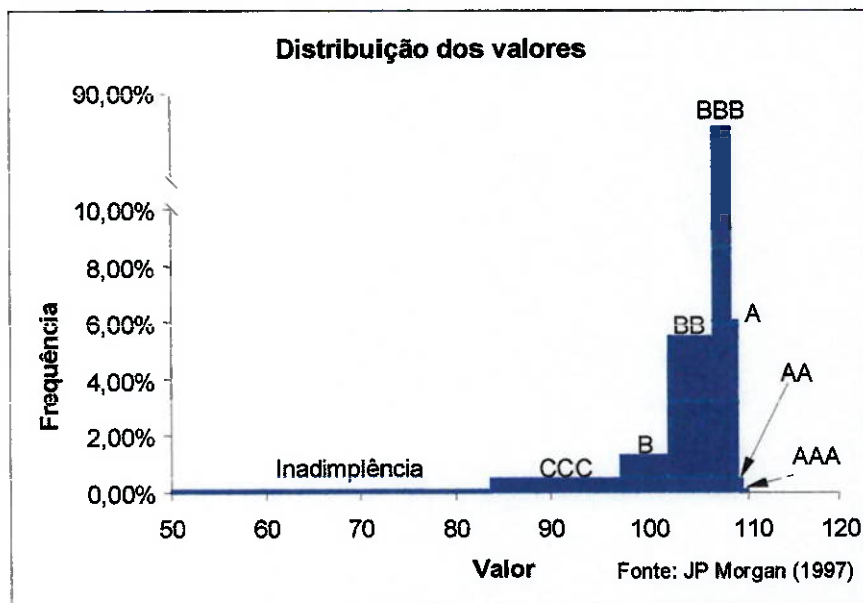


Figura 6: Distribuição dos valores de um título (Modelo CreditMetrics)

Através do gráfico da distribuição dos valores do título, pode-se perceber claramente que ela não segue uma distribuição normal, como é assumida na maioria dos modelos.

Com o passar do tempo, o modelo CreditMetrics evoluiu permitindo a incorporação de algumas hipóteses:

- Inclusão do risco devido à incerteza da taxa de recuperação – pode-se estimar uma variação para ela;
- Utilizar a distribuição real, evitando fazer uma aproximação pela normal – neste caso a utilização do modelo se torna mais complexa e será necessário o uso de simulação;

- Incertezas de instrumentos focados no mercado – instrumentos focados no mercado são mais complicados de se avaliar devido à interação do risco de mercado com o risco de crédito;
- Simulações;

A seguir serão feitas algumas considerações sobre características particulares do modelo:

- A probabilidade de inadimplência, no modelo, é um número constante e não uma variável aleatória $\Rightarrow \sigma_{\text{probabilidade}} = 0$;
- A probabilidade de mudança de *rating* é considerada, pois uma mudança de classificação implica em uma mudança dos *spreads* de crédito;
- A correlação, por ser um dado de entrada, permite ao usuário escolher a metodologia que preferir para estimá-la. O modelo sugere quatro possibilidades para este cálculo:
 1. Utilizar dados das agências de *rating* \Rightarrow estes dados são baseados em medidas objetivas da realidade;
 2. Calcular a correlação dos *spreads* de crédito \Rightarrow é uma medida objetiva mas que fica prejudicada pela ausência de dados confiáveis;
 3. Utilizar uma correlação uniforme \Rightarrow tem a vantagem pela simplicidade e pelo ganho de velocidade de processamento, porém algumas análises ficam prejudicadas;
 4. Calcular as correlações a partir dos preços de ações \Rightarrow tem a vantagem de existir longas séries, porém exigem um forte esforço no tratamento dos dados antes de fornecerem informações sobre a qualidade do crédito.

CreditRisk+

O modelo CreditRisk+, do Credit Suisse First Boston, procura estimar o risco de uma carteira de crédito além de fazer uma medida da diversificação do *portfolio*. O modelo não faz nenhuma hipótese a respeito das causas da inadimplência, isto será um dado de entrada do sistema, além disso, é assumida a hipótese que não há correlação entre os eventos de crédito. A metodologia CreditRisk+ faz análises do setor para explicar os movimentos conjuntos.

O modelo utiliza quatro dados de entrada:

- Exposições de crédito – as exposições de diferentes operações com o mesmo cliente devem ser agregadas;

- Taxas de inadimplência – a probabilidade de inadimplência de cada cliente;
- Volatilidade da taxa de inadimplência – é uma medida da variação das taxas de inadimplência observadas;
- Taxas de recuperação – dados históricos de recuperação no caso de quebra para cada categoria de cliente;

Na Figura 7 temos um esquema do modelo CreditRisk+:

CreditRisk+				
Medida do Risco de Crédito		Condições Econômicas	Aplicações	
Exposições	Taxas de inadimplência	Distribuição da perda devido à inadimplência	Provisões	
Taxas de recuperação	Volatilidade das taxas de inadimplência	Análises de Cenário	Limites de Crédito	
Modelo CreditRisk+			Gerenciamento da Carteira	

Fonte: Credit Suisse First Boston (1997)

Figura 7: Esquema do CreditRisk+

O modelo, diferentemente do CreditMetrics, assume que as taxas de inadimplência têm uma variação. Para descrever esta variação o modelo utiliza a distribuição de Poisson. Essa hipótese faz o modelo ser mais rápido computacionalmente pois não faz uso de simulação.

Por exemplo, suponha que um banco possui 100 empréstimos de \$25.000, cada um, para um determinado grupo de clientes, e que ele verificou que a média histórica de inadimplentes é de 3 para cada 100. Se a taxa de recuperação for de 20%, a perda para cada inadimplência será de \$20.000.

A Tabela 7 mostra a probabilidade de uma distribuição de Poisson com média igual a 3 e a perda em função do número de inadimplentes, dado que:

$$Perda = (\text{valor}_{\text{empréstimo}} - \text{recuperação}) * N$$

N	Probabilidade (%)	Probabilidade Acumulada (%)	Perda (\$)
0	4,98	4,98	0
1	14,94	19,91	20.000
2	22,40	42,32	40.000
3	22,40	64,72	60.000
4	16,80	81,53	80.000
5	10,08	91,61	100.000
6	5,04	96,65	120.000
7	2,16	98,81	140.000
8	0,81	99,62	160.000

Tabela 7: Distribuição de Poisson de média 3.

A partir da distribuição de Poisson e das perdas em função das inadimplência é possível construir o gráfico da distribuição das perdas, como mostra a Figura 8:

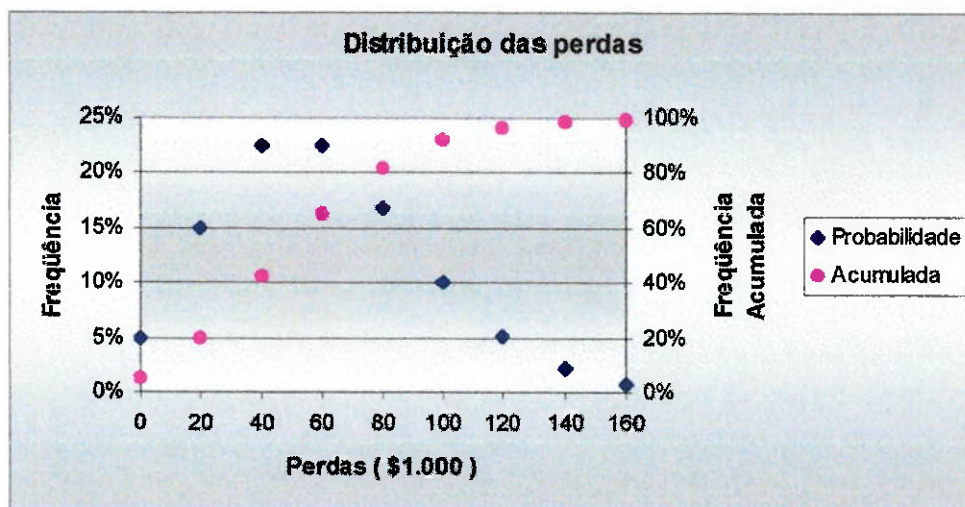


Figura 8: Distribuição das perdas (CreditRisk+)

O que se verifica, após a construção do gráfico, é que as perdas, com uma probabilidade de 99,62%, não superarão \$ 160.000.

Com os resultados gerados pelo modelo pode-se fazer um melhor gerenciamento da carteira de crédito, estabelecer limites de concessão de crédito e estabelecer provisões.

Comparação entre os modelos

Para fazer uma comparação entre os modelos apresentados, serão usadas seis enfoques diferentes: Tipo de risco, fonte do risco, volatilidade, correlação, taxas de recuperação e abordagem numérica.

A Tabela 8 mostra um resumo da comparação entre os modelos apresentados:

	CreditMetrics	Credit Risk Plus	KMV
1. Tipo de Risco	Valor presente	Inadimplência	Valor presente ou inadimplência
2. Fonte do risco	Variação dos preços dos ativos	Taxas esperadas de inadimplência	Variação dos preços dos ativos
3. Volatilidade dos eventos de crédito	Constante	Variável	Variável
4. Correlação dos eventos de crédito	Normal multivariada	Independente	Normal multivariada
5. Taxas de recuperação	Aleatória	Constante	Constante ou aleatória
6. Abordagem numérica	Simulação ou analítica	Analítica	Analítica

Fonte: Saunders (1999)

Tabela 8: Comparação entre os modelos de risco de crédito

Tipo de risco

O risco de uma operação de crédito pode ter duas abordagens diferentes. Nos modelos de valor presente, conhecidos no mercado financeiro como modelos MTM – *Mark to Market*, o risco é gerado por variações do valor da carteira causado por *upgrades* ou *downgrades* na avaliação da qualidade de crédito. Já os modelos de inadimplência assume apenas dois estados: quebra ou não quebra. A principal diferença entre estas duas abordagens está na inclusão dos *spreads* nos modelos MTM.

Fonte do risco

Apesar de parecerem ser muito diferentes a uma primeira olhada, estas “fontes do risco” têm origens semelhantes, por exemplo: em momentos de crise o valor de uma operação de crédito tende a desvalorizar, bem como a probabilidade de uma empresa se tornar inadimplente tende a aumentar. Em momentos de crescimento econômico, o oposto tende a acontecer.

Volatilidade dos eventos de crédito

Uma das principais diferenças entre os modelos de crédito, diz respeito ao tratamento da probabilidade de inadimplência. O CreditMetrics assume que a probabilidade é fixa para o período estudado; no modelo KMV, as probabilidades variam com a entrada de novos dados e no CreditRisk+ as probabilidades de inadimplência variam segundo a distribuição de Poisson. Essas diferenças nas abordagens podem levar a resultados distintos.

Correlação dos eventos de crédito

O CreditRisk+ difere dos outros modelos apresentados pelo fato de não assumir independência entre os eventos de crédito. Segundo o modelo, a correlação é muito variável e é melhor explicada por análises do setor e das condições econômicas. O modelo KMV e o CreditMetrics assumem que existe uma correlação entre os eventos de crédito.

Taxas de recuperação

O cálculo do risco de crédito não depende apenas da probabilidade de inadimplência, mas também das taxas de recuperação no caso de quebra da empresa. Os modelos CreditMetrics e KMV, como sugerem resultados empíricos, assumem que essa taxa de recuperação é variável. O CreditMetrics assume distribuição normal para

a versão analítica, mas permite usar uma distribuição baseada em dados reais em simulações. O CreditRisk+ assume uma taxa de recuperação constante.

Abordagem numérica

O modelo CreditMetrics permite a solução analítica para carteiras pequenas, porém em carteiras maiores ele exige a simulação dado o aumento do número de variáveis. Já os outros modelos: o KMV – pela simplicidade – e o CreditRisk+ – pelo fato de assumir a distribuição de Poisson – permitem a solução analítica.

Capítulo 3 – Os Derivativos de Crédito

Segundo Tavakoli (2001) "os derivativos de crédito estão revolucionando o mercado financeiro e mudarão para sempre a maneira como os bancos e as instituições financeiras fazem negócios". Eles surgiram de uma necessidade do mercado que buscava por ferramentas mais eficientes para a negociação do risco de crédito. Segundo Aggrawal (2000), estes instrumentos hoje já têm outras aplicações como: diminuir os custos dos empréstimos, permitir o acesso a novas fontes de crédito e permitir a obtenção de lucro em situações especiais das taxas de juros.

Nos últimos anos vários produtos foram criados, desenvolvendo o mercado de derivativos de crédito no exterior. Atualmente estes instrumentos ainda não existem no Brasil, porém, várias instituições financeiras estão desenvolvendo estudos, que estão sendo acompanhados pelo Banco Central do Brasil, com o objetivo de viabilizar a implantação no mercado interno. Segundo analistas de mercado, eles devem começar a ser negociados até março de 2002.

Os derivativos de crédito apresentam um potencial de crescimento muito grande no mercado interno, visto que, no mercado externo, o volume de negócios passou de aproximadamente US\$ 200 bilhões em 1996 para US\$ 1,5 trilhões em 2001, conforme mostra a Figura 9. Segundo Tavakoli (2001) estes dados são estimados, pois os derivativos de crédito são operações que não precisam constar nos balanços das empresas e bancos que os negociam, assim, só será possível fazer uma medida precisa do volume do mercado quando os seus negociantes divulgarem os dados voluntariamente.

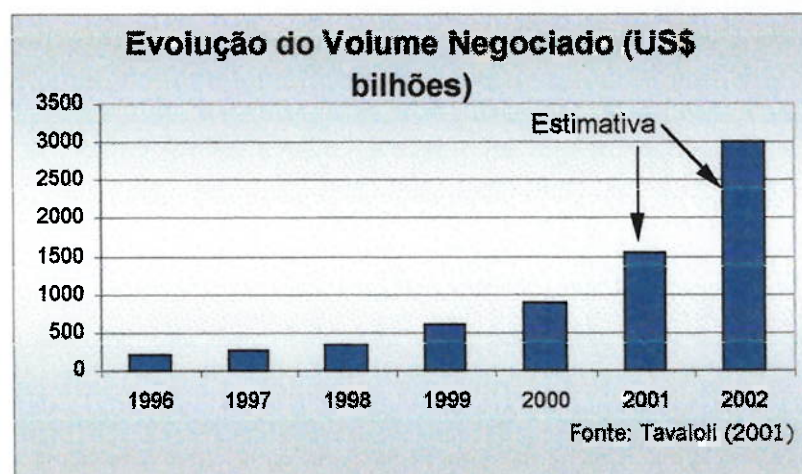


Figura 9: Evolução do Volume de Negócios em Derivativos de Crédito

É muito comum, quando se estuda os derivativos de crédito, encontrar diferentes terminologias para se referir aos seus negociantes e aos diferentes tipos de

produtos, pois não existe uma convenção no mercado. A terminologia empregada neste trabalho será a seguinte:

- **Comprador de Proteção:** Aquele que está procurando se proteger do risco de crédito;
- **Vendedor de Proteção:** Aquele que assume o risco de crédito, geralmente em troca de algum tipo de pagamento;
- **Ativo de Referência:** Origem do risco de crédito, por exemplo, empresa que deve dinheiro para o comprador de proteção;
- **Eventos de Crédito:** Qualquer evento, definido em contrato, que dispara o pagamento do vendedor para o comprador de proteção. Eles serão definidos na Seção 3.6.1;
- **Pagamento Condicional:** pagamento que ocorre em decorrência de um evento de crédito;
- **Pagamento de Principal:** pagamento de dívida;
- **Prêmio:** Valor pago pelo comprador para o vendedor de proteção pela compra do derivativo de crédito;

A Figura 10 define como serão apresentados os termos nos esquemas utilizados para exemplificar os diferentes produtos:

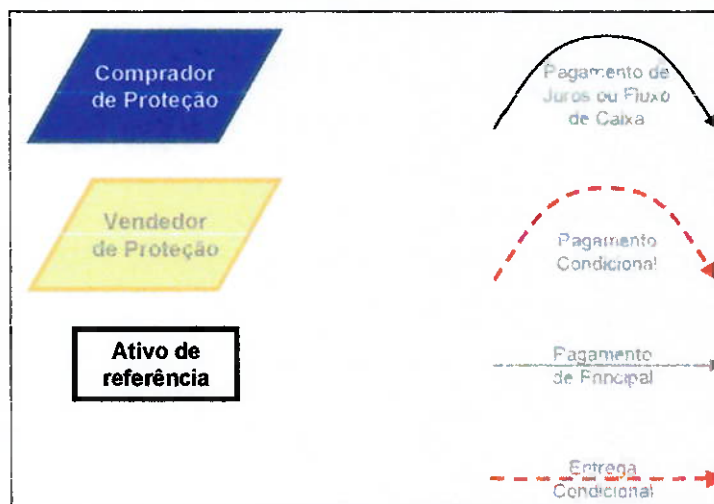


Figura 10: Terminologias a serem utilizadas no trabalho

3.1. O que são os Derivativos de Crédito

Os derivativos de crédito são contratos bilaterais que permitem aos seus negociantes administrarem a sua exposição ao risco de crédito, negociando o risco de inadimplência de suas carteiras, procurando normalmente diversificar as origens do risco. São chamados de derivativos pelo fato de sua existência derivar – depender – da existência de algum outro ativo como, por exemplo, um empréstimo.

Para os derivativos, de maneira geral, existem basicamente dois tipos de contrato:

- **Futuros:** Nestes contratos, as partes decidem por uma operação financeira na qual ambas são obrigadas a executá-la;
- **Opções:** Nestes contratos, uma parte tem o direito de exigir da outra, até uma data futura preestabelecida, a efetuação de uma operação financeira.

Os contratos de derivativos de crédito são estruturados, essencialmente, para proteger uma das partes, o comprador de proteção, do risco relativo a um ativo de referência. Para assumir este risco, o vendedor de proteção cobra o pagamento de um prêmio que é calculado em função do risco assumido. Uma vez celebrado o contrato, no caso da ocorrência de um evento de crédito, por exemplo a instituição do ativo de referência se tornar inadimplente, o vendedor de proteção deverá arcar com os prejuízos decorrentes do não pagamento, saldando a dívida da instituição com o comprador de proteção. Neste caso, o comprador de proteção está se garantindo com relação ao risco gerado pelo ativo de referência, já o vendedor de proteção pode estar especulando com relação à qualidade do crédito do ativo de referência.

Os derivativos de crédito também podem ser utilizados para proteger ambas as partes envolvidas no contrato, por exemplo: dois bancos possuem carteiras de crédito muito concentradas, respectivamente nos setores de linha branca e telecomunicações. Desta forma, os bancos podem celebrar entre si dois contratos de modo que cada um assuma parte do risco de outro, diminuindo assim a concentração de suas carteiras, diversificando a origem do risco.

Os principais benefícios destes produtos às instituições que os negociam são: facilidade na administração do risco, possibilidade de aumentar o retorno dos investimentos, redução da concentração do risco, possibilidade de acesso a mercados antes inacessíveis, além de possibilitar o acesso a carteiras de investimentos sem ter que fazer empréstimos.

Inicialmente o mercado era restrito a bancos mas, recentemente, ele se expandiu abrindo agora outros tipos de instituições, tais como: companhias de seguro, fundos mútuos, fundos de pensão e investidores. A expansão deste mercado aconteceu boa parte em função da necessidade de um mercado líquido, porém, outros fatores contribuíram para o crescimento deste mercado, tais como: o interesse de investidores por altos retornos e o próprio aumento do volume negociado, causado pela atuação dos investidores, que atraiu outros tipos de instituições.

3.2. Principais Tipos de Derivativos de Crédito

A lista de produtos existentes no mercado de derivativos de crédito aumenta a cada dia com o surgimento de instrumentos exóticos, com objetivos cada vez mais específicos. Porém, dentre eles é possível destacar quatro principais produtos: *Swap de Crédito*, *Swap de Retorno Total*, *Opção sobre Spread de Crédito* e *Notas de Vinculação ao Crédito*. Por se tratar de um mercado ainda emergente, não existe uma terminologia padrão no mercado, podendo encontrar, na literatura, estes mesmos produtos com diferentes nomes. A seguir, serão apresentados de maneira sucinta, as formas tradicionais dos principais derivativos de crédito sem atentar às suas possíveis variações.

3.2.1. Swap de Crédito (*Credit Default Swap*)

O *Swap de Crédito* é o mais simples e o mais comum dos derivativos de crédito. É comum encontrar, na literatura, este produto sendo chamado de *Credit Default Option*, porém, a terminologia *swap* é mais comum.

Tavakoli (2001) afirma que a terminologia *option* é mais adequada para o caso em que uma única instituição está procurando proteção e o termo *swap* seria mais adequado nos casos em que as duas instituições estão 'trocando' parte de seus riscos, como no exemplo citado anteriormente dos dois bancos que possuíam as suas carteiras concentradas nos setores de linha branca e telecomunicações.

Neste tipo de contrato o comprador de proteção faz um pagamento ao vendedor de proteção, que não faz nenhum tipo de pagamento ao comprador de proteção a menos que ocorra um evento de crédito que dispare o pagamento. Normalmente o prêmio, pagamento do comprador ao vendedor, é pago de forma parcelada ao longo do tempo a menos que o prazo da operação seja muito curto, quando o pagamento é feito de uma única vez.

A Figura 11 mostra um esquema do *swap de crédito*:

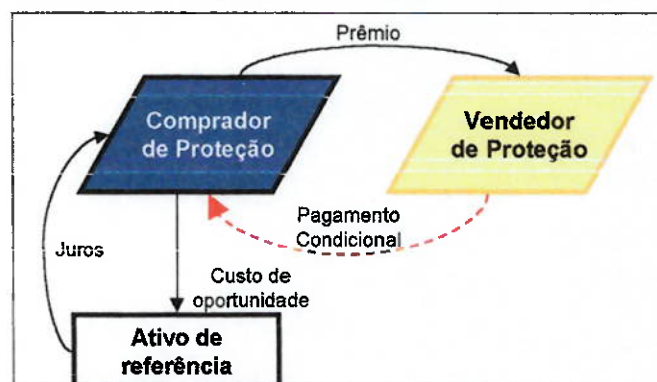


Figura 11: Esquema de um Swap de Crédito

Por exemplo: O comprador de proteção concedeu um empréstimo de \$ 10 milhões para uma determinada empresa (neste caso o empréstimo é o ativo de referência) que deve ser pago em cinco parcelas anuais de \$ 2 milhões mais os juros. Preocupado com a possibilidade de inadimplência da empresa, ele procurou o vendedor de proteção com que celebrou um *swap de crédito* por 5% do valor total do empréstimo, para os cinco anos. Se, no decorrer deste cinco anos, acontecer algum dos eventos de crédito estabelecidos no contrato, o vendedor de proteção deverá pagar os \$ 10 milhões para o comprador, porém, se ao término do prazo não tiver ocorrido nenhum evento de crédito, o contrato se encerra sem que o vendedor de proteção faça nenhum pagamento para o comprador de proteção. A Figura 12 mostra como seria o *swap de crédito* deste caso:

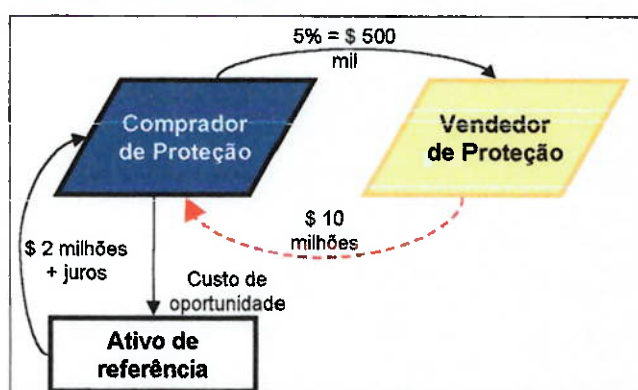


Figura 12: Exemplo de um Swap de Crédito

Uma característica interessante dos contratos de derivativos de crédito é o fato de que a proteção não precisa ter o mesmo prazo que o ativo que a gerou, nem tem que ser integral para todo o ativo, isto é, o comprador pode proteger apenas parte do empréstimo. No exemplo acima, se o comprador de proteção, em função das atuais condições do mercado, estivesse preocupado com a capacidade de pagamento da empresa apenas no dois primeiros anos do contrato, ele poderia fechar o contrato apenas para este prazo. Além disso, ele não necessariamente teria que ter concedido o empréstimo para a empresa pois poderia estar especulando sobre a qualidade de crédito da empresa.

No anexo B segue um exemplo, extraído de Tavakoli (2001) de um *swap de crédito* para o C-Bond, um título da dívida externa brasileira.

3.2.2. Swap de Retorno Total (Total Return Swap)

O *swap de retorno total* é um derivativo no qual o vendedor de proteção, além de assumir o risco de crédito, assume o risco de mercado relativo ao ativo de referência. Pode-se dizer que existe um *swap de crédito* embutido na sua estrutura.

Tavakoli (2001) faz uma comparação do *swap de retorno total* a uma forma de financiamento: o *leasing*. Neste caso, o comprador de proteção seria a empresa dona do carro e o vendedor de proteção seria o arrendatário do contrato de *leasing*, com algumas características diferentes do contrato tradicional. Assim, o vendedor de proteção poderia desfrutar de todos os benefícios proporcionados pelo carro, inclusive motorista, sem ter que se preocupar com contratempos como estacionar o carro, pagar gasolina, manutenção, entre outros. Ao final do contrato, o arrendatário (vendedor de proteção) pagaria à empresa de *leasing* (comprador de proteção) o valor da depreciação do veículo, podendo até receber alguma coisa no caso do carro ter valorizado. Porém, se durante a vigência do contrato o carro tivesse sido danificado ou roubado, o arrendatário deveria pagar à empresa o valor do prejuízo. Para desfrutar destes benefícios o arrendatário paga à empresa uma "taxa de aluguel". É possível dependendo do contrato, que o vendedor de proteção se torne dono do carro, no término do *leasing*, se pagar ao comprador uma quantia predeterminada.

A Figura 13 abaixo mostra um esquema do fluxo de caixa entre as partes do *swap de retorno total*:

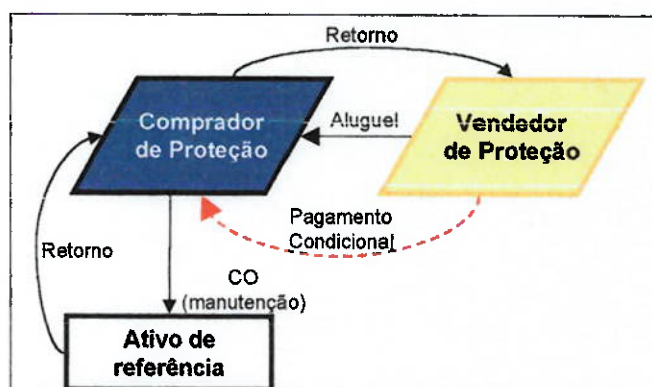


Figura 13: Esquema de um Swap e Retorno Total

O *swap de retorno total* é um contrato no qual o comprador de proteção se protege tanto do risco de mercado como do risco de crédito. No caso anteriormente citado o risco de mercado seria a depreciação do carro e o risco de crédito seria o roubo ou dano do carro. O vendedor de proteção desfruta de todos os benefícios do ativo sem ser o dono do mesmo, alavancando seus investimentos. No caso do *leasing*, ele usou o carro pagando apenas uma porcentagem do seu valor.

Neste tipo de contrato, normalmente os pagamento são periódicos e liquidados por diferença, isto é, as partes pagam apenas a diferença do valor do fluxo de caixa desde o último pagamento. Nos caso de acontecer um evento de crédito o contrato pode ser encerrado.

Para ilustrar o funcionamento de um *swap de retorno total*, será apresentado a seguir um exemplo deste tipo de crédito: O banco XYZ possui uma carteira de empréstimos que paga juros de SELIC (taxa de juros básica do mercado brasileiro, divulgada pelo Banco Central do Brasil) + 0,5% ao ano e cujo custo de oportunidade é a própria taxa SELIC. O banco XYZ, preocupado com a situação de seus clientes, celebrou um *swap de retorno total* com o banco IJK de modo a receber SELIC + 0,2% e pagar o retorno de sua carteira de empréstimos. Desta forma, o banco IJK passará a receber a diferença, 0,3%, sem possuir os empréstimos em sua carteira e o banco XYZ recebe 0,2%, além de ter eliminado os riscos de crédito e de mercado. A Figura 14 mostra o esquema deste exemplo:

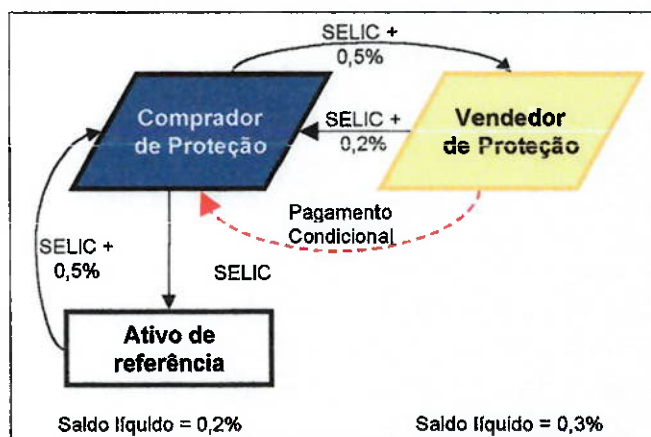


Figura 14: Exemplo de um Swap de Retorno Total

Da mesma forma que *swap de crédito* o prazo *swap de retorno total* não precisa ser o mesmo do ativo de referência, e o comprador de proteção não precisa possuir o ativo de referência para celebrar o contrato.

3.2.3. Notas de Vinculação ao Crédito (Credit Linked Notes)

As *notas de vinculação ao crédito* são derivativos com uma estrutura bastante diferente da apresentada pelos *swaps de crédito* e os *swaps de retorno total*. Segundo Tavakoli (2001) todos os outros tipos de derivativos de créditos existentes até hoje podem ser embutidos na estrutura de uma *nota de vinculação ao crédito*.

Tavakoli (2001) afirma que existem várias razões para se utilizar os derivativos de crédito na forma de notas (títulos):

- Não necessitam do "ISDA master agreement" (contrato base para a celebração de um derivativo de crédito no mercado externo) e a documentação é tão simples quanto a de um título de médio prazo;
- Investidores que não estão autorizados a negociar derivativos podem participar deste tipo de mercado através das *notas de vinculação ao crédito*;

- Os vendedores de proteção conseguem ampliar suas fontes de crédito;
- Os compradores de proteção não precisam se preocupar com a alta correlação entre o vendedor de proteção e o ativo de referência, uma vez que o pagamento é feito à vista;
- A qualidade de crédito do vendedor de proteção é irrelevante para o comprador de proteção porque o pagamento é feito à vista.

A estrutura das *notas de vinculação ao crédito*, mostrada na Figura 15 a seguir, oferecem proteção ao risco de crédito para o comprador de proteção ao mesmo tempo que proporcionam grandes retornos aos vendedores de proteção:

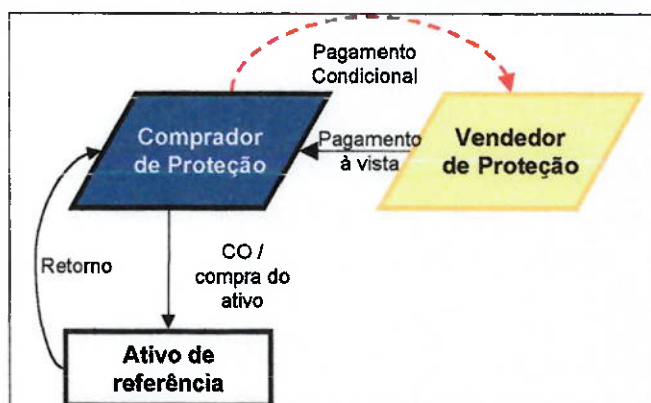


Figura 15: Esquema de uma *Nota de Vinculação ao Crédito*

A seguir, é dado um exemplo de uma *nota de vinculação ao crédito*: O banco XYZ possui em sua carteira um empréstimo de \$ 100.000 com a empresa ZW, um cliente de longa data. Preocupada com a capacidade da ZW honrar seus compromissos e necessitando de caixa para uma outra operação financeira, fechou uma *nota de vinculação ao crédito* com o banco IJK no qual se comprometeu a pagar as parcelas do empréstimo original + 0,5%. No caso de a empresa ZW se tornar inadimplente, o banco XYZ pagará ao banco IJK apenas aquilo que conseguir recuperar do empréstimo original. O banco IJK entrou no negócio motivado pelo alto retorno do seu investimento e/ou para ter acesso ao mercado da empresa ZW. A Figura 16 mostra o esquema da situação apresentada:

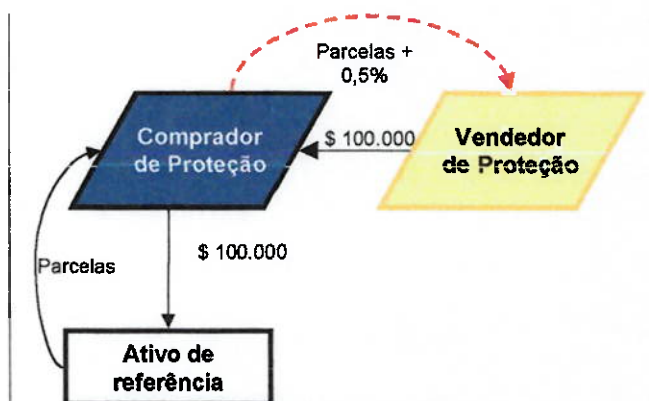


Figura 16: Exemplo de uma Nota de Vinculação ao Crédito

Nesta situação o banco XYZ não precisou fazer um empréstimo, pelo qual pagaria juros mais altos, nem teve que negar o capital para o seu antigo cliente, além de se proteger quanto ao risco de crédito.

3.2.4. Opções sobre Spread de Crédito (Credit Spread Options)

As opções sobre spreads de crédito, diferentemente dos swaps de crédito, representam um direito, e não uma obrigação, de seu portador negociar o ativo de referência a um preço predeterminado. Existem dois tipos de opção: a de compra, na qual o portador da opção pode comprar o ativo de referência pelo preço de contrato, e a de venda, na qual o portador pode vender o ativo de referência pelo preço determinado.

Para as opções sobre spread de crédito, diferentemente dos demais tipos de derivativos de crédito, os pagamentos condicionais estão, como o próprio nome diz, atrelados aos spreads de crédito, oferecendo proteção aos seus portadores. A Figura 17 abaixo mostra a estrutura das opções sobre spread de crédito:

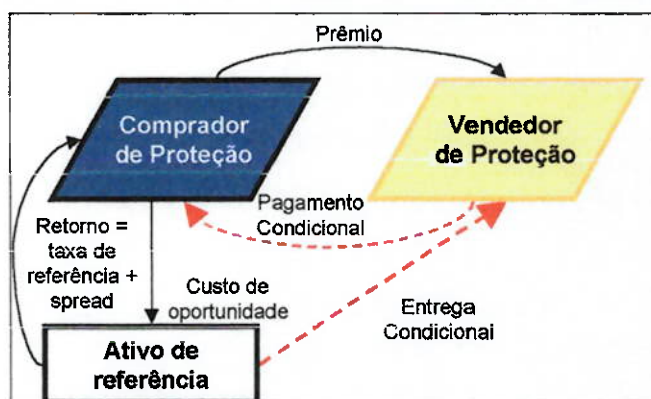


Figura 17: Esquema de uma Opção sobre Spread de Crédito

No exemplo a seguir está ilustrada uma opção sobre spread de crédito: O banco XYZ possui um título da dívida brasileira que paga semestralmente juros iguais à SELIC (taxa de juros básica do mercado brasileiro, divulgada pelo Banco Central do

Brasil) + X% (*spread* de crédito que pode variar em função das condições do mercado) no valor de \$100.000. Preocupado com as condições de pagamento do governo brasileiro, comprou do banco IJK uma opção de venda deste título para um preço do exercício igual à SELIC + 1%. Assim, o banco XYZ passou a ter o direito, pelo qual pagou o prêmio de 2% do valor do título, de vender o título para o banco IJK se ele passar a pagar um *spread* superior a 1%. É importante notar que se os juros da dívida sobem, o mercado está avaliando que a qualidade de crédito piorou, consequentemente, aumentando o risco. A Figura 18 abaixo ilustra este exemplo:

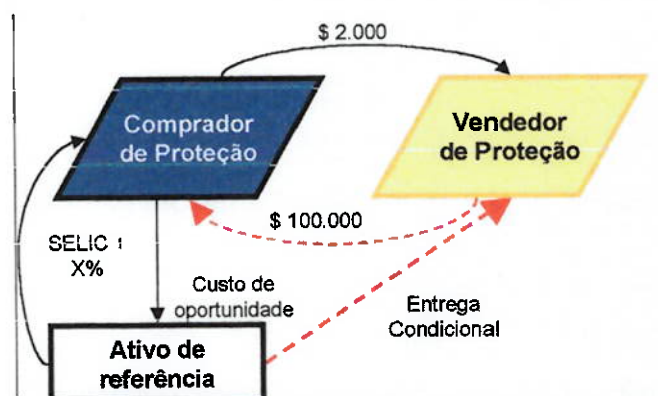


Figura 18: Exemplo de uma Opção sobre Spread de Crédito

3.3. Aplicações dos Derivativos de Crédito

Uma instituição pode se utilizar dos derivativos de crédito para atingir diversos objetivos que influenciarão diretamente na escolha de qual será o tipo utilizado. Os exemplos apresentados na seção anterior mostraram algumas possíveis aplicações dos derivativos de crédito, porém, elas serão apresentadas de uma maneira mais direta:

Administrar o risco de crédito de uma carteira: Uma instituição pode diminuir a exposição de seu portfólio comprando proteção, negociando o risco com a contraparte, que receberá um pagamento em troca para assumi-lo.

Reduzir a concentração do risco em uma carteira: Uma instituição, através do uso dos derivativos de crédito, pode diminuir a sua exposição em um determinado setor e comprar o risco de outro setor, diminuindo assim a concentração do risco de sua carteira.

Aumentar o retorno de uma carteira: Com o advento dos derivativos de crédito, as instituições podem aumentar o retorno de suas carteiras de crédito, otimizando a relação *risco/retorno*.

Possibilitar acesso a mercados antes inacessíveis: Os derivativos possibilitam que instituições, principalmente estrangeiras, consigam assumir riscos em mercados antes

inacessíveis, por restrições técnicas e/ou legais, pois podem ser negociados independentemente da concessão do crédito.

Diversificar a carteira através de uma exposição em mercados globais: Estes instrumentos facilitam o acesso a mercados globais, antes inacessíveis, possibilitando uma maior diversificação da carteira de crédito.

Atualmente, no exterior, os derivativos de crédito estão sendo muito usados no mercado de fusões e aquisições. Por exemplo, um banco pode atingir o limite de concessão de crédito para uma empresa 'A' adquirir uma empresa 'B', sem que ela tenha levantado o montante suficiente para a operação. Neste caso, o banco pode diminuir a sua exposição frente a empresa 'A', fazendo transações de derivativos de crédito com outros bancos, aumentando assim a sua capacidade de financiá-la.

3.4. Vantagens dos Derivativos de Crédito

3.4.1. Vantagens para o comprador de proteção

Confidencialidade

A confidencialidade é uma grande vantagem que os derivativos de crédito oferecem para os compradores de proteção, pois eles conseguem se proteger frente ao risco de inadimplência sem que seus clientes fiquem sabendo da operação, evitando assim, efeitos adversos no relacionamento com os mesmos.

Manutenção dos débitos originais

Os derivativos possibilitam que as instituições diminuam a sua exposição frente ao risco de crédito sem ter que se desfazer de suas operações, vendendo toda ou parte delas para companhias financeiras que cobram altos juros.

Redução da concentração da carteira de crédito

As instituições conseguem, através do uso de derivativos, reduzir a concentração do risco de suas carteiras, podendo assumir o risco de outros setores com os quais não possui relações e se desfazer de risco de setores com os quais possui negócios.

3.4.2. Vantagens para o vendedor de proteção

Lucrar com os juros

Os vendedores de proteção podem lucrar com a venda dos derivativos de crédito ao assumir o risco de inadimplência de uma entidade de referência. Existem várias razões para uma instituição assumir o risco:

- Possuir melhores informações a respeito da entidade de referência que a contraparte do negócio;
- A venda é utilizada para subsidiar a compra de um outro derivativo de crédito;
- A venda pode ser parte de uma estratégia para otimizar o retorno da carteira de crédito da instituição.

Acesso a mercados antes inacessíveis

Os derivativos de crédito possibilitam que instituições consigam obter acesso a mercados antes inacessíveis seja por questões técnicas e/ou legais.

3.5. Risco dos Derivativos de Crédito

Apesar de suas várias aplicações e vantagens, os derivativos não conseguem eliminar por completo o risco de crédito. Quando uma instituição celebra um contrato para se proteger, ela troca o risco de inadimplência da Instituição de Referência pelo risco conjunto de inadimplência da Instituição de Referência e do Vendedor de Proteção. Se apenas uma das duas não honrar com seus compromissos, o Comprador de Proteção não sofrerá perdas. Segundo Caouette et Al. (1999), a probabilidade de perda, para o Comprador de Proteção pode ser calculada por:

Definidos os seguintes eventos:

- $A = 1 \rightarrow$ Instituição de Referência se tornar inadimplente;
- $A = 0 \rightarrow$ Instituição de Referência não se tornar inadimplente;
- $B = 1 \rightarrow$ Vendedor de Proteção se tornar inadimplente;
- $B = 0 \rightarrow$ Vendedor de Proteção não se tornar inadimplente;

A Tabela 9 apresenta as probabilidades de ocorrência dos eventos conjuntamente.

		B		P(A)
		1	0	acum
A	1	$P(A=1, B=1)$	$P(A=1, B=0)$	$P(A)$
	0	$P(A=0, B=1)$	$P(A=0, B=0)$	$1 - P(A)$
P(B) acum		$P(B)$	$1 - P(B)$	1

Tabela 9: Risco dos Derivativos de Crédito

Sendo a covariância e a correlação entre os eventos dadas por:

$$\text{Cov}(A, B) = P(A=1, B=1) - P(A=1)P(B=1)$$

$$\text{Corr}(A, B) = \frac{P(A=1, B=1) - P(A=1)P(B=1)}{\sqrt{P(A=1) \times (1 - P(A=1)) \times P(B=1) \times (1 - P(B=1))}}$$

A probabilidade de inadimplência do Vendedor de Proteção e da Instituição de Referência é dada por:

$$P(A=1, B=1) = \text{Corr}(A, B) \times \sqrt{P(A=1) \times (1 - P(A=1))} \times \sqrt{P(B=1) \times (1 - P(B=1))} + P(A=1) \times P(B=1)$$

Apesar de ser uma equação relativamente simples e direta, é muito difícil de se obter dados confiáveis para calculá-la.

3.6. Questão Legal

A parte legal dos derivativos de crédito é fundamental para a evolução deste mercado, porém, ainda hoje este é um aspecto delicado destes produtos e por isso ainda consome muitos esforços no seu estudo.

O principal aspecto na qual o mercado externo tem encontrado dificuldades é a definição clara de quais são os eventos de crédito, isto é, quais são os eventos que, uma vez ocorridos, permitem que o comprador de proteção exerça o seu direito, exigindo do vendedor de proteção que ele assuma os prejuízos.

Um problema sério é o fato de os derivativos de crédito serem contratos bilaterais nos quais as próprias instituições negociantes podem, ao celebrar o contrato, definir quais serão os eventos de crédito contidos no mesmo. Desta forma, é bastante comum que as duas instituições interpretem de maneira diferente o contrato.

3.6.1. Eventos de Crédito

Nesta seção serão apresentados os eventos de crédito mais freqüentes nos contratos de derivativos:

- **Falência:** A instituição do ativo de referência tem falência decretada;

- **Concordata:** A instituição de referência sofre pedido de concordata preventiva;
- **Inadimplência:** Não pagamento, por parte da instituição de referência, do contrato referenciado no derivativo;
- **Repúdio:** A instituição de referência nega ou questiona a validade de sua dívida;
- **Fusão:** No caso de a instituição de referência se unir a uma outra instituição resultando em uma terceira empresa com qualidade de crédito inferior à inicial;
- **Antecipação Cruzada:** No caso de a instituição de referência não honrar uma dívida com outra empresa não envolvida no contrato, o comprador de proteção pode antecipar pagamento da proteção;
- **Quebra da Normalidade do Mercado:** Suspensão dos negócios em mercados como Londres, Tóquio ou Nova Iorque; guerras; revoltas populares; conflitos armados;
- **Rating:** Piora da qualidade do *rating* da instituição de referência.

Atualmente, o grupo de estudos para a implementação dos derivativos de crédito no Brasil, preocupados com esta questão legal, vai impor algumas restrições ao mercado, deixando a cargo do Banco Central do Brasil a aprovação de novas regras e novos tipos de participantes.

Inicialmente, o primeiro produto a ser negociando no Brasil será o *Swap de Crédito* e só as instituições financeiras poderão negociá-los. Também os eventos de crédito serão restritos de início. A idéia é fazer uma primeira lista que contenha apenas eventos que sejam públicos e notórios, isto é, eventos que sejam inquestionáveis. Esta lista contém atualmente quatro eventos: inadimplência, falência, pedido de concordata e decretação de intervenção ou liquidação extrajudicial na instituição de referência pelo Banco Central do Brasil.

Capítulo 4 – Precificação de um Derivativo de Crédito

Por se tratar de uma categoria de produtos relativamente nova, os derivativos de crédito apresentam uma literatura muito escassa, apesar dela estar acompanhando a evolução destes produtos no mercado. Em função disto, a maioria das publicações existentes atualmente procuram apresentar os principais produtos e as suas características mais marcantes, sendo muito reduzido o número de autores que publicam algo sobre como atribuir preços a estes produtos.

Assim, o objetivo deste capítulo é, além de apresentar o modelo proposto por Das e Sundaram (1998)⁵, fazer um estudo de qual seria o impacto de se assumir diferentes distribuições de probabilidades nos resultados do modelo.

De maneira geral, todos os modelos de precificação de um derivativo de crédito assumem que o preço justo a ser pago pelo produto é função da probabilidade de inadimplência e da taxa de recuperação, isto é, de quanto se espera recuperar do “empréstimo” original no caso do ativo de referência se tornar inadimplente. A equação (4.1) mostra a hipótese inicial da maioria dos modelos de precificação:

$$Preço = \lambda * (1 - \phi) \quad (4.1)$$

onde:

- λ é a probabilidade de inadimplência;
- ϕ é a taxa de recuperação.

O modelo proposto neste capítulo segue nesta mesma linha, porém, ele introduz as taxas de juros, a fim de possibilitar o cálculo do preço em diferentes instantes, levando-se em conta o valor do dinheiro no tempo.

Com o objetivo de facilitar o cálculo do preço em diferentes instantes o modelo foi construído assumindo o tempo como sendo uma variável discreta. Ele parte da hipótese que a estrutura a prazo dos juros e dos *spreads* de crédito, assim como suas respectivas volatilidades (desvios padrão) e a correlação entre as mesmas, são conhecidas. A Figura 19 mostra um exemplo e uma curva de juros de mercado e de uma curva aplicada para uma determinada empresa. O *spread* é a diferença entre elas.

⁵ Este modelo foi escolhido por ser aplicado aos *Swaps de Crédito*, que será o primeiro tipo de derivativo de crédito a ser implantado no Brasil

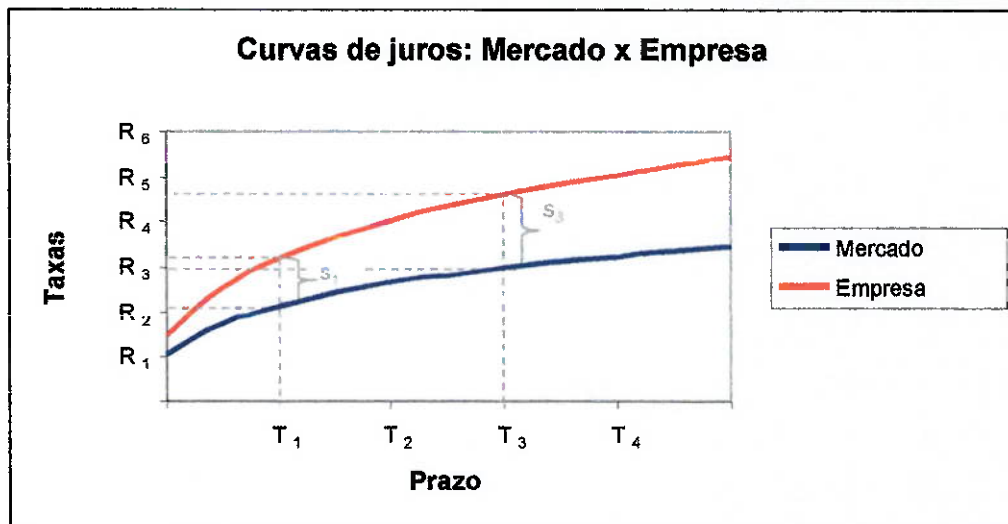


Figura 19: Curvas de juros: Mercado x Empresa

A partir destes dados o modelo constrói, assumindo que os juros e o *spread* têm distribuição Bernoulli, uma árvore de eventos que é utilizada na precificação do derivativo. A Figura 20 mostra um esboço da árvore.

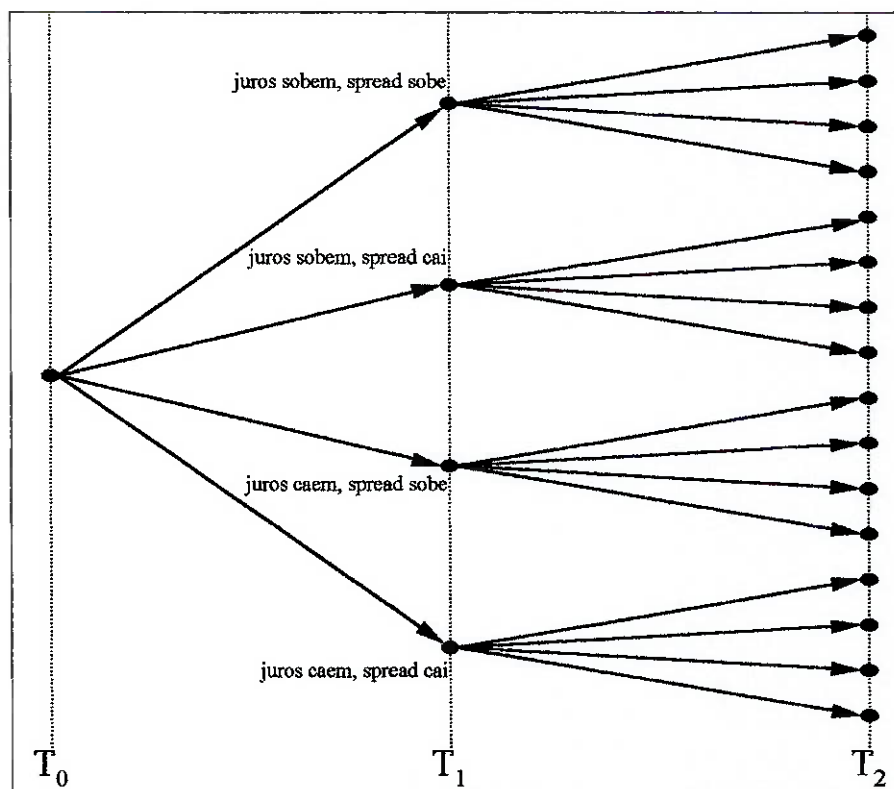


Figura 20: Árvore de Precificação

4.1. O Modelo

O modelo, como já foi dito anteriormente, é construído em tempo discreto, considerando o intervalo de tempo $[0, T]$, sendo T o prazo do contrato.

A seguir são apresentadas algumas das variáveis utilizadas no modelo:

- $[0, T]$: intervalo de tempo finito considerado no modelo;
- (t, T) : período do intervalo de tempo total $\Rightarrow (t, T) \in [0, T]$;
- h : intervalo discreto de tempo;
- $g_1(t, T)$: taxa de juros futura no período t para operações no intervalo $[T, T+h]$, isto é, a taxa de juros futura para operações de um intervalo de tempo no instante T – é assumida a hipótese que o vetor das taxas de juros ao longo do intervalo de tempo considerado é observável;
- $g_2(t, T)$: *spread* no período t para operações no intervalo $[T, T+h]$;
- $\alpha_1(t, T, f(t, T))$: direção, tendência da taxa de juros em função do tempo;
- $\alpha_2(t, T, s(t, T))$: direção, tendência do *spread* em função do tempo;
- $\sigma_1(t, T, f(t, T))$: volatilidade, desvio padrão da taxa de juros no tempo;
- $\sigma_2(t, T, s(t, T))$: volatilidade, desvio padrão do *spread* em função do tempo;
- X_1 : variável aleatória Bernoulli que assume valores iguais a '+1' ou '-1' com igual probabilidade;
- X_2 : variável aleatória Bernoulli que assume valores iguais a '+1' ou '-1' com igual probabilidade;
- $r(t)$: taxa de juros no momento $\Rightarrow r(t) = f(t, t)$;
- $\lambda(t)$: probabilidade de inadimplência, $\forall t$;
- $\Lambda(t)$: probabilidade acumulada de inadimplência, $\forall t$;
- $\phi(t)$: taxa de recuperação no caso de inadimplência, $\forall t$;
- $F(r, s, t, T)$: preço do título que oferece risco;
- $P(r, t, T)$: preço do título que oferece não risco;
- a, b, c : Parâmetros da regressão logística.

O diagrama apresentado na Figura 21 mostra de maneira simplificada como as variáveis do modelo se relacionam e quais são os principais passos para a precificação do derivativo.

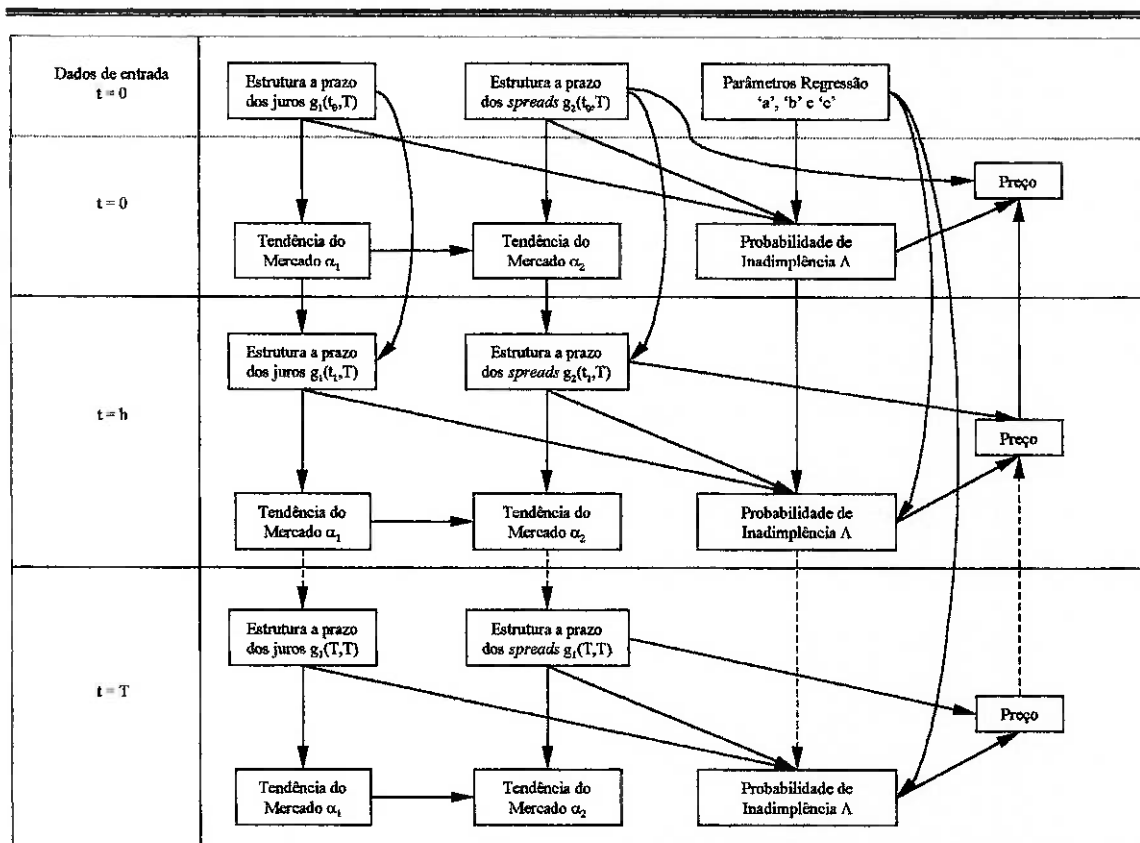


Figura 21: Esquema simplificado do modelo de precificação

4.2. Descrição do Modelo

O modelo assume que a estrutura a prazo dos juros e dos *spreads* de crédito têm o seguinte comportamento no tempo:

$$g_j(t+h, T) = g_j(t, T) + \alpha_j [t, T, f(t, T)]h + \sigma_j [t, T, f(t, T)]X_j \sqrt{h}, \text{ para } \forall T.$$

$j = 1$ se for taxa de juros;
 2 se for *spread* de crédito.

onde:

- α_j indica a tendência do mercado para o modelo j ;
- σ_j indica a volatilidade do mercado para o modelo j ;
- X_j variável aleatória Bernoulli associada ao modelo j .

Essa função quer dizer que o nível das taxas de juros ou dos *spreads* em um determinado instante depende do seu nível no instante anterior, da tendência do mercado (α_j) e de ocorrências aleatórias (X_j). Uma vez conhecida a curva de juros ou dos *spreads* no instante inicial, é possível, como apresentado na Figura 21, calcular a tendência do mercado e, conseqüentemente, seus valores para os instantes seguintes. Este cálculo está apresentado nas Seções 4.2.1 e 4.2.2.

Por se tratar de um esquema simplificado do modelo, a Figura 21 não apresenta a influência da correlação entre as taxas de juros e os *spreads* de crédito no modelo. Esta variável influencia as probabilidades de ocorrência de eventos aleatórios das variáveis X_1 e X_2 conjuntamente, sendo muito importante no cálculo dos valores esperados do preço e da tendência de mercado dos *spreads* (α_2).

Um outro fator que deve ser considerado para se precificar um derivativo de crédito é a probabilidade de inadimplência a cada instante. Neste modelo, ela é dada através de uma equação logística, sendo função dos juros e dos *spreads* de crédito. A seção 4.2.4 mostra como são calculadas as probabilidades de inadimplência.

Segundo Das e Sundaram (1998) os *spreads* representam o custo da inadimplência e são função das taxas de recuperação e das probabilidades de inadimplência. Esta relação será deduzida na Seção 4.2.5.

Uma vez conhecidos todos os dados necessários para a sua construção, é possível montar a árvore de precificação do derivativo, que será apresentada na seção 4.2.6.

4.2.1. Tendência do Mercado – Taxas de juros

O objetivo desta seção é apresentar como o modelo calcula a tendência do mercado para as taxas de juros (α_1).

Seja $B_1(t)$ o valor do dinheiro no tempo para um instante t qualquer pertencente ao intervalo $[0, T]$. Ele deve ser o resultado da capitalização contínua⁶ das taxas de juros do mercado, $r(t)$, a partir do instante $t = 0$, resultando em:

$$B_1(t) = \exp \left[\sum_{i=0}^{\frac{t}{h}-1} r(ih)h \right],$$

onde $r(t)$ é a taxa de juros instantânea de mercado.

Seja $P(t, T)$ o preço de um título isento de risco, neste mesmo instante, com vencimento em T . Ele pode ser expresso pela seguinte função:

⁶ É prática comum no mercado financeiro utilizar o regime de capitalização contínua das taxas de juros. A seguir é dado um exemplo para explicar melhor a diferença entre os tipos de capitalização: \$100 levados a valor futuro por uma taxa nominal de 12%:

- Capitalização simples: $VF = 100 * (1 + 12\%) = \$ 112,00$
- Capitalização composta (2 períodos): $VF = 100 * (1 + 6\%)^2 = \$ 112,36$
- Capitalização composta (6 períodos): $VF = 100 * (1 + 2\%)^6 = \$ 112,62$
- Capitalização contínua: $VF = 100 * \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{12\%}{x} \right)^x = 100 * e^{12\%} = \$112,75$

Note que o regime de capitalização contínua é o regime de capitalização composta com o nº períodos $\rightarrow \infty$

$$P(t, T) = \exp \left[- \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T-1}{h}} g_1(t, ih)h \right]$$

Assim, assumindo a hipótese que os preços apresentam a propriedade de Martingale – ou seja, o valor esperado de X_{n+1} , dado os seus valores passados, é igual ao seu valor atual: $E(X_{n+1} | X_0 = a, X_1 = b, \dots, X_n = d) = d$. Para maiores esclarecimentos, consultar Karlin e Taylor (1975). – o preço em qualquer instante, trazido a valor presente, isto é, $t = 0$, deve ser o mesmo:

$$\frac{P(t, T)}{B_1(t)} = E \left(\frac{P(t+h, T)}{B_1(t+h)} \right) \Rightarrow E \left(\frac{P(t+h, T)}{P(t, T)} \frac{B_1(t)}{B_1(t+h)} \right) = 1$$

Calculando cada termo separado:

$$\frac{P(t+h, T)}{P(t, T)} = \exp \left[- \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} g_1(t+h, ih)h \right] \exp \left[\sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T-1}{h}} g_1(t, ih)h \right] = \exp \left[\left\{ - \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} [g_1(t+h, ih) - g_1(t, ih)]h \right\} + g_1(t, t)h \right]$$

$$\frac{B_1(t+h, T)}{B_1(t, T)} = \exp \left[\sum_{i=0}^{\frac{t}{h}} r(ih)h \right] \exp \left[\sum_{i=0}^{\frac{t}{h}-1} r(ih)h \right] = \exp[r(t)h] = \exp[g_1(t, t)h]$$

Assim, segue que:

$$E \left[\exp \left\{ - \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} [g_1(t+h, ih) - g_1(t, ih)]h \right\} \right] = 1$$

$$E \left[\exp \left\{ - \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} [\alpha_1(ih)h + \sigma_1(ih)X_1\sqrt{h}]h \right\} \right] = 1$$

$$E \left[\exp \left\{ - \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} \alpha_1(ih)h^2 \right\} \exp \left\{ - \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} \sigma_1(ih)X_1h\sqrt{h} \right\} \right] = 1$$

Resultando em uma equação para a tendência das taxas de juros de mercado (α_1):

$$\sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} \alpha_1(ih) = \frac{1}{h^2} \ln \left(E \left[\exp \left\{ - \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} \sigma_1(ih)X_1h\sqrt{h} \right\} \right] \right)$$

4.2.2. Spreads de Crédito

A técnica utilizada para se calcular a tendência de mercado para os *spreads* de crédito é a mesma empregada para as taxas de juros. Assim, o valor do dinheiro no instante t considerando o risco de crédito, $B_2(t)$, deve ser o resultado da capitalização contínua das taxas de juros de mercado, $r(t)$, somado aos *spreads*, $g_2(t, t)$, a partir do instante $t = 0$, resultando em:

$$B_2(t) = \exp \left\{ \sum_{i=0}^{\frac{t}{h}-1} [r(ih) + g_2(ih, ih)]h \right\} = \exp \left\{ \sum_{i=0}^{\frac{t}{h}-1} [g_1(ih, ih) + g_2(ih, ih)]h \right\} =$$

$$B_2(t) = \exp \left\{ \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=0}^{\frac{t}{h}-1} [g_j(ih, ih)]h \right\} \right\}$$

Da mesma forma, o preço de um título no mesmo instante ajustado ao seu risco de crédito, pode ser expresso por:

$$F(t, T) = \exp \left\{ - \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T}{h}-1} [g_1(t, ih) + g_2(t, ih)]h \right\} = \exp \left\{ - \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T}{h}-1} [g_j(t, ih)]h \right\} \right\}$$

Assim, assumindo a hipótese que os preços são Martingales, o preço em qualquer instante, trazido a valor presente, deve ser o mesmo:

$$\frac{F(t, T)}{B_2(t)} = E \left(\frac{F(t+h, T)}{B_2(t+h)} \right) \Rightarrow E \left(\frac{F(t+h, T)}{F(t, T)} \frac{B_2(t)}{B_2(t+h)} \right) = 1$$

Calculando cada termo separado:

$$\frac{F(t+h, T)}{F(t, T)} = \exp \left[- \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T}{h}-1} [g_j(t+h, ih)]h \right\} \right] \exp \left[\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T}{h}-1} [g_j(t, ih)]h \right\} \right]$$

$$\frac{F(t+h, T)}{F(t, T)} = \exp \left[- \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T}{h}-1} [g_j(t+h, ih) - g_j(t, ih)]h \right\} \right] \exp [g_1(t, t)h + g_2(t, t)h]$$

$$\frac{B_2(t+h, T)}{B_2(t, T)} = \exp \left[\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=0}^{\frac{t}{h}} g_j(ih, ih) \right\} \right] \exp \left[\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=0}^{\frac{t}{h}-1} g_j(ih, ih) \right\} \right] = \exp [g_1(t, t)h + g_2(t, t)h]$$

Assim, segue que:

$$E \left[\exp \left\{ - \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} [g_j(t+h, ih) - g_j(t, ih)] h \right\} \right\} \right] = 1$$

$$E \left[\exp \left\{ - \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} [\alpha_j(ih)h + \sigma_j(ih)X_j\sqrt{h} + \beta_j] h \right\} \right\} \right] = 1$$

Resultando em uma equação para a tendência dos *spreads* de crédito (α_2) e das taxas de juros (α_1):

$$\sum_{j=1}^2 \left[\sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} \alpha_j(ih) \right] = \frac{1}{h^2} \ln \left(E \left[\exp \left\{ - \sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}+1}^{\frac{T-1}{h}} [\sigma_j(ih)X_j] h\sqrt{h} \right\} \right\} \right] \right)$$

Uma vez que as tendências para as taxas de juros (α_1), já foram calculadas, é possível calcular as tendências dos *spreads* (α_2).

4.2.3. Correlação

A correlação (ρ) é utilizada no modelo para se determinar a probabilidade conjunta para as variáveis X_1 e X_2 . Uma vez que elas são Bernoulli, as únicas combinações possíveis para elas são as seguintes: $\{(+1, +1); (+1, -1); (-1, +1); (-1, -1)\}$. É possível demonstrar que as probabilidades de cada um destes eventos acontecerem são respectivamente:

$$\left\{ \frac{1+\rho}{4}, \frac{1-\rho}{4}, \frac{1-\rho}{4}, \frac{1+\rho}{4} \right\}$$

onde ρ é a correlação entre as taxas de juros (g_1) e os *spreads* (g_2).

A correlação pode ser obtida através de dados históricos das taxas de juros e dos *spreads* de crédito. Das e Sundaram (1998) afirmam que ela normalmente assume valores positivos e que ela tende a aumentar com a piora da qualidade do crédito.

4.2.4. Probabilidades de Inadimplência

As probabilidades de inadimplência – $\lambda(g_1, g_2, t)$ – como apresentado no início deste capítulo, são utilizadas pela maioria dos modelos de precificação. Neste modelo elas não são introduzidas diretamente, mas sim como função do *spread* de crédito e das taxas de juros.

A função escolhida para este fim, uma vez que as probabilidades devem estar no intervalo $[0, 1]$, foi a equação logística $\lambda(g_1, g_2, t) = \frac{e^x}{e^x + 1}$, onde $x = a + b * g_1(t, t) + c * g_2(t, t)$. Assim, a equação resultante fica:

$$\lambda(t) = \frac{e^{a+bg_1(t,t)+cg_2(t,t)}}{1 + e^{a+bg_1(t,t)+cg_2(t,t)}}$$

É possível observar, através de seus limites, que a função obedece à restrição do intervalo $[0, 1]$. Assim, os parâmetros 'a', 'b' e 'c' são estimados por uma regressão logística, a partir de dados históricos. Segundo Das e Sundaram (1998) a regressão logística consegue uma boa aderência, das probabilidades de inadimplência em função das taxas de juros e dos *spreads* de crédito, apresentando valores de coeficiente de explicação R^2 na faixa de 80 a 90%.

Uma vez conhecida a probabilidade de inadimplência entre cada instante, pode-se calcular a probabilidade acumulada de inadimplência (Λ) através da seguinte relação:

$$\Lambda(t + h) = \Lambda(t) + [1 - \Lambda(t)]\lambda(t)h, \text{ onde } \Lambda(0) = 0.$$

Novamente é possível verificar, através dos limites da função, que ela respeita a restrição $0 \leq \Lambda \leq 1$.

4.2.5. Taxas de Recuperação

As taxas de recuperação (ϕ), também são utilizadas pela maioria dos modelos de precificação. Como já foi dito anteriormente, os *spreads* apurados no mercado são função das probabilidades de inadimplência e das taxas de recuperação esperadas para os ativos de referência. Assim, pode-se expressar uma variável em função da outra. Uma possível forma de relacionar estas três variáveis está demonstrada a seguir:

O preço de um ativo ajustado ao seu risco, como apresentado na Seção 4.2.2, é expresso por:

$$F(t, t+h) = \exp\{-[g_1(t, t) + g_2(t, t)]h\}$$

Ele deve ser igual ao fluxo de caixa da expectativa de recuperação descontada pela taxa de juros:

$$F(t, t+h) = \exp\{-g_1(t, t)h\} * [\lambda(t, t)h\phi(t, t) + 1 - \lambda(t, t)h]$$

Uma vez que $\lambda(t)$ diminui com $h \rightarrow 0$, pode-se aproximar o termo $[\lambda(t, t)h\phi(t, t) + 1 - \lambda(t, t)h]$ por $e^{-\lambda(t, t)h[1-\phi(t, t)]}$, a partir da aproximação $e^{-x} \approx 1 - x$ para $x \rightarrow 0$.

A equação resultante da aproximação é:

$$F(t, t+h) = \exp\{-g_1(t, t)h - \lambda(t, t)h[1 - \phi(t, t)]\}$$

Assim, pode-se concluir que:

$$g_2(t, t) = \lambda(t, t)[1 - \phi(t, t)]$$

Uma vez que $g_2(t, t)$ é conhecido e $\lambda(t)$ pode ser calculado a partir dos juros e do spread, é possível obter os valores para $\phi(t)$.

4.2.6. A Árvore

Um artifício bastante interessante para a construção da árvore de preços do derivativo é expressar o preço de um determinado nó em função do preço do nó seguinte, conforme demonstração a seguir:

$$\begin{aligned} F(t, T) &= \exp\left\{-\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T-1}{h}} [g_j(t, ih)]h \right\}\right\} \\ F(t, T) &= \exp\left\{-\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T-2}{h}} [g_j(t, ih)]h \right\}\right\} \exp\left\{-\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{T-h}{h}}^{\frac{T-1}{h}} [g_j(t, ih)]h \right\}\right\} \\ F(t, T) &= \exp\left\{-\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T-2}{h}} [g_j(t, ih)]h \right\}\right\} \exp\left\{-\sum_{j=1}^2 [g_j(t, T-h)]h\right\} \end{aligned}$$

Sob a hipótese que os preços são Martingales, a equação acima resulta em:

$$\begin{aligned} F(t, T) &= \exp\left\{-\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T-2}{h}} [g_j(t, ih)]h \right\}\right\} \exp\left\{-\sum_{j=1}^2 [g_j(T-h, T)]h\right\} \\ F(t, T) &= \exp\left\{-\sum_{j=1}^2 \left\{ \sum_{i=\frac{t}{h}}^{\frac{T-2}{h}} [g_j(t, ih)]h \right\}\right\} F(T-h, T) \end{aligned}$$

Porém, ainda se faz necessário o cálculo do preço no último nível da árvore, para que a partir dele sejam obtidos todos os outros. O preço para um instante, como já foi apresentado anteriormente, é:

$$F(t, t+h) = \lambda(t) * (1 - \phi(t))$$

Assim, para se calcular o preço no último nível, deve-se levar em consideração que o ativo de referência não pode ter se tornado inadimplente até aquele instante, sendo necessária a introdução da probabilidade acumulada de inadimplência:

$$F(T-h, T) = [1 - \Lambda(T-h)] * \lambda(T-h) * (1 - \phi(T-h)) = [1 - \Lambda(T-h)] * s(T-h, T)$$

Como o modelo assume que as variáveis aleatórias X_1 e X_2 são Bernoulli, é necessário calcular o preço de cada nó levando-se em consideração a probabilidade de cada ocorrência aleatória – lembrando que as possibilidades para o par (X_1, X_2) são: $\{(+1, +1); (+1, -1); (-1, +1); (-1, -1)\}$. Assim, o preço pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$F(t+h, X_1, X_2) = F(t, X_1, X_2) * \exp[-r(t)h] * \text{prob}(X_1, X_2)$$

onde $\text{prob}(X_1, X_2)$ é a probabilidade de se observar o par (X_1, X_2) .

Uma vez tendo todos os dados para o cálculo do preço, a árvore resultante terá a estrutura apresentada na Figura 22:

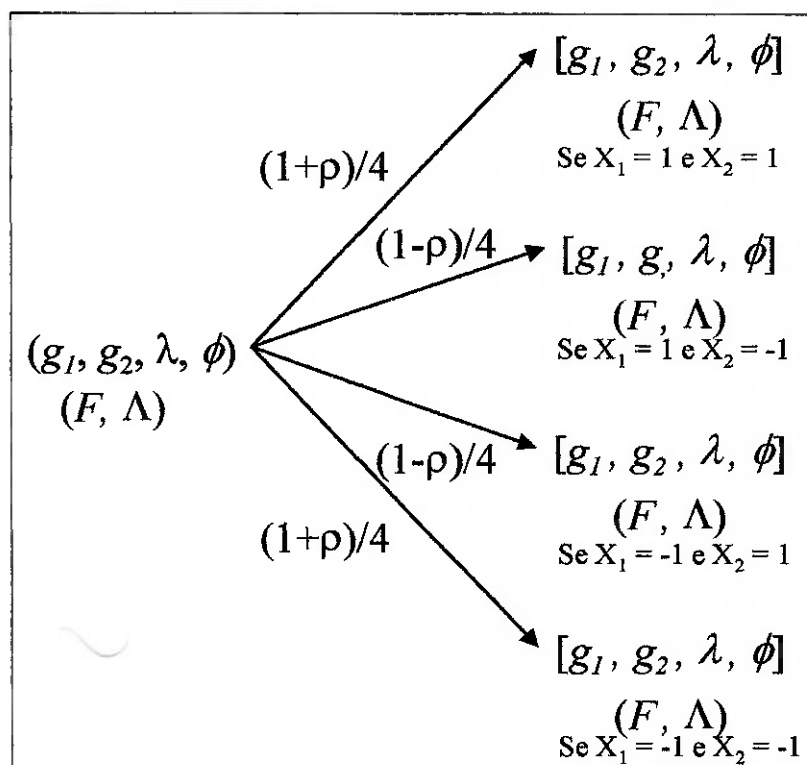


Figura 22: Árvore do modelo de precificação

4.3. Resultados do Modelo

Nesta seção serão apresentados alguns resultados obtidos através da utilização do modelo proposto por Das e Sundaram (1998) a partir da combinação de três cenários diferentes para as seguintes variáveis: taxas de juros, *spreads* de crédito e correlação.

No exemplo estudado foi considerado um *swap de crédito* com duração 'T' de quatro anos e 'h' (delta t) igual a um ano. Para todos os casos analisados, foi assumida a hipótese que as volatilidades (desvios padrão) dos juros e dos *spreads* eram constantes.

A Tabela 10 mostra a estrutura das taxas de juros para os três diferentes cenários adotados no exemplo, bem como os níveis de volatilidade das mesmas.

Prazo (anos)	Curvas de juros – g_1 (%)			Volatilidade (%)
	Baixo	Normal	Alto	
1	21,87	23,87	25,87	1,50
2	24,70	26,70	28,70	1,20
3	26,88	28,88	30,88	1,10
4	28,11	30,11	32,11	1,00

Tabela 10: Curvas de juros para o exemplo

A Tabela 11 apresenta a estrutura dos *spreads* para três empresas com diferentes avaliações da sua qualidade de crédito (Ruim, Média e Boa).

Prazo (anos)	Avaliação da qualidade – g_2 (spread - %)			Volatilidade (%)
	Ruim	Média	Boa	
1	1,58	0,60	0,34	0,50
2	1,92	0,95	0,68	0,60
3	2,08	1,10	0,84	0,70
4	2,20	1,22	0,95	0,80

Tabela 11: Spreads para o exemplo

Da mesma forma, foram assumidos três diferentes cenários para as correlações entre os juros e o *spread*: normal (0,25), negativa (-0,1), e alta (0,9). A Tabela 12 apresenta os dados dos parâmetros 'a', 'b', e 'c', resultados da regressão logística, para cada uma das combinações de *spread* e juros analisadas.

Spread	Juros								
	Baixo			Normal			Alto		
	Ruim	Médio	Alto	Ruim	Médio	Alto	Ruim	Médio	Alto
a	-4,085	-5,479	-6,595	-4,119	-5,579	-6,747	-4,154	-5,679	-6,900
b	1,720	5,002	7,628	1,720	5,002	7,628	1,720	5,002	7,628
c	36,945	51,559	63,250	36,945	51,559	63,250	36,945	51,559	63,250

Tabela 12: Parâmetros de regressão logística

A Tabela 13 mostra os resultados do modelo de Das e Sundaram (1998) para cada um dos diferentes cenários:

Preços (%)				
Correlação	Juros	Qualidade do crédito (<i>spread</i>)		
		Ruim	Média	Boa
0,9	Baixo	5,19	2,72	2,07
	Normal	5,06	2,64	2,00
	Alto	4,93	2,56	1,94
0,25	Baixo	5,17	2,70	2,05
	Normal	5,04	2,62	1,98
	Alto	4,91	2,54	1,92
-0,1	Baixo	5,16	2,69	2,04
	Normal	5,03	2,61	1,97
	Alto	4,90	2,54	1,91

Tabela 13: Resultados do modelo

Pelos resultados obtidos, pode-se perceber que o *spread* é a variável que mais influencia os resultados do modelo, o que era de se esperar uma vez que o preço esperado para um período é o próprio *spread*. A correlação teve pouca influência nos resultados do modelo e isso, de certa forma, é muito bom pois esta variável é a mais difícil de se observar com relativa precisão. Os juros tiveram pouca influência se comparados ao *spread*, porém esta influência ainda é significativa.

Para melhor entendimento do resultado do modelo, é apresentado a seguir um exemplo: O banco XYZ possui, em sua carteira de crédito, um empréstimo, que deverá ser pago em quatro anos, de \$ 1.000.000,00 com relação a empresa ZW, que tem uma má avaliação com relação a sua qualidade de crédito. Para se proteger do risco de inadimplência, o banco XYZ celebrou com o banco IJK um *swap de crédito* para os quatro anos do empréstimo. Supondo que o mercado esteja com os juros baixos e que a correlação entre o de crédito da empresa e os juros seja de 0,25, o preço que o banco XYZ deverá pagar ao banco IJK, segundo o modelo proposto, deve ser de 5,17% do valor da proteção, ou seja, $5,17\% \times 1.000.000 = \$ 51.700,00$.

4.4. Estudo da influência da distribuição de probabilidades

As variáveis X_1 e X_2 possuem, no modelo inicialmente proposto, distribuições de probabilidade Bernoulli, assumindo os valores +1 e -1 com igual probabilidade. O objetivo nesta seção é estudar o impacto de se utilizar outras distribuições de probabilidade nos resultados do modelo através de simulação. Para tanto, foram escolhidos os seguintes modelos de distribuição de probabilidade: Bernoulli, assumindo os valores +1 e -1; Uniforme no intervalo [-1, +1] e Normal com média 0 e desvio padrão igual a 1.

Neste estudo foram feitas 10.000 simulações para cada um dos 27 cenários de condições do mercado escolhidos (taxa de juros, *spread de crédito* e correlação) para os três diferentes modelos de distribuição de probabilidade. Para cada cenário, foram calculadas as médias e os desvios padrão.

4.4.1. Distribuição Bernoulli

A simulação apresentou, diferentemente do que era esperado, resultados distintos dos resultados do modelo proposto por Das e Sundaram (1998), apesar de ser assumido o mesmo modelo de distribuição de probabilidades.

A tabela 14 mostra os resultados (média e desvio padrão) obtidos pela simulação:

Preços – Média e Desvio padrão (%)							
Correlação	Juros	Qualidade do crédito (<i>spread</i>)					
		Ruim		Média		Boa	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
0,9	Baixo	5,17	1,81	2,89	1,63	2,36	1,53
	Normal	5,07	1,73	2,83	1,57	2,25	1,46
	Alto	4,91	1,67	2,72	1,51	2,18	1,39
0,25	Baixo	5,30	2,16	3,12	1,96	2,62	1,79
	Normal	5,13	2,07	2,98	1,88	2,55	1,73
	Alto	5,02	2,01	2,90	1,81	2,48	1,68
-0,1	Baixo	5,36	2,30	3,19	2,07	2,76	1,91
	Normal	5,16	2,21	3,11	1,98	2,66	1,83
	Alto	5,09	2,12	3,03	1,91	2,56	1,75

Tabela 14: Resultados da simulação com distribuição Bernoulli

Neste caso, a correlação passou a ter um pouco mais de influência nos resultados, o que pode ser verificado comparando-se os preços médios da tabela 14. No modelo original, o preço para uma qualidade de crédito ruim e juros baixos variou apenas 0,03% e na simulação esta variação foi de 0,19%, mais de seis vezes a variação do modelo original.

Uma característica interessante e já esperada para esta simulação é que o histograma, por se tratar de um modelo discreto, não apresenta observações em todas as classes, o que pode ser constatado nas figuras 23, 24 e 25. Todos os histogramas dos 27 cenários estão no anexo C.

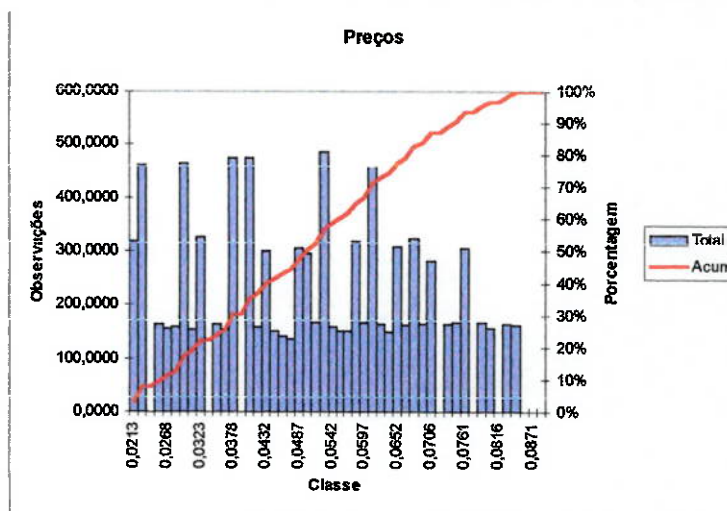


Figura 23: Simulação Bernoulli corr 0,9; juros baixos e *spread* ruim

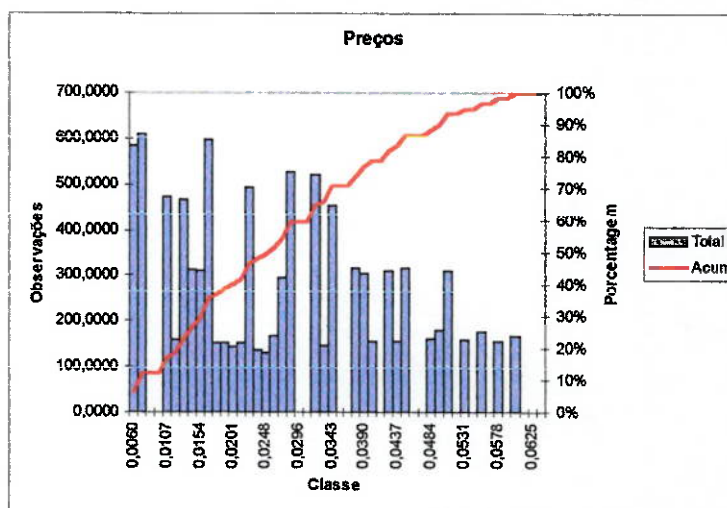


Figura 24: Simulação Bernoulli corr 0,9; juros normal e *spread* médio

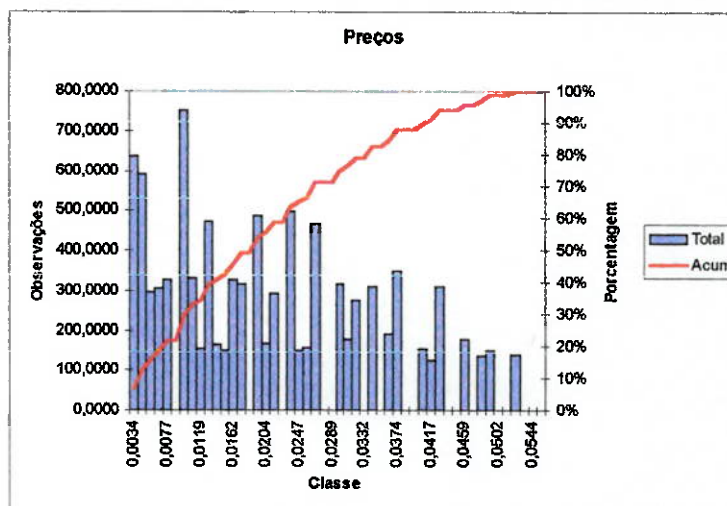


Figura 25: Simulação Bernoulli corr 0,9; juros altos e *spread* bom

4.4.2. Distribuição Uniforme

A simulação com distribuição uniforme foi a que apresentou os resultados mais próximos aos resultados do modelo e a que apresentou os menores desvios padrão dentre as três distribuições escolhidas.

A tabela 15 mostra os resultados (média e desvio padrão) obtidos pela simulação:

Preços – Média e Desvio padrão (%)							
Correlação	Juros	Qualidade do crédito (<i>spread</i>)					
		Ruim		Média		Boa	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
0,9	Baixo	5,13	1,52	2,72	1,42	2,14	1,34
	Normal	5,00	1,46	2,64	1,36	2,07	1,29
	Alto	4,88	1,41	2,57	1,31	2,01	1,24
0,25	Baixo	5,16	1,54	2,75	1,45	2,12	1,35
	Normal	5,03	1,48	2,67	1,39	2,05	1,30
	Alto	4,91	1,42	2,59	1,34	1,98	1,25
-0,1	Baixo	5,16	1,55	2,73	1,47	2,15	1,38
	Normal	5,04	1,49	2,65	1,41	2,08	1,33
	Alto	4,91	1,43	2,57	1,36	2,01	1,27

Tabela 15: Resultados da simulação com distribuição uniforme

As figuras 26, 27 e 28 apresentam três histogramas das simulações com distribuição uniforme.

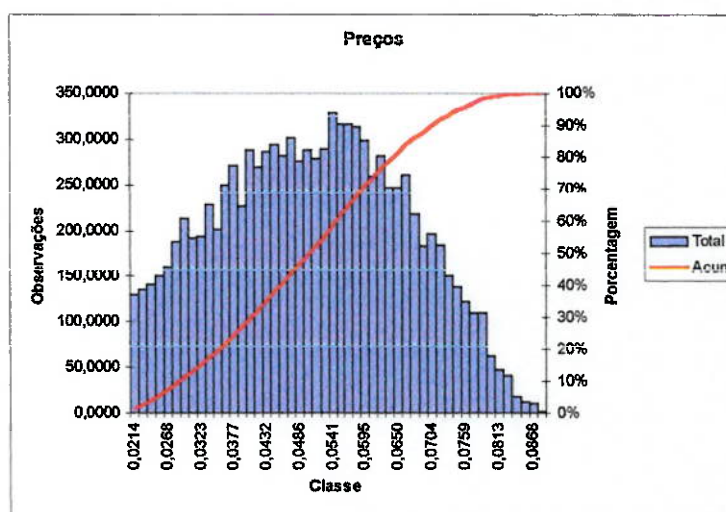


Figura 26: Simulação Uniforme corr 0,9; juros baixos e *spread* ruim

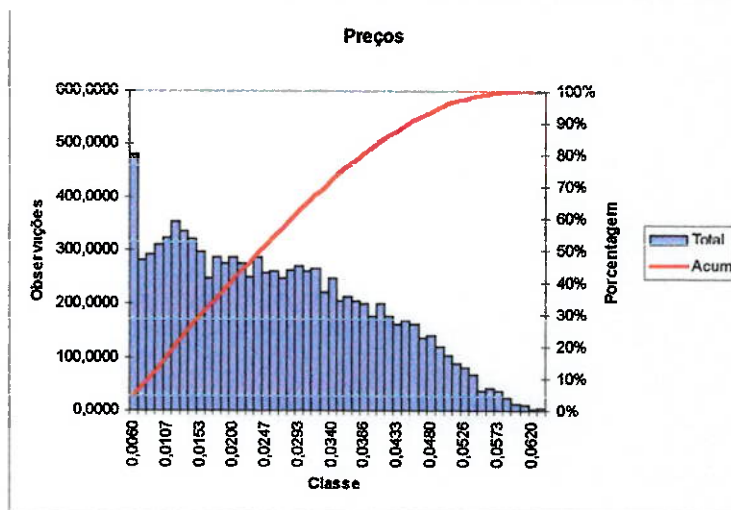


Figura 27: Simulação Uniforme corr 0,9; juros normal e *spread* médio

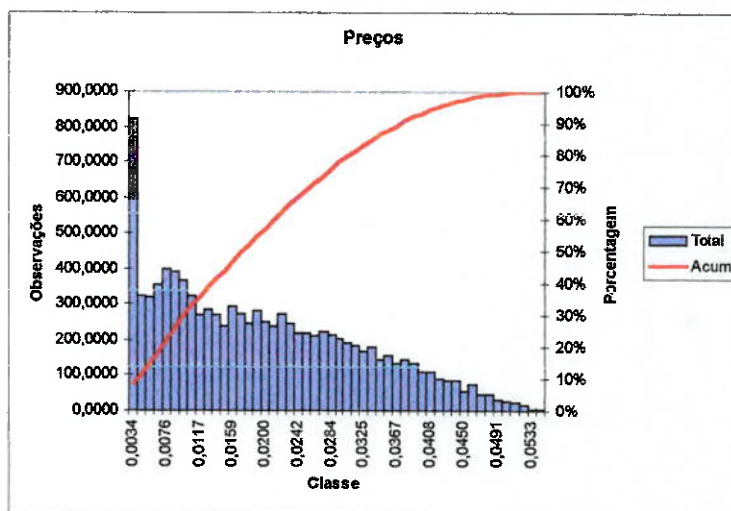


Figura 28: Simulação Uniforme corr 0,9; juros altos e *spread* bom

Para esta distribuição, a correlação, assim como no modelo proposto por Das e Sundaram (1998) não provocou grandes variações nos resultados.

4.4.3. Distribuição Normal

O preço médio das simulações com a distribuição normal foi, para todas a simulações, mais caro que o preço obtido no modelo proposto por Das e Sundaram (1998), chegando a apresentar uma diferença de 0,64%. Novamente a correlação não provocou alterações significativas no resultado do modelo.

A tabela 16 mostra os resultados (média e desvio padrão) obtidos pela simulação:

Preços – Média e Desvio padrão (%)							
Correlação	Juros	Qualidade do crédito (<i>spread</i>)					
		Ruim		Média		Boa	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
0,9	Baixo	5,28	2,21	3,19	1,98	2,63	1,87
	Normal	5,16	2,15	3,06	1,90	2,54	1,80
	Alto	5,09	2,09	2,97	1,83	2,46	1,73
0,25	Baixo	5,35	2,27	3,19	2,07	2,62	1,93
	Normal	5,22	2,18	3,11	1,97	2,53	1,86
	Alto	5,09	2,09	3,01	1,89	2,45	1,79
-0,1	Baixo	5,31	2,30	3,22	2,08	2,68	2,02
	Normal	5,23	2,22	3,09	2,01	2,59	1,93
	Alto	5,11	2,14	3,00	1,93	2,50	1,85

Tabela 16: Resultados da simulação com distribuição normal

As Figuras 29, 30 e 31 apresentam três histogramas das simulações com distribuição normal.

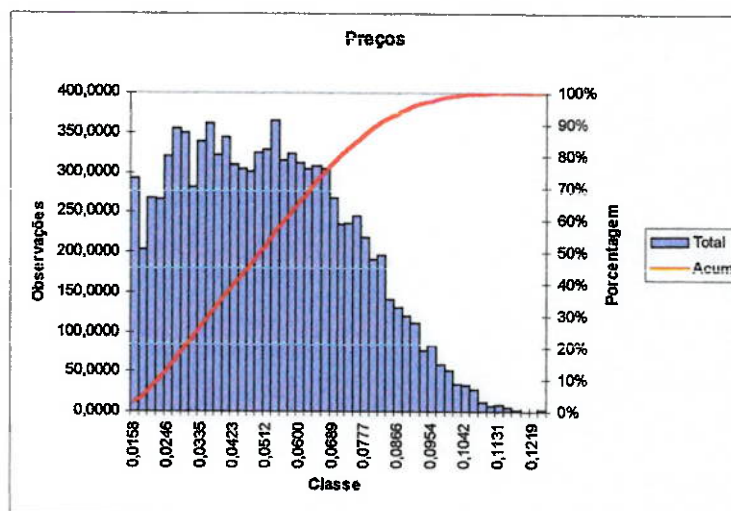


Figura 29: Simulação Normal corr 0,9; juros baixos e *spread* ruim

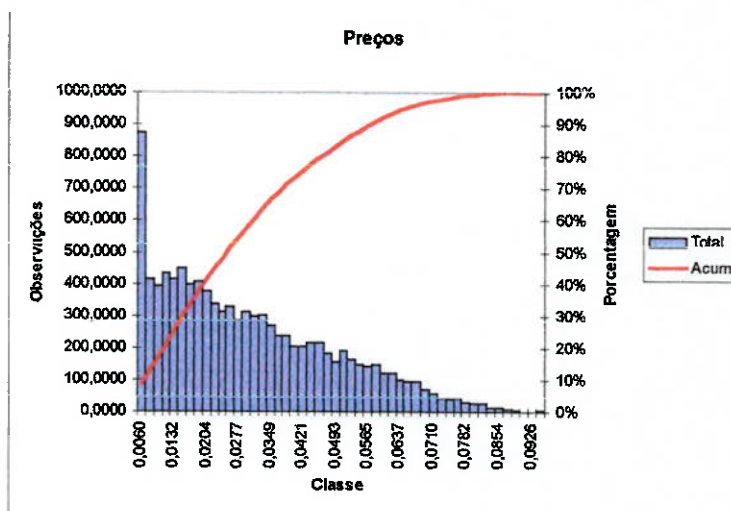


Figura 30: Simulação Normal corr 0,9; juros normal e *spread* médio

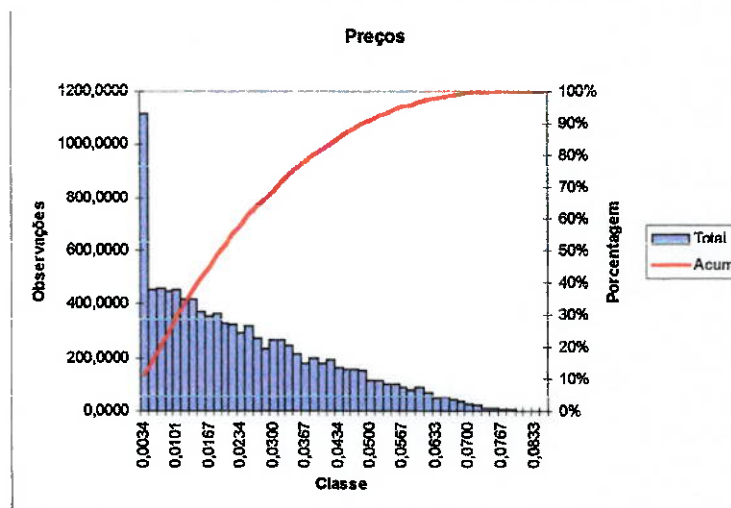


Figura 31: Simulação Normal corr 0,9; juros altos e spread bom

4.4.4. Comparação dos Resultados

Os resultados das simulações para as três distribuições de probabilidade escolhidas foram um pouco diferentes do esperado pois a distribuição uniforme foi a que mais se aproximou do modelo original e não a distribuição de Bernoulli. A Tabela 17 mostra a diferença entre o valor do modelo original e a média de cada uma das simulações.

		Diferença (%)								
Correlação	Juros	Qualidade do crédito (spread)								
		Ruim			Média			Boa		
		Bern	Unif	Norm	Bern	Unif	Norm	Bern	Unif	Norm
0,9	Baixo	0,02	0,06	-0,09	-0,17	0,00	-0,47	-0,29	-0,07	-0,56
	Normal	-0,01	0,06	-0,10	-0,19	0,00	-0,42	-0,25	-0,07	-0,54
	Alto	0,02	0,05	-0,16	-0,16	-0,01	-0,41	-0,24	-0,07	-0,52
0,25	Baixo	-0,13	0,01	-0,18	-0,42	-0,05	-0,49	-0,57	-0,07	-0,57
	Normal	-0,09	0,01	-0,18	-0,36	-0,05	-0,49	-0,57	-0,07	-0,55
	Alto	-0,11	0,00	-0,18	-0,36	-0,05	-0,47	-0,56	-0,06	-0,53
-0,1	Baixo	-0,20	0,00	-0,15	-0,50	-0,04	-0,53	-0,72	-0,11	-0,64
	Normal	-0,13	-0,01	-0,20	-0,50	-0,04	-0,48	-0,69	-0,11	-0,62
	Alto	-0,19	-0,01	-0,21	-0,49	-0,03	-0,46	-0,65	-0,10	-0,59

Tabela 17: Comparação de resultados entre o modelo e a simulação

Pelos resultados da tabela 18, é possível constatar a afirmação inicial de que a distribuição uniforme foi a que menos se distanciou do modelo original.

Distribuição	Diferença % (módulo)			Desvio Padrão Médio - %
	Mínimo	Máximo	Média	
Uniforme	0,00	0,11	0,04	1,39
Bernoulli	0,01	0,72	0,32	1,83
Normal	0,09	0,64	0,40	2,00

Tabela 18: Diferença dos resultados do modelo e das simulações

Porém constatar que a distribuição uniforme foi a que apresentou a menor diferença com relação ao modelo original não é suficiente para verificar se a mudança

do modelo de distribuição de probabilidades gera impacto no modelo. Para fazer esta verificação foram feitos testes de hipótese com $\alpha = 5\%$ para constatar se o preço do modelo era igual ao preço médio da simulação. As Tabelas 19 mostra se a hipótese H_0 foi aceita ou não.

Teste de hipótese:

$$H_0: \bar{x} = \text{preço}$$

$$H_1: \bar{x} \neq \text{preço}$$

Teste de Hipótese para $\alpha = 5\%$										
Correlação	Juros	Qualidade do crédito (spread)								
		Ruim			Média			Boa		
		Bern	Unif	Norm	Bern	Unif	Norm	Bern	Unif	Norm
0,9	Baixo	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
	Normal	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
	Alto	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
0,25	Baixo	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
	Normal	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
	Alto	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
-0,1	Baixo	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
	Normal	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito
	Alto	Rejeito	Aceito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito	Rejeito

Tabela 19: Testes de hipótese

A Tabela 20 mostra qual o valor de $Z_{\alpha/2}$ para aceitar H_0 .

Valores de $Z_{\alpha/2}$ para aceitar H_0										
Correlação	Juros	Qualidade do crédito (spread)								
		Ruim			Média			Boa		
		Bern	Unif	Norm	Bern	Unif	Norm	Bern	Unif	Norm
0,9	Baixo	0,83	3,99	3,90	10,30	0,28	23,59	18,88	5,46	30,15
	Normal	0,30	3,98	4,76	11,86	0,26	22,13	16,93	5,65	30,22
	Alto	1,40	3,57	7,53	10,56	0,50	22,24	17,52	5,29	29,90
0,25	Baixo	6,10	0,38	7,80	21,25	3,36	23,74	31,81	5,17	29,59
	Normal	4,40	0,35	8,26	19,12	3,38	24,74	32,76	5,44	29,72
	Alto	5,68	0,08	8,48	19,76	3,66	24,87	33,50	5,17	29,47
-0,1	Baixo	8,88	0,31	6,50	24,25	2,57	25,55	37,85	8,09	31,84
	Normal	6,03	0,37	8,94	25,28	2,60	24,09	37,78	8,35	32,23
	Alto	8,88	0,82	9,70	25,56	2,16	23,71	36,97	8,09	31,98

Tabela 20: Valores de $Z_{\alpha/2}$ para aceitar H_0

Capítulo 5 – Conclusão

Com a introdução dos derivativos de crédito no mercado financeiro brasileiro, o que deve acontecer no início de 2002, é bem provável que haja um grande desenvolvimento da cultura do crédito no mercado, principalmente no que diz respeito à integração dos dados, pois as instituições costumam guardar para si as suas avaliações.

Os derivativos criarão uma necessidade de melhor avaliação da qualidade de crédito das empresas e instituições financeiras impulsionando a formação de bases de dados públicas, algo que hoje já é feito hoje pelas agências de *rating*, mas sem uma participação expressiva.

Além disso, a introdução destes produtos aumentará a necessidade de avaliação dos riscos de crédito das operações financeiras, que, apesar da existência de modelos como o *CreditMetrics*, o *Portfolio Management of Default Risk* e o *CreditRisk+*, ainda hoje não possuem um modelo de referência, como é o caso do *RiskMetrics* do JP Morgan para o risco de mercado.

A precificação é ainda um outro ponto que deverá ser muito discutido pelo mercado após a regulamentação dos derivativos de crédito, pois ainda hoje no exterior, que já negocia estes produtos há alguns anos, existe uma certa carência de informações a respeito deste assunto. E foi este o propósito deste trabalho, apresentar um modelo já existente, Das e Sundaram (1998), e estudar a sua sensibilidade com referências às distribuições de probabilidade.

Os testes de hipótese mostraram que a adoção de outros modelos de distribuição de probabilidades gera resultados (preços) diferentes, apesar destas diferenças em termos percentuais não ser muito grande. Como os derivativos de crédito ainda não são negociados no Brasil, não é possível se fazer um teste de aderência para os preços praticados no mercado e os preços calculados pelo modelo, sendo este um dos próximos passos a serem seguidos.

Além dos testes de aderência, este trabalho continuará com a avaliação de outros modelos de precificação de derivativos de crédito e com a comparação de seus resultados com os obtidos pelo modelo aqui apresentado.

Considerações Finais

Em um processo de Engenharia de Produção, o engenheiro, no papel de tomador de decisão, deve saber coletar as informações, fazer a seleção de quais são

pertinentes ao estudo realizado, organizá-las e analisá-las de modo a tomar a decisão correta.

Portanto, acredita-se que no desenvolvimento deste trabalho, apesar dele não ser dirigido especificamente para a área de atuação da Engenharia de Produção, foram desenvolvidas e aplicadas várias características necessárias e importantes para o engenheiro atualmente. Além disso, acredita-se que as ferramentas utilizadas pelos Engenheiros de Produção podem e devem ser aplicadas em outras áreas de modo a expandir o campo de atuação e a agregar novos conhecimentos à Engenharia.

Bibliografia

1. Aggrawal, S – **Credit Derivatives Move Beyond Plain Vanilla** – The Stern Journal, 2000.
2. Banco Central do Brasil – **Resolução 2682** – in <http://www.bcb.gov.br/mPag.asp?perfil=1&cod=114&codP=112> em 16 de julho de 2001.
3. Caouette, J. B.; Altman E. I.; Narayanan P. – **Gestão do Risco de Crédito, o próximo grande desafio financeiro** – 1. ed., Rio de Janeiro, Ed. Qualitymark, 1999.
4. CD-ROM - Dicionário Prático Michaelis
5. Costa Neto, Pedro Luiz Oliveira – **Estatística** – 2. ed., São Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1977.
6. Credit Suisse First Boston – **CreditRisk+: a credit risk management framework** – 1997, in www.csfb.com/creditrisk/assets/creditrisk.pdf em 20/07/2001.
7. Das, S. e Sundaram, R – **A Direct Approach to Arbitrage Free Pricing of Credit Derivatives** – 1998, in www.nber.org/papers/w6635 em 20/06/2001.
8. Hosmer Jr, D. e Lemeshow, S. – **Applied Logistic Regression** – Ed. Wiley-Interscience, Massachusetts, 1989.
9. JP Morgan – **CreditMetrics, technical document** – New York, J.P.Morgan & Co. Incorporated, 1997.
10. Karlin, S e Taylor, H – **A First Course in Stochastic Processes** – 2 ed., Ed. Academic Press, 1975.
11. Nakamura, D. – **Aplicações de Técnicas Estatísticas na Construção de um Modelo de Análise de Crédito** – São Paulo, Trabalho de Formatura da Escola Politécnica da USP, 2000.
12. Perera, L. C. J. – **Administrando Riscos de Crédito (na fronteira do conhecimento)** – Material do Curso da Andima 20 e 21 de março de 2000.
13. Saunders, A. – **Credit Risk Measurement, New Approaches to Value at Risk and other Paradigms** – 1. ed., New York, Ed. John Wiley & Sons, 1999.
14. Site da Atlantic Rating www.atlanticrating.com.br em 20/07/01.
15. Site da Riskbank www.riskbank.com.br em 20/07/01.
16. Site http://www.enroncredit.com/technical_papers/introCreditDerivatives.asp em 25/07/01.

Bibliografia

17. Tavakoli, J – **Credit Derivatives, A guide to instruments and applications** – 1. ed., New York, Ed. John Wiley & Sons, 2001.
18. Tennenbaum, F – **Proposta de um Modelo de Risco de Crédito** – São Paulo, Trabalho de Formatura da Escola Politécnica da USP, 1999.

Anexos

Anexo A – Resolução 2862

RESOLUCAO N. 002682

Dispõe sobre critérios de classificação das operações de crédito e regras para constituição de provisão para créditos de liquidação duvidosa.

O BANCO CENTRAL DO BRASIL, na forma do art. 9. da Lei n. 4.595, de 31 de dezembro de 1964, torna publico que o CONSELHO MONETARIO NACIONAL, em sessão realizada em 21 de dezembro de 1999, com base no art. 4., incisos XI e XII, da citada Lei,

R E S O L V E U:

Art. 1. Determinar que as instituições financeiras e demais instituições autorizadas a funcionar pelo Banco Central do Brasil devem classificar as operações de crédito, em ordem crescente de risco, nos seguintes níveis:

- I - nível AA;
- II - nível A;
- III - nível B;
- IV - nível C;
- V - nível D;
- VI - nível E;
- VII - nível F;
- VIII - nível G;
- IX - nível H.

Art. 2. A classificação da operação no nível de risco correspondente e 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:

- a) situação econômico-financeira;
- b) grau de endividamento;
- c) capacidade de geração de resultados;
- d) fluxo de caixa;
- e) administração e qualidade de controles;
- f) pontualidade e atrasos nos pagamentos;
- g) contingências;
- h) setor de atividade econômica;
- i) limite de crédito;

II - em relação a operação:

- a) natureza e finalidade da transação;
- b) características das garantias, particularmente quanto a suficiência e liquidez;
- c) valor.

Parágrafo único. A classificação das operações de crédito de titularidade de pessoas físicas deve levar em conta, também, as situações de renda e de patrimônio bem como outras informações cadastrais do devedor.

Art. 3. A classificação das operações de crédito de um mesmo cliente ou grupo econômico deve ser definida considerando aquela que apresentar maior risco, admitindo-se excepcionalmente classificação diversa para determinada operação, observado o disposto no art. 2., inciso II.

Art. 4. A classificação da operação nos níveis de risco de que trata o art. 1. deve ser revista, no mínimo:

I - mensalmente, por ocasião dos balancetes e balanços, em função de atraso verificado no pagamento de parcela de principal ou de encargos, devendo ser observado o que segue:

- a) atraso entre 15 e 30 dias: risco nível B, no mínimo;
- b) atraso entre 31 e 60 dias: risco nível C, no mínimo;
- c) atraso entre 61 e 90 dias: risco nível D, no mínimo;
- d) atraso entre 91 e 120 dias: risco nível E, no mínimo;

Anexos

- e) atraso entre 121 e 150 dias: risco nível F, no mínimo;
- f) atraso entre 151 e 180 dias: risco nível G, no mínimo;
- g) atraso superior a 180 dias: risco nível H;

II - com base nos critérios estabelecidos nos arts. 2. e 3.:

- a) a cada seis meses, para operações de um mesmo cliente ou grupo econômico cujo montante seja superior a 5% (cinco por cento) do patrimônio líquido ajustado;
- b) uma vez a cada doze meses, em todas as situações, exceto na hipótese prevista no art. 5..

Parágrafo 1. As operações de adiantamento sobre contratos de cambio, as de financiamento a importação e aquelas com prazos inferiores a um mês, que apresentem atrasos superiores a trinta dias, bem como o adiantamento a depositante a partir de trinta dias de sua ocorrência, devem ser classificados, no mínimo, como de risco nível G.

Parágrafo 2. Para as operações com prazo a decorrer superior a 36 meses admite-se a contagem em dobro dos prazos previstos no inciso I.

Parágrafo 3. O não atendimento ao disposto neste artigo implica a reclassificação das operações do devedor para o risco nível H, independentemente de outras medidas de natureza administrativa.

Art. 5. As operações de crédito contratadas com cliente cuja responsabilidade total seja de valor inferior a R\$ 50.000,00 (cinquenta mil reais) podem ter sua classificação revista de forma automática unicamente em função dos atrasos consignados no art. 4., inciso I, desta Resolução, observado que deve ser mantida a classificação original quando a revisão corresponder a nível de menor risco.

Parágrafo 1. O Banco Central do Brasil poderá alterar o valor de que trata este artigo.

Parágrafo 2. O disposto neste artigo aplica-se as operações contratadas até 29 de fevereiro de 2000, observados o valor referido no caput e a classificação, no mínimo, como de risco nível A.

Art. 6. A provisão para fazer face aos créditos de liquidação duvidosa deve ser constituída mensalmente, não podendo ser inferior ao somatório decorrente da aplicação dos percentuais a seguir mencionados, sem prejuízo da responsabilidade dos administradores das instituições pela constituição de provisão em montantes suficientes para fazer face a perdas prováveis na realização dos créditos:

- I - 0,5% (meio por cento) sobre o valor das operações classificadas como de risco nível A;
- II - 1% (um por cento) sobre o valor das operações classificadas como de risco nível B;
- III - 3% (três por cento) sobre o valor das operações classificadas como de risco nível C;
- IV - 10% (dez por cento) sobre o valor das operações classificadas como de risco nível D;
- V - 30% (trinta por cento) sobre o valor das operações classificadas como de risco nível E;
- VI - 50% (cinquenta por cento) sobre o valor das operações classificadas como de risco nível F;
- VII - 70% (setenta por cento) sobre o valor das operações classificadas como de risco nível G;
- VIII - 100% (cem por cento) sobre o valor das operações classificadas como de risco nível H.

Art. 7. A operação classificada como de risco nível H deve ser transferida para conta de compensação, com o correspondente débito em provisão, após decorridos seis meses da sua classificação nesse nível de risco, não sendo admitido o registro em período inferior.

Parágrafo único. A operação classificada na forma do disposto no caput deste artigo deve permanecer registrada em conta de compensação pelo prazo mínimo de cinco anos e enquanto não esgotados todos os procedimentos para cobrança.

Art. 8. A operação objeto de renegociação deve ser mantida, no mínimo, no mesmo nível de risco em que estiver classificada, observado que aquela registrada como prejuízo deve ser classificada como de risco nível H.

Parágrafo 1. Admite-se a reclassificação para categoria de menor risco quando houver amortização significativa da operação ou quando fatos novos relevantes justificarem a mudança do nível de risco.

Anexos

Parágrafo 2. O ganho eventualmente auferido por ocasião da renegociação deve ser apropriado ao resultado quando do seu efetivo recebimento.

Parágrafo 3. Considera-se renegociação a composição de dívida, a prorrogação, a novação, a concessão de nova operação para liquidação parcial ou integral de operação anterior ou qualquer outro tipo de acordo que implique na alteração nos prazos de vencimento ou nas condições de pagamento originalmente pactuadas.

Art. 9. É vedado o reconhecimento no resultado do período de receitas e encargos de qualquer natureza relativos a operações de crédito que apresentem atraso igual ou superior a sessenta dias, no pagamento de parcela de principal ou encargos.

Art. 10. As instituições devem manter adequadamente documentadas sua política e procedimentos para concessão e classificação de operações de crédito, os quais devem ficar a disposição do Banco Central do Brasil e do auditor independente.

Parágrafo único. A documentação de que trata o caput deste artigo deve evidenciar, pelo menos, o tipo e os níveis de risco que se dispõe a administrar, os requerimentos mínimos exigidos para a concessão de empréstimos e o processo de autorização.

Art. 11. Devem ser divulgadas em nota explicativa as demonstrações financeiras informações detalhadas sobre a composição da carteira de operações de crédito, observado, no mínimo:

- I - distribuição das operações, segregadas por tipo de cliente e atividade econômica;
- II - distribuição por faixa de vencimento;
- III - montantes de operações renegociadas, lançados contra prejuízo e de operações recuperadas, no exercício.

Art. 12. O auditor independente deve elaborar relatório circunstanciado de revisão dos critérios adotados pela instituição quanto a classificação nos níveis de risco e de avaliação do provisionamento registrado nas demonstrações financeiras.

Art. 13. O Banco Central do Brasil poderá baixar normas complementares necessárias ao cumprimento do disposto nesta Resolução, bem como determinar:

- I - reclassificação de operações com base nos critérios estabelecidos nesta Resolução, nos níveis de risco de que trata o art. 1.º;
- II - provisionamento adicional, em função da responsabilidade do devedor junto ao Sistema Financeiro Nacional;
- III - providências saneadoras a serem adotadas pelas instituições, com vistas a assegurar a sua liquidez e adequada estrutura patrimonial, inclusive na forma de alocação de capital para operações de classificação considerada inadequada;
- IV - alteração dos critérios de classificação de créditos, de contabilização e de constituição de provisão;
- V - teor das informações e notas explicativas constantes das demonstrações financeiras;
- VI - procedimentos e controles a serem adotados pelas instituições.

Art. 14. O disposto nesta Resolução se aplica também as operações de arrendamento mercantil e a outras operações com características de concessão de crédito.

Art. 15. As disposições desta Resolução não contemplam os aspectos fiscais, sendo de inteira responsabilidade da instituição a observância das normas pertinentes.

Art. 16. Esta Resolução entra em vigor na data da sua publicação, produzindo efeitos a partir de 1.º de março de 2000, quando ficarão revogadas as Resoluções n.ºs 1.748, de 30 de agosto de 1990, e 1.999, de 30 de junho de 1993, os arts. 3.º e 5.º da Circular n.º 1.872, de 27 de dezembro de 1990, a alínea "b" do inciso II do art. 4.º da Circular n.º 2.782, de 12 de novembro de 1997, e o Comunicado n.º 2.559, de 17 de outubro de 1991.

Brasília, 21 de dezembro de 1999

Arminio Fraga Neto
Presidente

Anexo B – Exemplo de um Derivativo de Crédito

Extraído de Tavakoli (2001)

Dados indicativos

Comprador de Proteção à inadimplência:	Comprador de Proteção.
Vendedor de Proteção à inadimplência:	Vendedor de Proteção.
Obrigação de Referência:	
Emissor/Tomador:	República Federativa do Brasil.
Rating:	B1 / BB-.
Tipo:	Eurobônus.
Moeda:	Dólar americano.
Taxa (Cupom):	8,875% (pagos anualmente 30/360).
Vencimento:	5 de novembro de 2001.
Preço Inicial da Referência:	A ser anunciado (aproximadamente \$104.125).
Retorno Inicial da Referência da ISMA:	A ser anunciado (ISMA – International Securities Market Association).
Bônus Inicial Isento de Risco:	Títulos do tesouro americano <i>on-the-run</i> com o vencimento mais próximo ao vencimento da obrigação de referência.
Preço Inicial do Bônus Isento de Risco:	A ser anunciado.
Retorno Inicial do Bônus Isento de Risco (ISMA):	A ser anunciada.
Retorno do Spread Inicial da Referência:	A ser anunciado.
Data de Comercialização:	O mais rápido possível.
Data Efetiva:	Uma semana após a data de comercialização.
Data do término:	5 de novembro de 2001.
Pagamentos do Comprador de Proteção à Inadimplência	
Quantia Calculada:	US\$ 20 milhões.
Datas e Quantias dos Pagamentos:	XXX pontos base calculados a partir da data efetiva até a primeira data entre: 5 de novembro de 2001 e data do último pagamento.
Convenção de Contagem dos Dias:	Pagamentos são feitos em dólar com base A/360 de contagem dos dias, onde A é o número real de dias no período.
Pagamentos do Vendedor de Proteção à Inadimplência	
Quantia Calculada:	US\$ 20 milhões.
Pagamento Condicional:	Se o agente de cálculo receber um aviso de ocorrência de um evento de crédito antes da data de término.
Data de Cálculo:	Data em que o último pagamento é calculado.
Data do Último Pagamento:	Três dias úteis depois da data de vencimento.
Último Pagamento:	O vendedor de proteção paga ao comprador de proteção a seguinte quantia: (Quantia calculada * Preço Calculado) + Juros acruados mas não pagos da obrigação de referência.
Preço Calculado:	Igual ao preço de um bônus com a mesma taxa, data, maturidade e retorno da obrigação de referência.
Retorno Calculado:	Retorno de acordo com o calculado pelo retorno ISMA de um bônus inicialmente isento de risco na data de cálculo, usando as determinações do preço de um bônus isento de risco somados ao retorno inicial do spread da referência.
Retorno ISMA:	Retorno calculado na base 30/360 seguindo o método ISMA.
Determinação do Preço de um Bônus Isento de Risco:	O comprador e o vendedor de proteção entram em acordo com relação a um preço médio de mercado inicial para o bônus isento de risco na data de cálculo. No caso de não haver acordo, um grupo de negociantes será formado para obter o preço inicial do bônus isento de risco.

Anexos

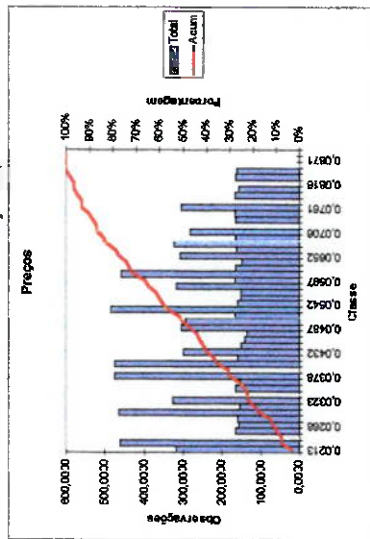
Obrigação do Comprador de Proteção:	O comprador de proteção entregará a quantia do principal da obrigação de referência em quantia igual à valor da quantia calculada. Os bônus serão entregues contra o pagamento na última data do pagamento.
Notificação da Data de Cálculo:	O comprador de proteção deve ter o direito de escolher a data de cálculo avisando a escolha para o vendedor de proteção.
Evento de Crédito:	Ocorre quando o comprador de proteção é advertido sobre qualquer uma das condições de crédito desde que seja uma informação pública. Condição de Crédito significa a ocorrência de um evento de inadimplência como definido na confirmação. A seguir segue um sumário dos principais eventos de crédito: <ol style="list-style-type: none">1. Inadimplência em qualquer pagamento de principal ou juros e continuação da inadimplência por um período de 30 dias.2. Inadimplência que é materialmente prejudicial aos interesses dos portadores de notas, na performance de qualquer uma das obrigações ligadas às notas, e a permanência desta inadimplência por um período de 30 dias depois de requisição escrita de que o problema seja remediado devem ter o pagamento do principal para o portador da nota.3. Antecipação que supere US\$ 25 milhões (ou equivalente em outra moeda) de aumento da quantia principal da dívida pública do Brasil resultado de não pagamento de principal ou juros que deveriam ter sido feitos.4. Não pagamento de qualquer uma das dívidas públicas externas do Brasil que supere US\$ 25 milhões e continuação desta inadimplência por um período de 30 dias após a notificação escrita requerendo que a mesma seja paga.5. Declaração de moratória pelo Brasil com respeito ao pagamento de juros e de principal de suas dívidas públicas que não exclua expressamente as notas.6. A negação do Brasil com relação às suas obrigações com relação às notas.
Materialidade:	Ocorre quando o preço da obrigação de referência menos o ajuste do preço é 90% ou inferior, relativo ao preço de referência inicial. O vendedor e o comprador de proteção concordarão com os preços da obrigação de referência na data de cálculo. Caso eles não concordem, um grupo de negociantes será formado para obter o preço inicial da obrigação de referência na data de cálculo.
Informação Pública:	Informação que foi publicada em duas ou mais internacionalmente reconhecidas fontes de informações financeiras, sejam elas eletrônicas ou impressas. Entretanto, se uma das partes ou uma de suas subsidiárias for citada como a única fonte da informação, esta perderá seu valor e não será mas considerada como uma informação pública.
Ajuste do Preço:	Preço determinado do bônus isento de risco menos o seu preço inicial.
Dias Úteis:	Dias nos quais bancos comerciais e mercados de câmbios estrangeiros fazem pagamentos em Londres, Frankfurt e Nova Iorque.
Convenção de Dias Úteis	
Agente de Cálculo:	Vendedor de proteção, cujas determinações e cálculos devem ser feitos com boa fé, de uma maneira comercialmente razoável e com o comprometimento de ausência de erros.
Documentação:	A transação será documentada como uma confirmação de um <i>ISDA master agreement</i> já existente entre o comprador e o vendedor de proteção.
Lei:	Segundo o <i>ISDA master agreement</i> .
Adequabilidade:	A transação será efetuada com uma contraparte cujos conhecimentos e experiência em problemas financeiros suficientes para avaliar os méritos e os riscos da transação.
Antecipação do Término:	Uma transação de derivativos 'a termo' como esta não deve ser fixada, transferida ou encerrada por uma parte sem, antes de sua data de término, sem o consentimento da outra, exceto em casos estipulados nos termos do contrato.

Preços fixos não regularizados:	O vendedor de proteção pode cotar um preço fixo que ele terá que pagar para uma operação não regularizada antes da maturidade. Um preço fixo não regularizado pode ser afetado pelo nível corrente do mercado, além de outros fatores. Uma operação sem preço fixo pode variar significativamente de dia para dia durante a sua vida.
Precificação Periódica:	É a pratica corrente, mas não uma obrigação legal, que os vendedores de proteção promovem periodicamente para operações deste tipo, escrevendo sobre o valor da transação para a contraparte. Rotinas periódicas de precificação podem variar com relação a empresas com preços fixos não regularizados para a mesma transação.

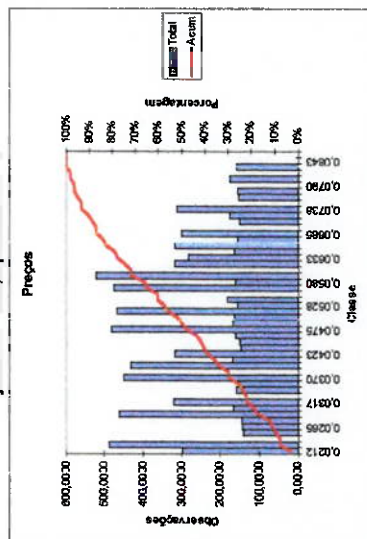
Anexo C – Gráficos da Simulação

Anexos

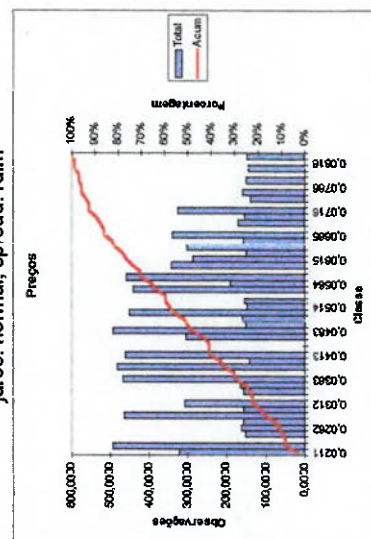
Bernoulli - Correlação 0,9



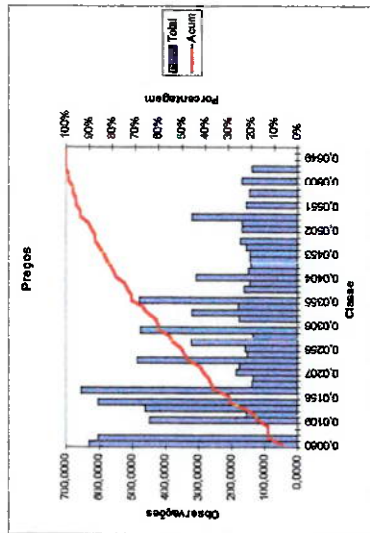
juros: baixo, spread: ruim



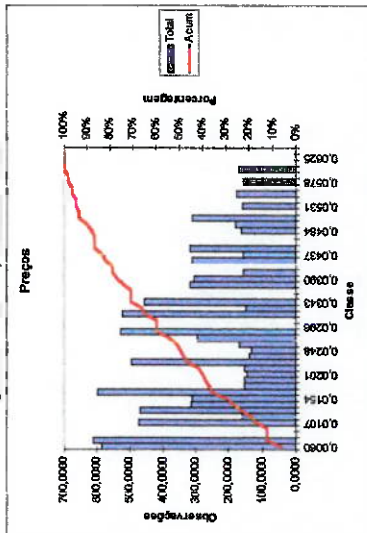
juros: normal, spread: ruim



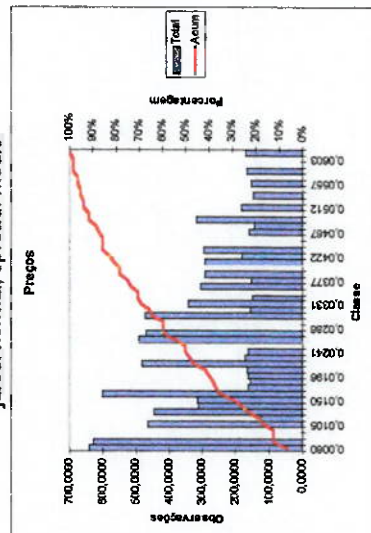
juros: alto, spread: ruim



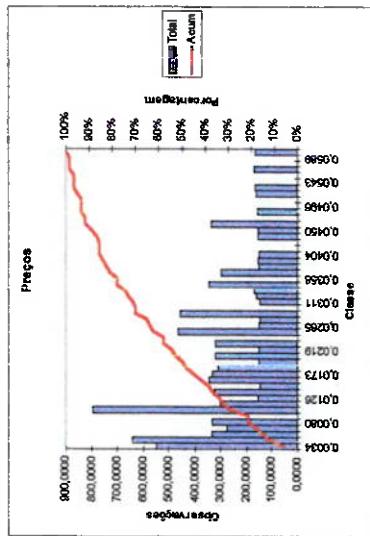
juros: baixo, spread: médio



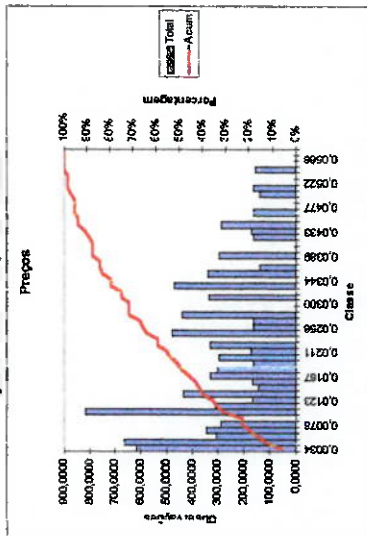
juros: normal, spread: médio



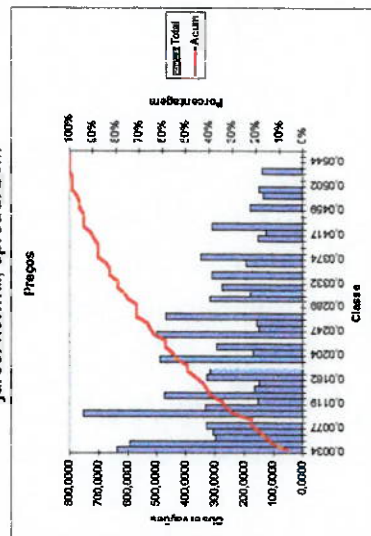
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom

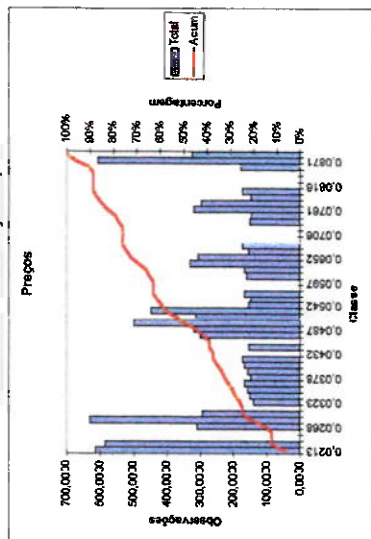


juros: normal, spread: bom

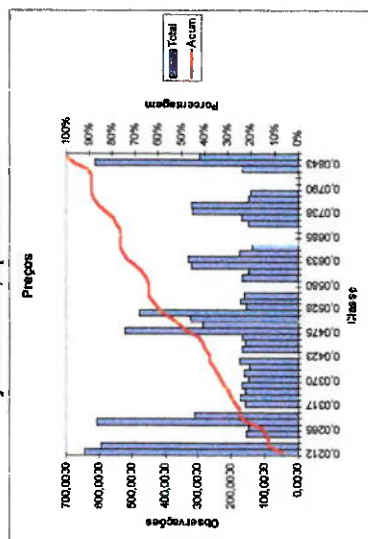


juros: alto, spread: bom

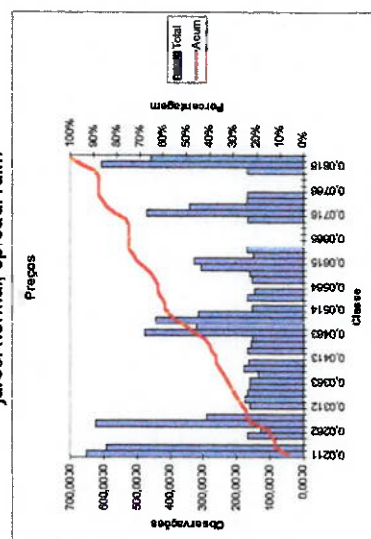
Bernoulli - Correlação 0,25



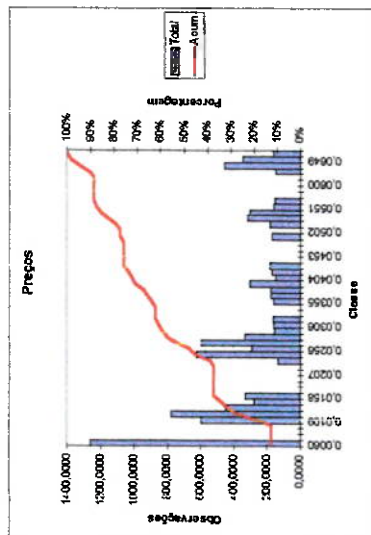
juros: baixo, spread: ruim



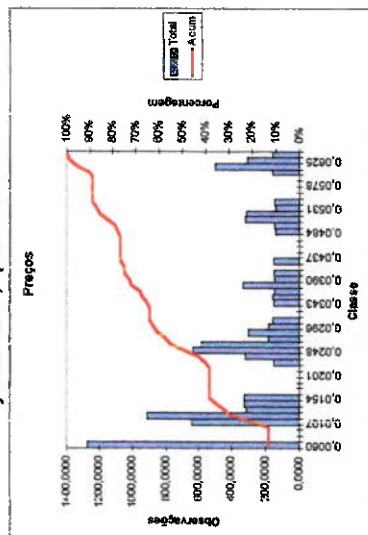
juros: normal, spread: ruim



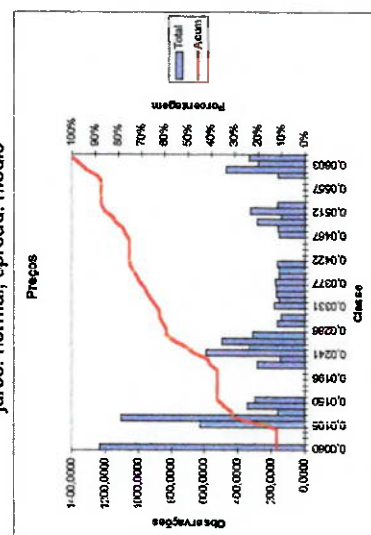
juros: alto, spread: ruim



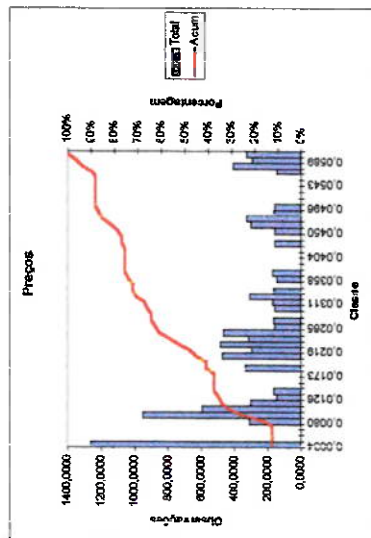
juros: baixo, spread: médio



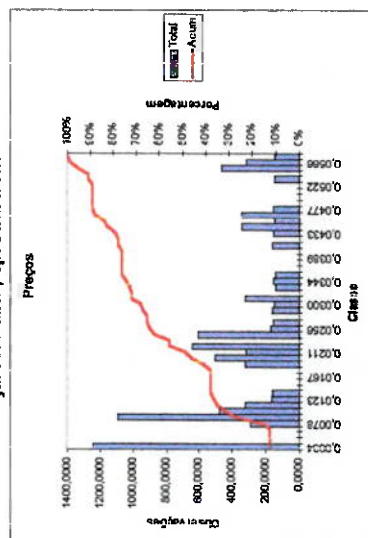
juros: normal, spread: médio



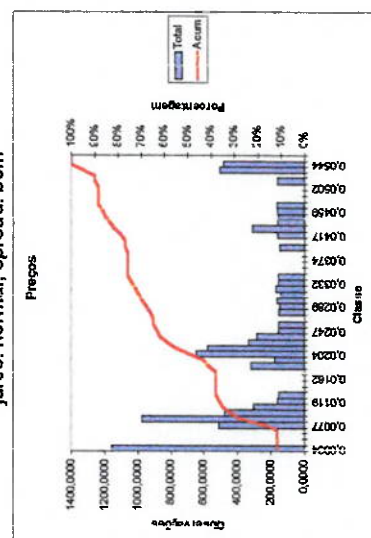
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom

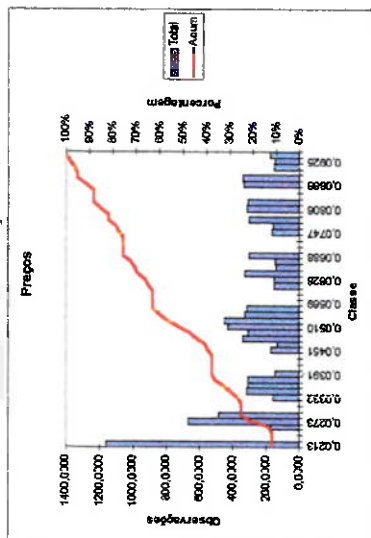


juros: normal, spread: bom

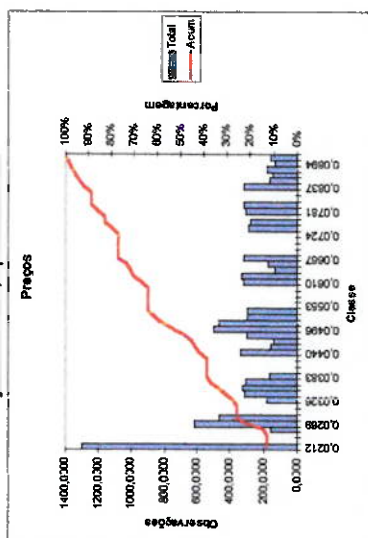


juros: alto, spread: bom

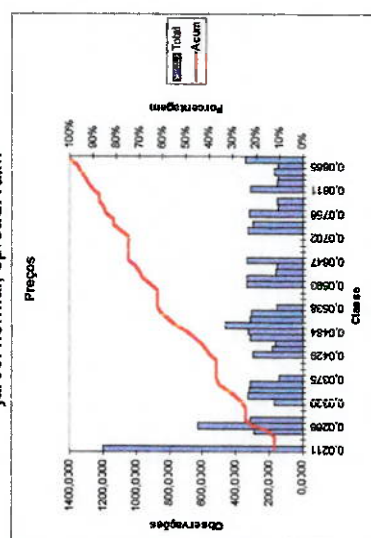
Bernoulli - Correlação -0,1



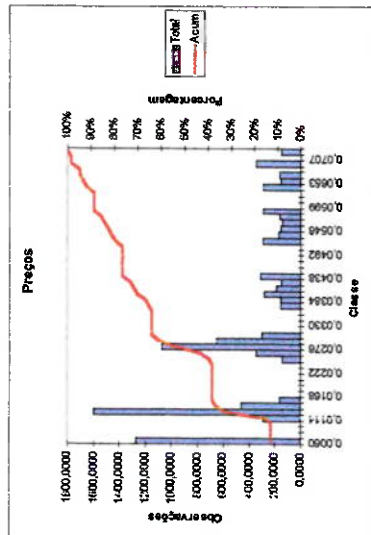
juros: baixo, spread: ruim



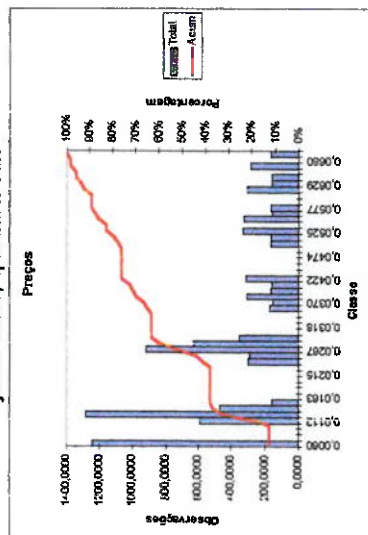
juros: normal, spread: ruim



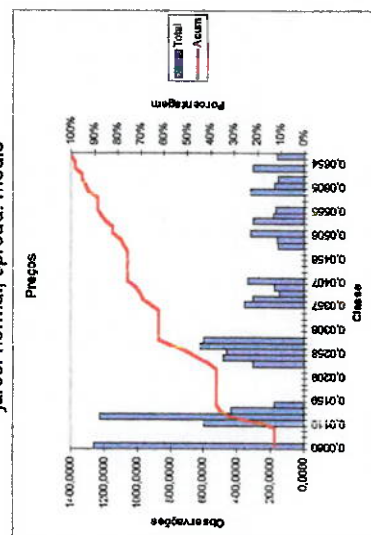
juros: alto, spread: ruim



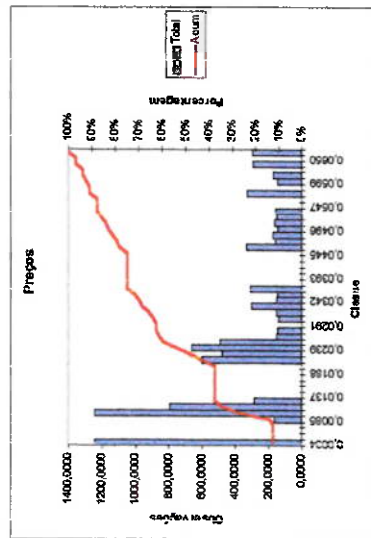
juros: baixo, spread: médio



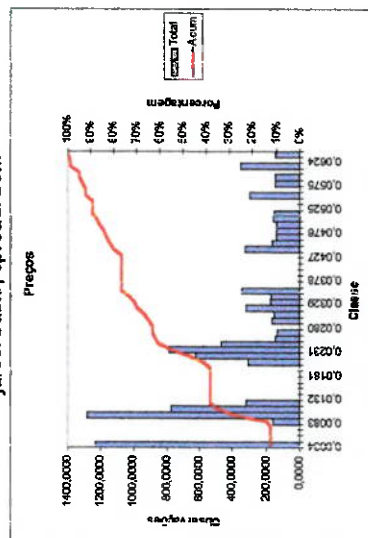
juros: normal, spread: médio



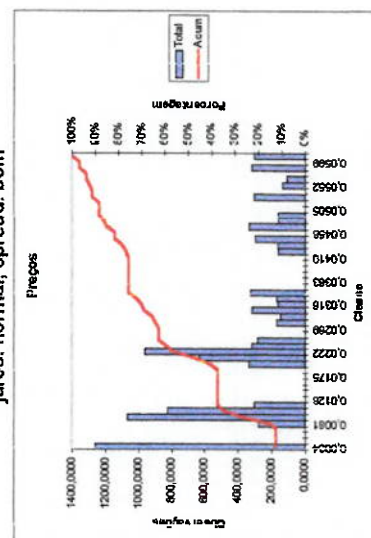
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom

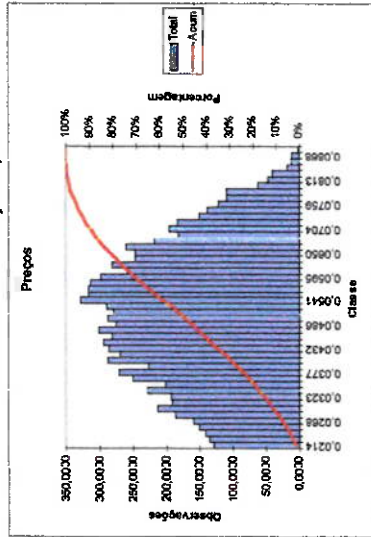


juros: normal, spread: bom

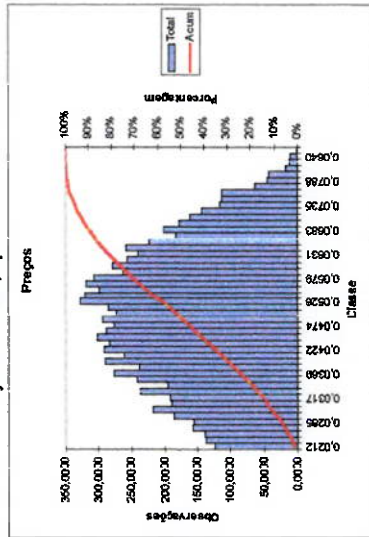


juros: alto, spread: bom

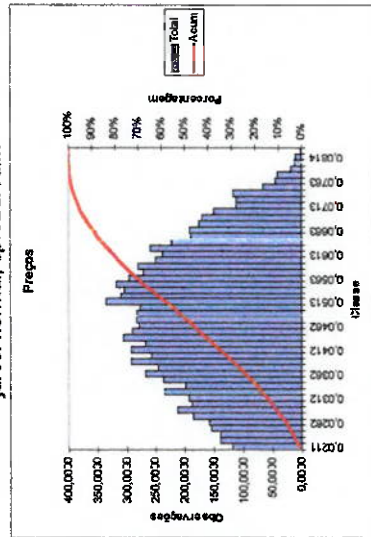
Uniforme - Correlação 0,9



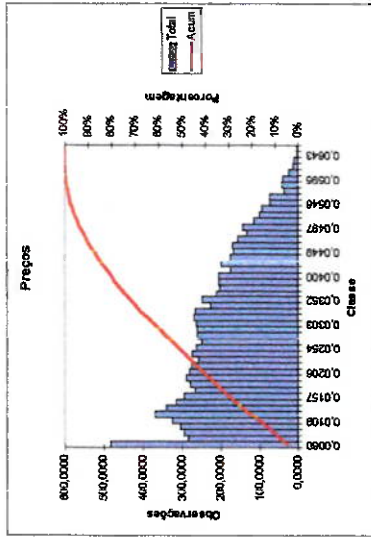
juros: baixo, spread: ruim



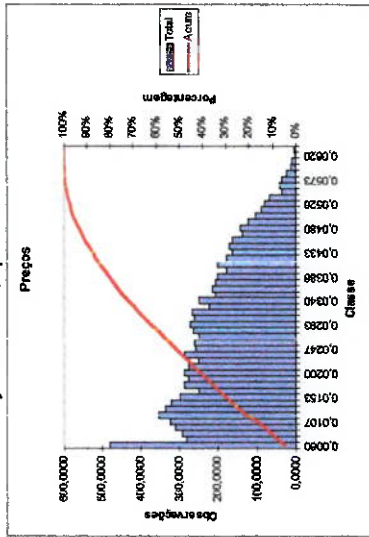
juros: normal, spread: ruim



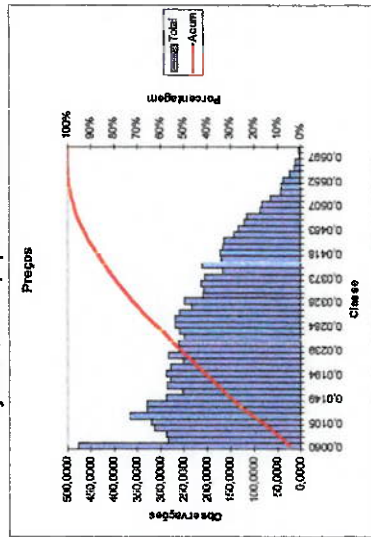
juros: alto, spread: ruim



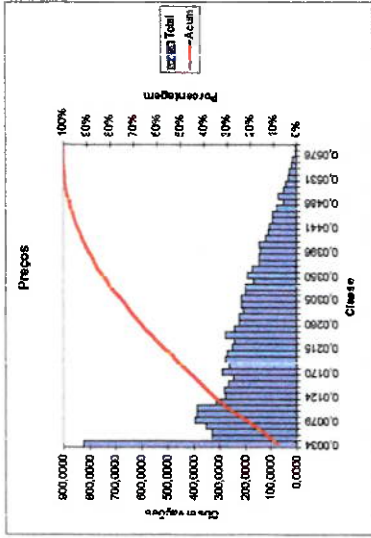
juros: baixo, spread: médio



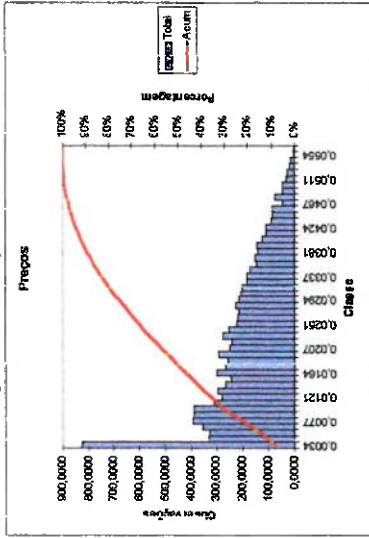
juros: normal, spread: médio



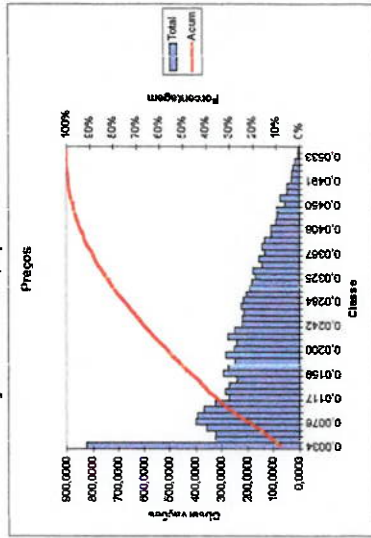
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom



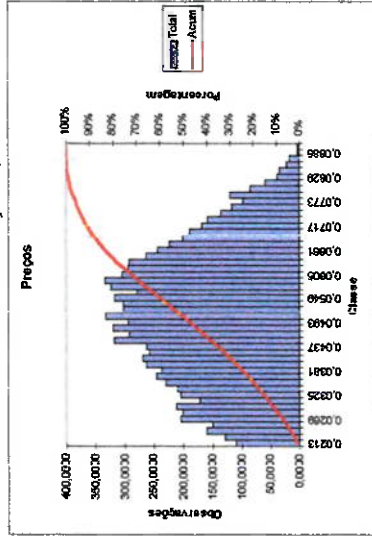
juros: normal, spread: bom



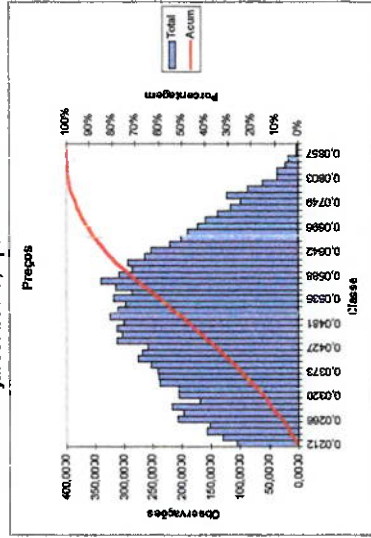
juros: alto, spread: bom

Anexos

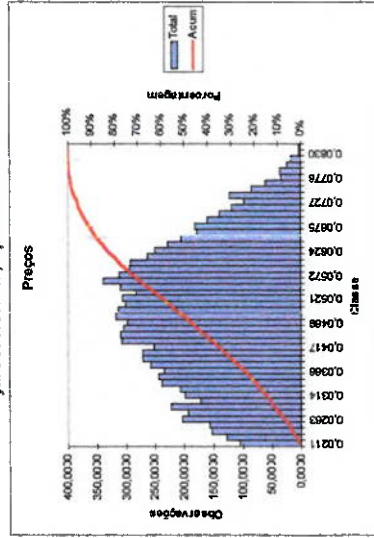
Uniforme - Correlação 0,25



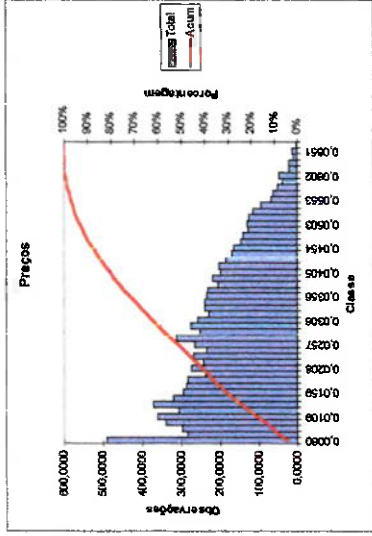
juros: baixo, spread: ruim



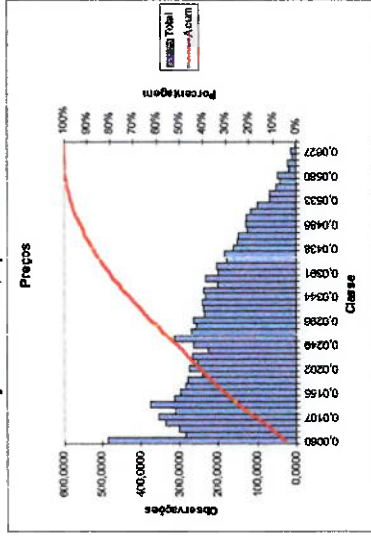
juros: normal, spread: ruim



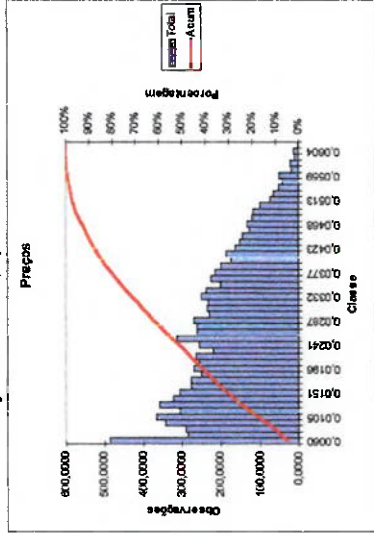
juros: alto, spread: ruim



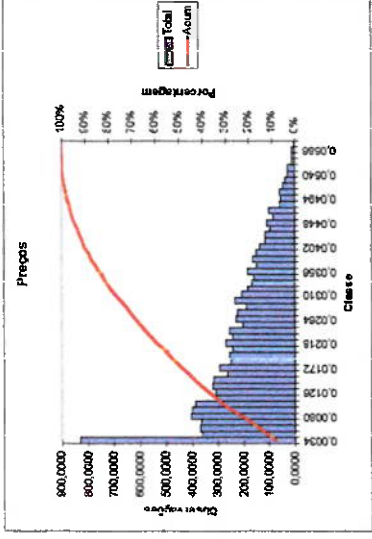
juros: baixo, spread: médio



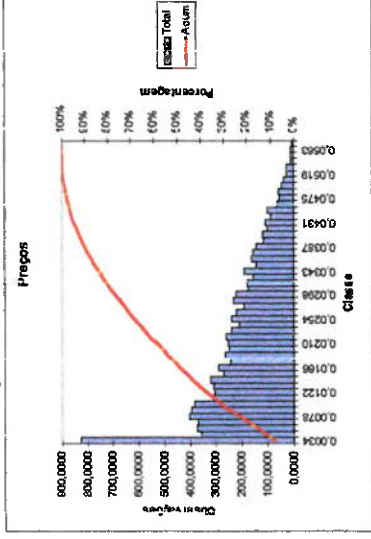
juros: normal, spread: médio



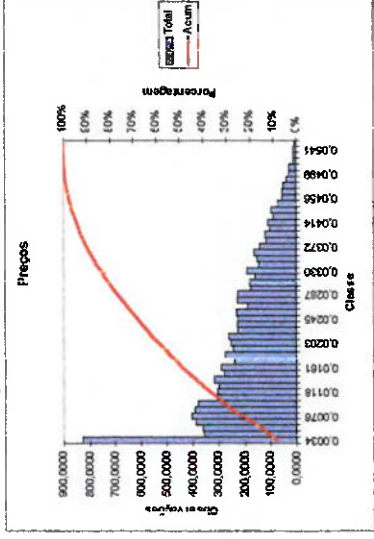
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom



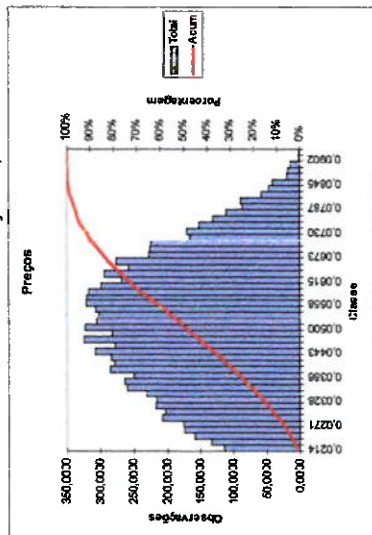
juros: normal, spread: bom



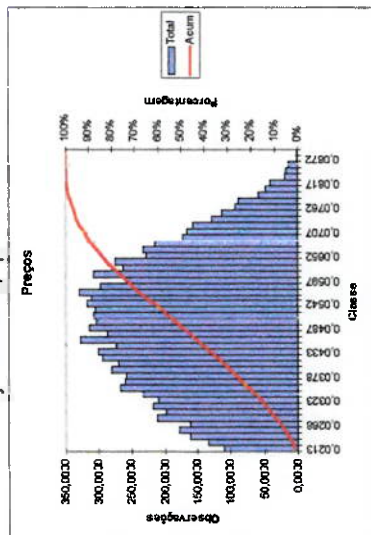
juros: alto, spread: bom

Anexos

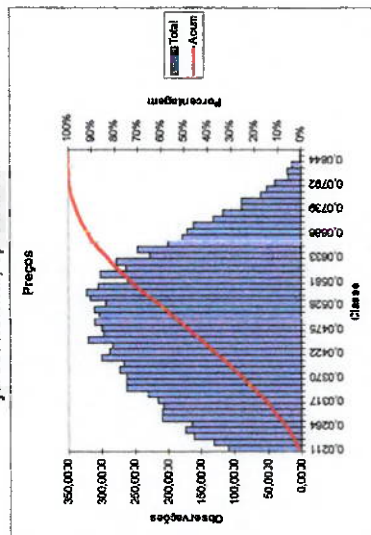
Uniforme - Correlação -0,1



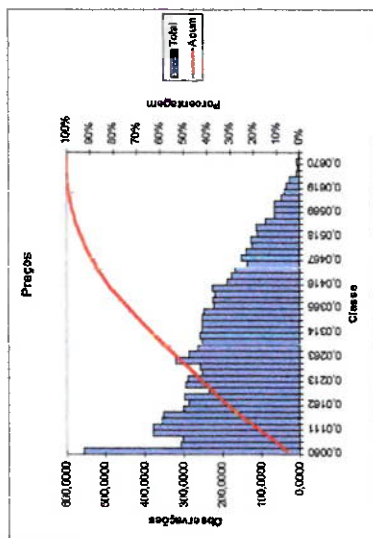
juros: baixo, spread: ruim



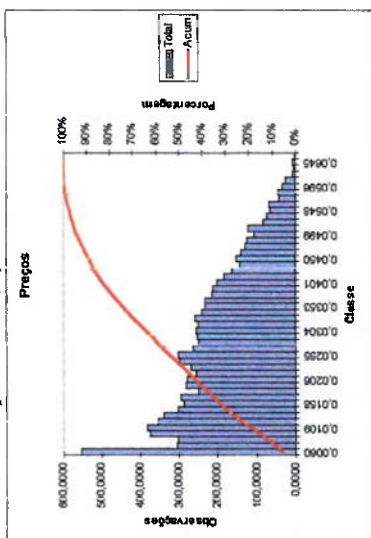
juros: normal, spread: ruim



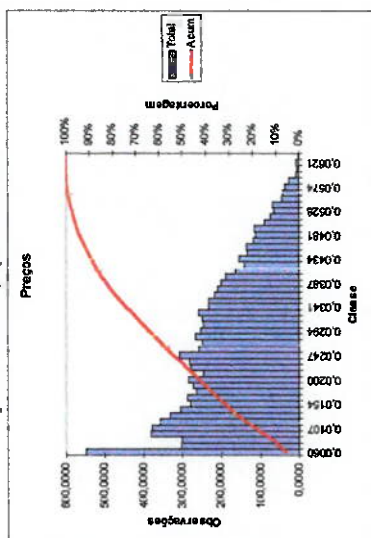
juros: alto, spread: ruim



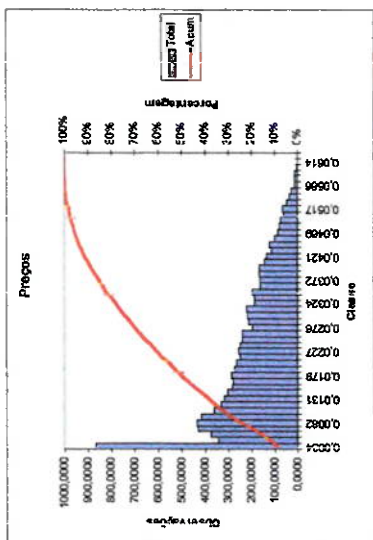
juros: baixo, spread: médio



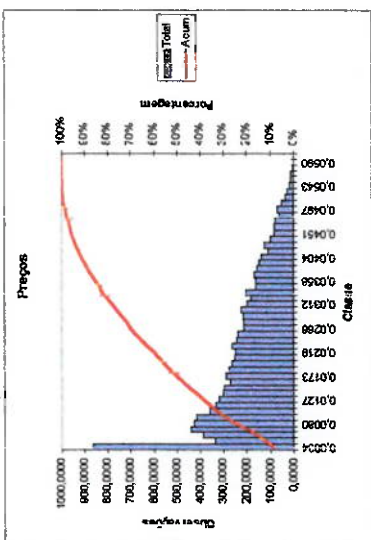
juros: normal, spread: médio



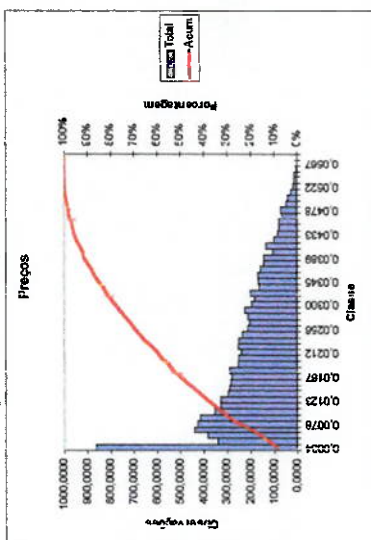
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom

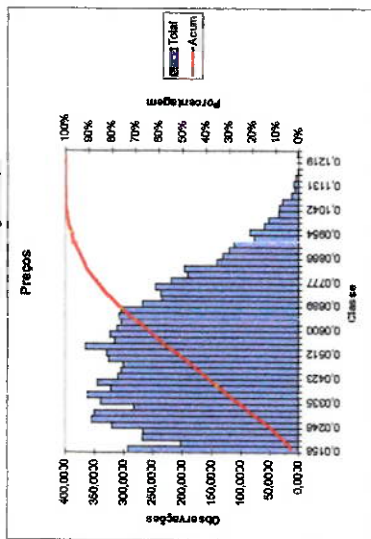


juros: normal, spread: bom

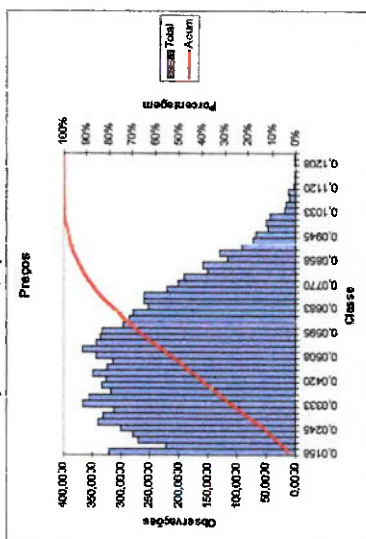


juros: alto, spread: bom

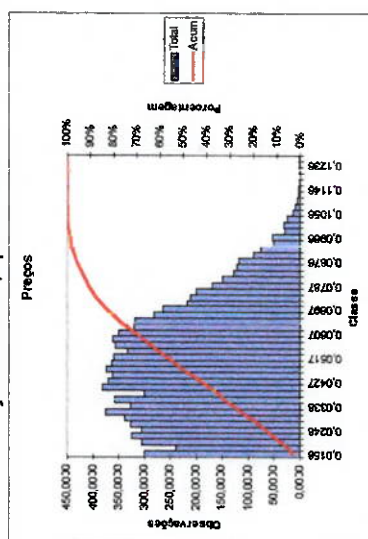
Normal - Correlação 0,9



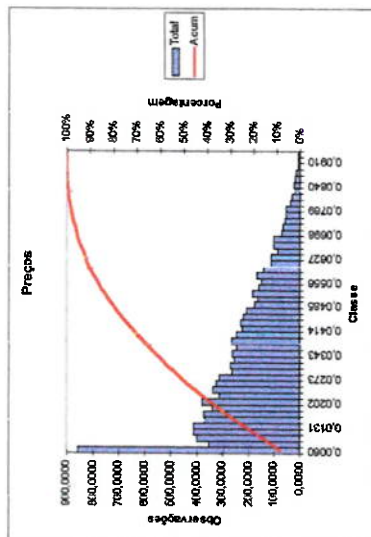
juros: baixo, spread: ruim



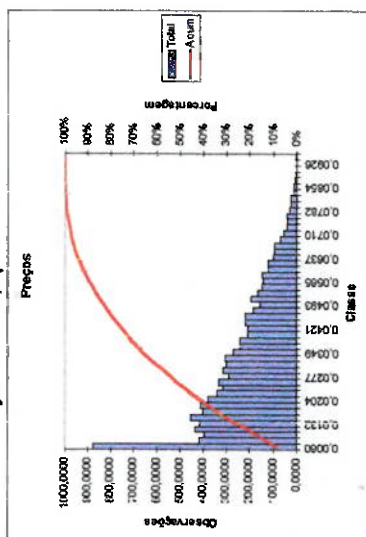
juros: normal, spread: ruim



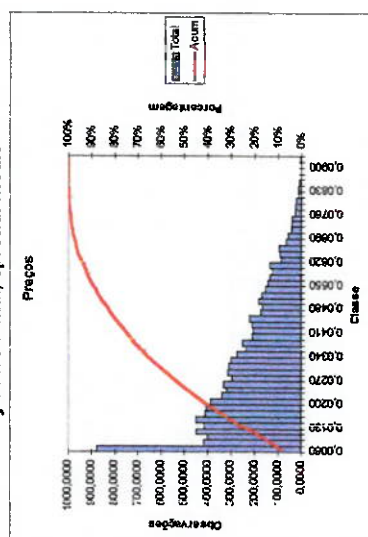
juros: alto, spread: ruim



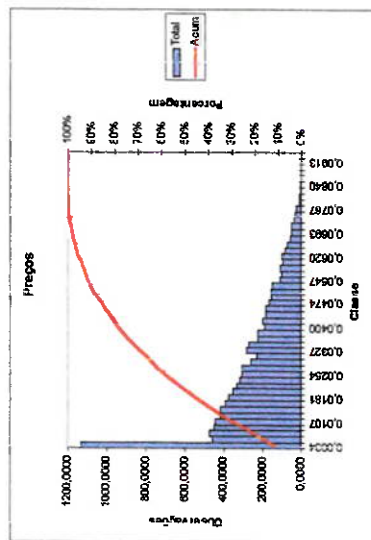
juros: baixo, spread: médio



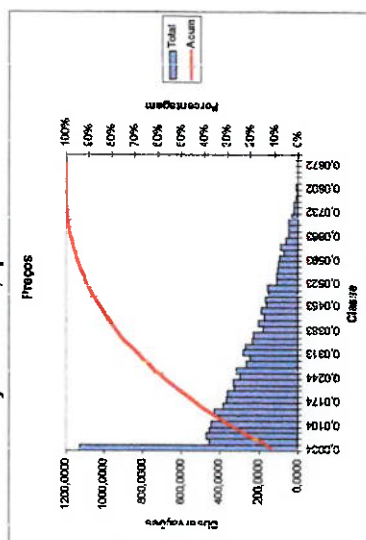
juros: normal, spread: médio



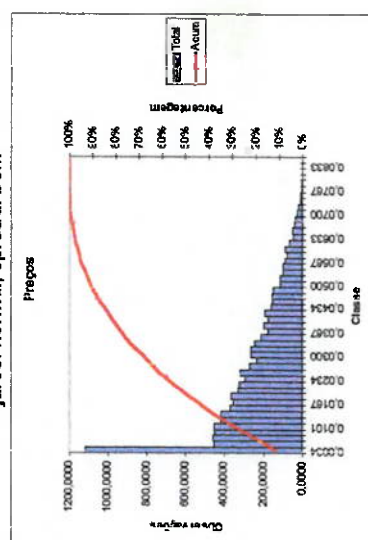
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom

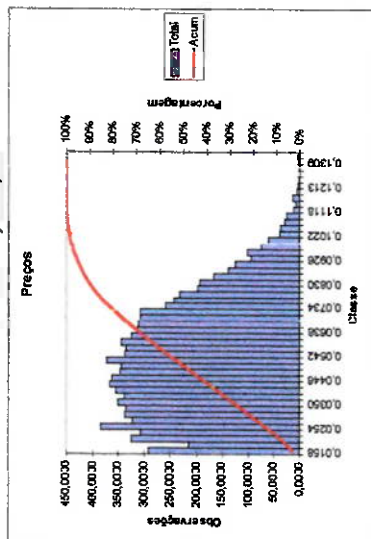


juros: normal, spread: bom

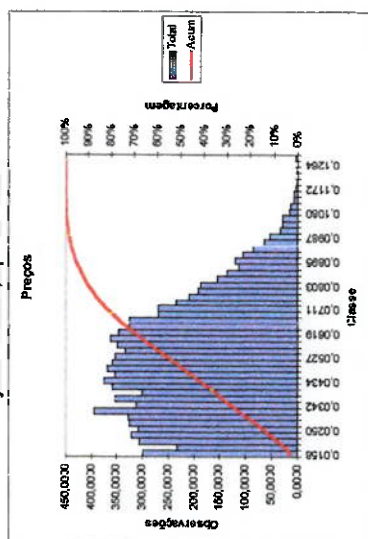


juros: alto, spread: bom

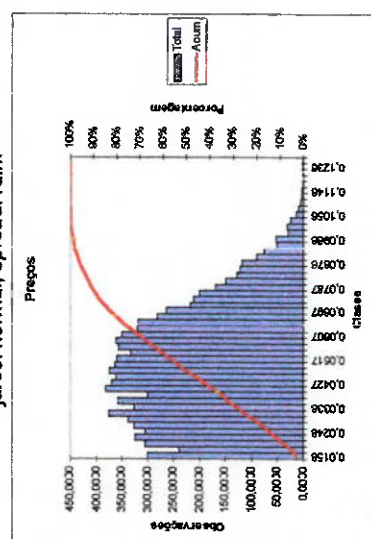
Normal - Correlação 0,25



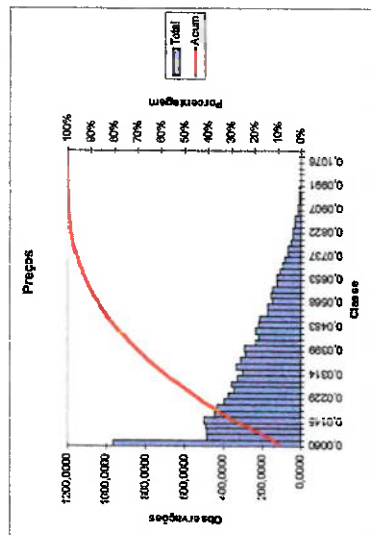
juros: baixo, spread: ruim



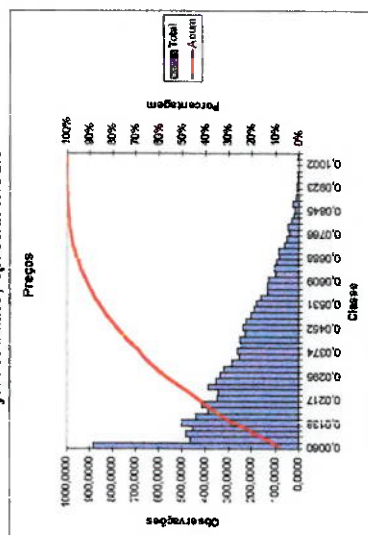
juros: normal, spread: ruim



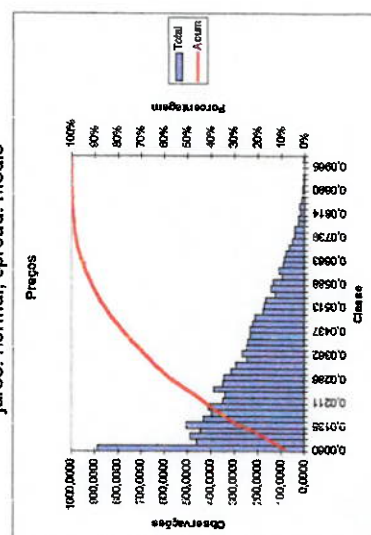
juros: alto, spread: ruim



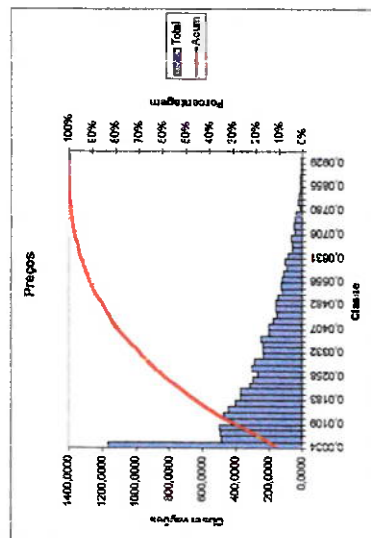
juros: baixo, spread: médio



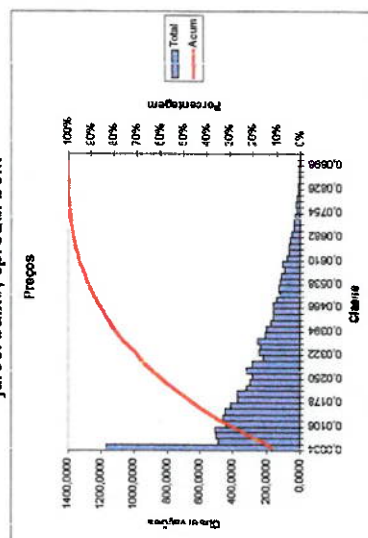
juros: normal, spread: médio



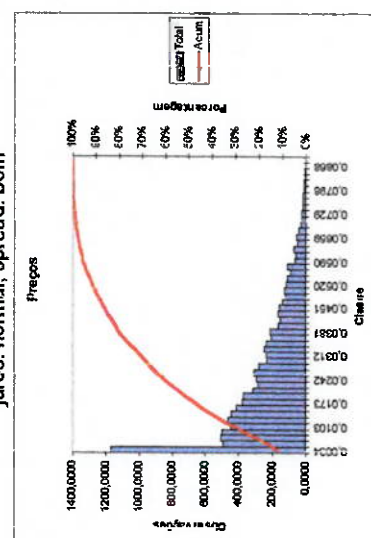
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom

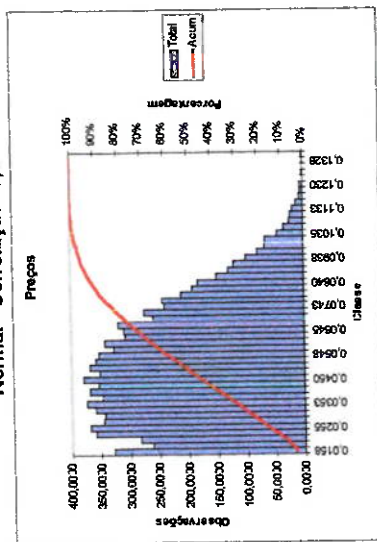


juros: normal, spread: bom

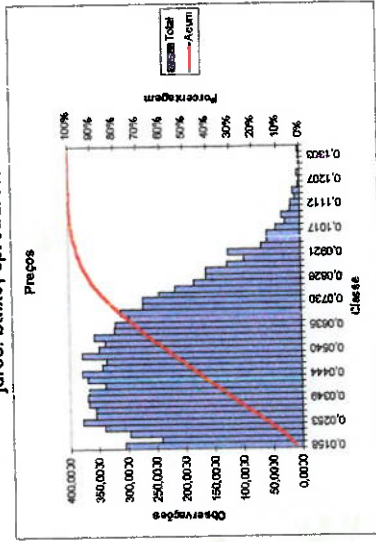


juros: alto, spread: bom

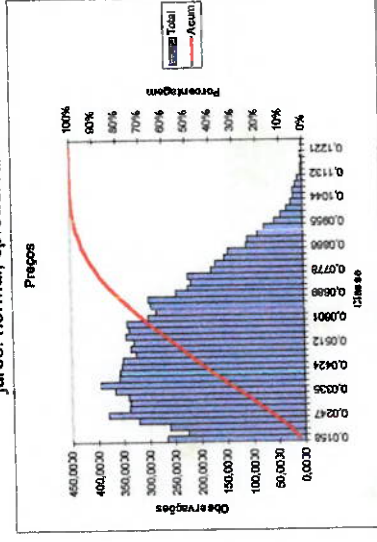
Normal - Correlação -0,1



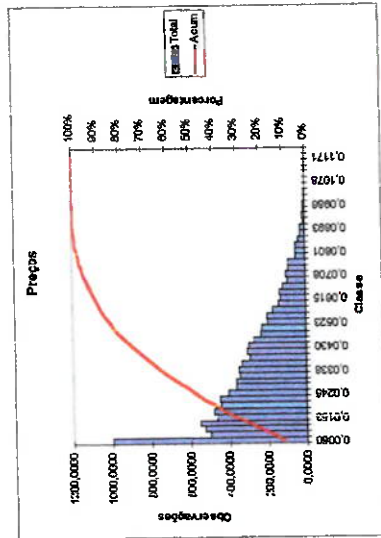
juros: baixo, spread: ruim



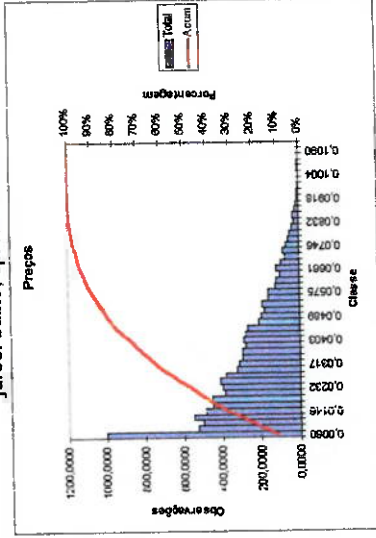
juros: normal, spread: ruim



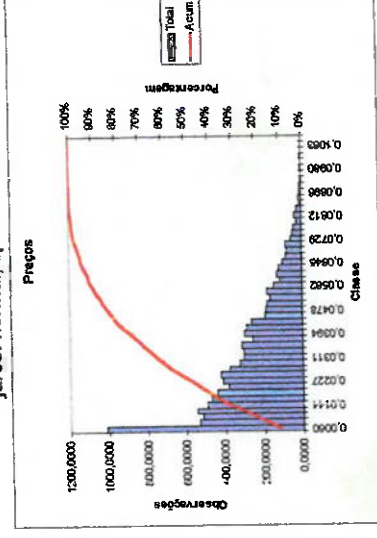
juros: alto, spread: ruim



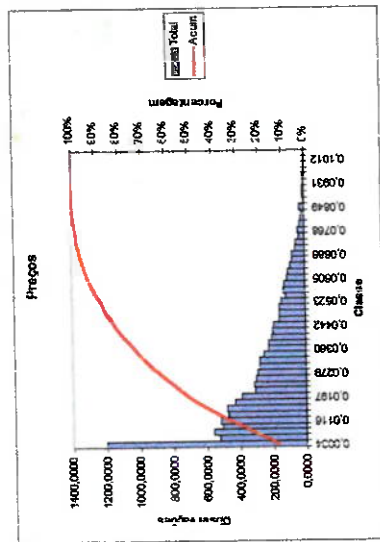
juros: baixo, spread: médio



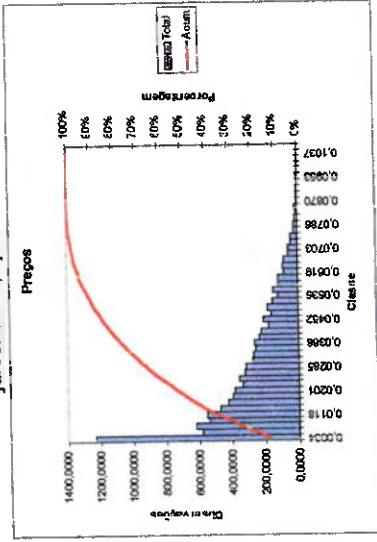
juros: normal, spread: médio



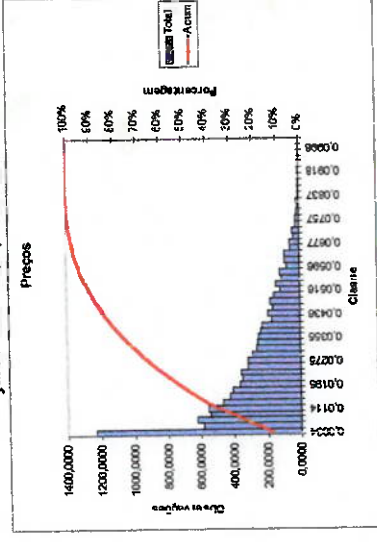
juros: alto, spread: médio



juros: baixo, spread: bom



juros: normal, spread: bom



juros: alto, spread: bom