



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**INPE-13768-TDI/1051**

**ANÁLISE DE RISCO FINANCEIRO PARA O SETOR  
AEROESPACIAL: INTRODUZINDO OS CONCEITOS DE VAR<sub>q</sub> E  
COMPREHENSIVE AEROSPACE INDEX**

Adriana Prest Mattedi

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada, orientada pelos Drs. Fernando Manuel Ramos e Reinaldo Roberto, aprovada em 23 de fevereiro de 2005.

INPE  
São José dos Campos  
2006

658:629.7

Mattedi, A. P.

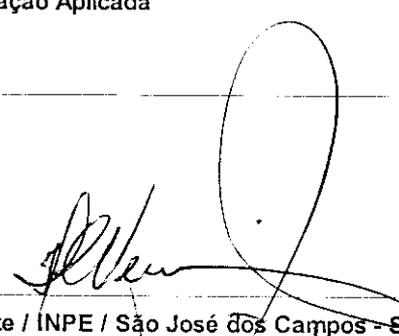
Análise de risco financeiro para o setor aeroespacial: introduzindo os conceitos de VARq e Comprehensive Aerospace Index / Adriana Prest Mattedi. – São José dos campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005.

234 p.; (INPE-13768-TDI/1051)

1.Econofísica. 2.Risco. 3.Setor aeroespacial.  
4.Comprehensive Aerospace Index (CASI). 5.Valor de risco.  
I.Título.

Aprovado (a) pela Banca Examinadora  
em cumprimento ao requisito exigido para  
obtenção do Título de Doutor em  
Computação Aplicada

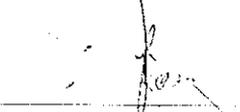
Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho



---

Presidente / INPE / São José dos Campos - SP

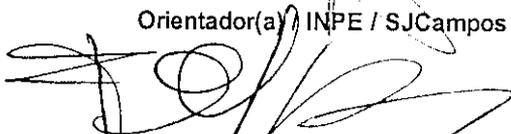
Dr. Reinaldo Roberto Rosa



---

Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

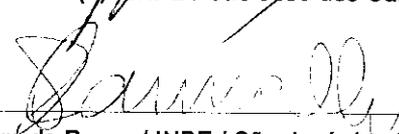
Dr. Fernando Manuel Ramos



---

Orientador(a) / INPE / São José dos Campos - SP

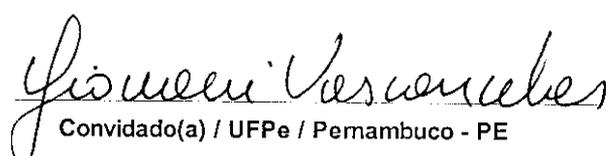
Dr. Solon Venâncio de Carvalho



---

Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Giovani Lopes Vasconcelos



---

Convidado(a) / UFPe / Pernambuco - PE

Dr. Rogério Rosenfeld



---

Convidado(a) / IFT/UNESP/SP / São Paulo - SP

Aluno (a): Adriana Prest Mattedi

São José dos Campos, 23 de fevereiro de 2005



*“Há pessoas que vêem as coisas como elas são e que perguntam a si mesmas: Por quê?  
E há pessoas que sonham as coisas como elas jamais foram e que perguntam a si  
mesmas: Por que não?”.*

BERNARD SHAW



*A todas as pessoas que me ajudaram a vencer mais esta etapa da vida.*



## AGRADECIMENTOS

Foram muitas as pessoas que colaboraram de diferentes maneiras e intensidades para que eu chegasse ao final deste trabalho. Sem menosprezar todas as outras contribuições, gostaria de agradecer especialmente:

Aos meus orientadores, Dr. Fernando M. Ramos e Dr. Reinaldo R. Rosa, a quem devo não apenas a orientação deste trabalho, mas também o aprendizado e aprofundamento de diversos conceitos teóricos, assim como a disponibilidade para discutir muitos dos temas fundamentais desta tese. Agradeço também pelo constante empenho pessoal manifestado, traduzido na confiança depositada em meu trabalho, e pelo encorajamento e apoio dados ao longo da realização da tese, sem os quais certamente este trabalho não chegaria ao fim.

Ao meu orientador durante o estágio de doutorado-sanduiche, Dr. Rosario N. Mantegna, da Universidade de Palermo, It., pelo conhecimento adquirido, pela disponibilidade e pelo empenho na criação do índice CASI, fundamental para o desenvolvimento da tese. Ao grupo de Observações de Sistemas Complexos, do Departamento de Física Teórica, da Universidade de Palermo, pelo apoio e por me receberem tão prontamente durante o período de estágio.

À minha família de Vitória, meus pais, irmãs e sobrinhos, por todo apoio, carinho e amor, especialmente à minha mãe, por suportar pacientemente uma filha distante da vida familiar e à minha sobrinha Carolina por ter cedido parte de suas férias para fornecer uma valiosa ajuda na complementação do índice CASI. A meus pais, por sempre acreditarem na importância do estudo.

À minha família de São Paulo, Alberto, companheiro querido e minha mais importante fonte de apoio intelectual e afetivo, e Joana, filha – se me é permitido chamá-la assim – e amiga, pelo carinho. A ambos, pela companhia.

Quero expressar minha gratidão aos meus amigos Mônica e Leonardo, por partilharem comigo todo o processo de produção da tese, pelos importantes e essenciais comentários

sobre o texto e discussões técnicas, pelo constante apoio, incentivo e, principalmente, a sincera amizade ao longo dos anos.

Agradeço a todos os amigos e colegas do Curso de Computação Aplicada (CAP) pelo companheirismo no estudo e pelas gostosas conversas nos cinco anos de trabalho. Em particular, ao Leonardo, pela amizade e auxílio nas dúvidas matemáticas, e Mariana e Cristiane, companheiras de sala, pela ajuda e trocas de informações. À minha amiga Rosimara por me socorrer em uma hora crítica.

Aos professores da CAP pelo conhecimento compartilhado; ao Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC) e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pela oportunidade de estudo e utilização de suas instalações e o valioso apoio prestado pelos seus funcionários, em especial, à Cristina, Vanessa e Fabiana.

À Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro de quatro anos de bolsa, incluindo a possibilidade de realizar o estágio no Departamento de Física em Palermo, It., e pelas viagens a congressos nacionais.

Finalmente, a todos aqueles que, embora não nomeados, contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta tese desejo expressar o meu sincero reconhecimento e muito obrigada.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo aperfeiçoar um método de gerenciamento de risco financeiro do setor aeroespacial a ser utilizado para ações individuais ou em carteiras. O setor aeroespacial movimentava bilhões de dólares, usa mão de obra altamente qualificada e tecnologias avançadas e complexas, envolvendo, portanto riscos elevados. Índices existentes neste setor foram divulgados somente a partir de 2003, e apresentam limitações por omitirem séries históricas, ou por serem restritos a segmentos muito específicos como o de satélites, ou por não apresentarem a metodologia de sua elaboração. Assim, neste trabalho elaborou-se um novo índice, o *Comprehensive Aerospace Index* (CASI), composto do valor das ações de cerca de 40 a 92 das principais empresas mundiais do setor aeroespacial negociadas na bolsa de Nova Iorque (NYSE) e no mercado eletrônico (NASDAQ). Os dados utilizados foram os preços diários de fechamento das ações no período de janeiro/1987 a junho/2004. Estudaram-se as seguintes características estatísticas deste novo índice: primeiros momentos; funções distribuição de probabilidade; auto-correlação; correlação entre as séries temporais individuais das ações das empresas; estrutura hierárquica do setor aeroespacial, e; a variedade do setor. Utilizando estes resultados, o modelo de gerenciamento de risco conhecido como *Value-at-Risk* (VaR) foi aperfeiçoado de modo a refletir as características específicas do setor. Em particular, destaca-se a substituição da distribuição gaussiana do modelo original pela distribuição generalizada de Tsallis (DGT), gerando melhor precisão no cálculo do risco, mas mantendo a simplicidade do modelo original. Até o nível de confiança 97,5%, os valores obtidos dos vários métodos foram similares. Acima deste nível, a distribuição gaussiana subestimou o risco enquanto que a de Levy o superestimou. A DGT melhor estimou as perdas potenciais, tanto para dias de grandes variações negativas como normais no mercado. Acredita-se que o modelo aqui desenvolvido, VaRq, permita alocação mais racional dos recursos de provisão para perdas. Por último, o CASI pode ser considerado como índice de referência para o setor aeroespacial, uma vez que reflete o comportamento das ações das empresas tanto do segmento satélite quanto do aeronáutico.



## **RISK ANALYSIS OF THE AEROSPACE SECTOR: NEW CONCEPTS OF VARQ AND COMPREHENSIVE AEROSPACE INDEX**

### **ABSTRACT**

The aim of this study is to improve a financial risk management method for the aerospace sector to be used for portfolios or individual actions. The aerospace complex "weights" several hundreds of billions of dollars a year, and creates millions of high-wage, high skill jobs worldwide. Moreover, technologically-intensive aerospace production generates extremely important positive spill over effects for the rest of the economy. The indices for this sector had been released only from 2003, and present limitations like omitting historical series, or being restricted to a specific segments as satellites, or for not presenting the methodology of its elaboration. Thus, in this work a new index, Comprehensive Aerospace Index (CASI), was elaborated based on 40 to 92 stocks of leading companies of the aerospace sector negotiated in the New York Exchange (NYSE) and in the over-the-counter (OTC) markets. The data analyzed cover the period from January 1987 to June 2004. The following statistical characteristics of this new index had been studied: first moments; probability distribution function; autocorrelation; correlation between stocks; hierarchic structure of the aerospace sector; and the variety of the sector. Using these results, the management risk model known as Value-at-Risk (VaR) was enhanced in order to reflect the characteristics of the sector. In particular, it must be emphasized the use of generalized distribution of Tsallis (DGT) in substitution of the Gaussian distribution in the original model, with better precision in the risk calculation, but keeping the simplicity of the original model. Until confidence level 97.5%, the results of different methods had been similar. Above of this level, the Gaussian distribution had undertaken the risk while the Levy method overestimated it. The DGT better estimated the potential losses, for big losses as well as normal days. The VaRq, the method developed in this work, allow more rational allocation of the resources of losses provision. Finally, the CASI can be considered as benchmark index for the aerospace sector, once it reflects the stocks behavior of the satellite segment as well as the aeronautical.



## SUMÁRIO

Pág.

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE TABELAS

### LISTA DE SÍMBOLOS

### LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>27</b>
1.1 - Contexto e Objetivos .....	27
1.2 - Evolução da Teoria do Risco Financeiro .....	29
1.3 - Estrutura do Trabalho .....	48
<b>CAPÍTULO 2 – COMPREHENSIVE AEROSPACE INDEX (CASI)</b> .....	<b>49</b>
2.1 - Definição .....	49
2.2 - Metodologia .....	51
2.3 - Cálculo .....	55
<b>CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS ESTATÍSTICAS DO CASI</b> .....	<b>65</b>
3.1 – Funções Estatísticas .....	65
3.2 - Propriedades Estatísticas do CASI .....	71
3.2.1 - Função Densidade de Probabilidade .....	71
3.2.1.1 - Distribuições Estáveis de Levy .....	73
3.2.1.2 - Distribuição de Tsallis .....	75
3.2.2 - Momentos dos Retornos do CASI .....	80
3.2.3 - Correlação dos Dados .....	88
3.2.4 - Propriedades das Ações Individuais .....	96
3.3 - Estrutura Hierárquica do Setor Aeroespacial .....	99
3.4 - Variedade do Setor Aeroespacial .....	106
<b>CAPÍTULO 4 – MODELO VALUE-AT-RISK</b> .....	<b>113</b>
4.1 - Histórico e Definição .....	113
4.2 - Metodologias de Cálculo do VaR .....	118
4.2.1 - Metodologia Variância-Covariância .....	119
4.2.2 - Simulação Histórica .....	121
4.2.3 - Simulação de Monte Carlo .....	122
4.2.4 - Avaliação <i>Stress-testing</i> .....	123
4.3 - VaR e Tsallis – VaR <sub>q</sub> .....	124
4.3.1 - Análise dos Resultados .....	125
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES</b> .....	<b>145</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>151</b>
<b>APÊNDICE A – CRONOLOGIA</b> .....	<b>159</b>
<b>APÊNDICE B – EMPRESAS PERTENCENTES AO CASI</b> .....	<b>167</b>

<b>APÊNDICE C – MINIMAL SPANNING TREE.....</b>	<b>185</b>
<b>APÊNDICE D – CONCEITOS BÁSICOS EM TEORIA DE FINANÇAS .....</b>	<b>229</b>

## LISTA DE FIGURAS

1.1 – Conjuntos de carteiras possíveis e fronteira eficiente de Markowitz. ....	39
2.1 – Número médio e variação anual de empresas que compuseram o índice CASI entre 1987 e jun./2004. ....	54
2.2 – Evolução do índice CASI de jan./1987 a jun./2004. ....	57
2.3 – Variação diária logarítmica da cotação do índice CASI entre jan./1987 e jun./2004. ....	57
2.4 – Comparação entre o índice CASI e índices do setor aeroespacial. ....	58
2.5 – Sub-índices do CASI no período de ago./99 a dez./02. ....	59
2.6 – Comparação entre os índices <i>Satellite</i> e CASI para o período entre jan./95 até dez./02. ....	61
2.7 – Comparação entre os índices <i>Satellite</i> e CASI-SAT para o período de ago./99 até dez./02. ....	61
2.8 – Comparação entre os índices DJUSAE e CASI para o período entre ago./99 até jun./04. ....	62
2.9 – Comparação entre os índices DJUSAE e CASI-AERO para o período de ago./99 até dez./02. ....	62
2.10 – Comparação entre os índices DJMSAE e CASI para o período entre mai./03 até jun./04. ....	63
2.11 – Índice CASI e demais índices de mercado. ....	63
3.1 – Histograma das diferenças logarítmicas diárias de preços do CASI e função Gaussiana. ....	72
3.2 – Histograma dos retornos logarítmicos diários com intervalos diferentes. ....	72
3.3 – Distribuições estáveis para diferentes valores do parâmetro $\alpha$ . ....	74
3.4 – Parâmetro $q$ da distribuição generalizada de Tsallis variando o intervalo de tempo ( $Dt$ ). ....	77
3.5 – Histogramas, em escala linear-log, dos retornos diários normalizados do CASI em comparação com as distribuições: Gaussiana; Tsallis; e Levy. ....	78
3.6 – Detalhe das extremidades (asas) direita e esquerda das distribuições. ....	78
3.7 – Histogramas, em escala linear-log, dos retornos normalizados, $Dt = 3$ , do CASI em comparação com as distribuições: Gaussiana; Tsallis; e Levy. ....	79
3.8 – Histogramas, em escala linear-log, dos retornos normalizados, $Dt = 18$ , do CASI em comparação com as distribuições: Gaussiana; Tsallis; e Levy. ....	79
3.9 – Volatilidade anualizada para uma janela deslizante de 21 dias, no período de jan./1987 a jun./2004 para os índices: CASI; Nasdaq; DJIA; e S&P500. ....	82
3.10 – Volatilidade anualizada para uma janela deslizante de 21 dias, no período de ago./1999 a dez./2002 para os índices: CASI; Nasdaq; <i>Satellite</i> ; e DJUSAE. ....	83
3.11 – Curva de assimetria para os retornos logarítmicos do CASI para $Dt = 1$ . ....	84
3.12 – Leis de potência: CASI, <i>Satellite</i> e DJUSAE variando o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ): (a) média; (b) variância; (c) curtose. ....	86
3.13 – Leis de potência: CASI, Nasdaq, DJIA e S&P500 variando o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ): (a) média; (b) variância; e (c) curtose. ....	87
3.14 – Função de autocorrelação da variação logarítmica diária dos preços do CASI. ....	89

3.15 – Função densidade espectral da variação logarítmica dos preços do CASI.....	89
3.16 – CASI: faixas de frequências. ....	90
3.17 – CASI: sinais de baixa e de alta frequências.....	91
3.18 – Função de autocorrelação para sinais de alta frequência do índice CASI em oito períodos diferentes de 500 dias cada.....	92
3.19 – Função densidade espectral para sinais de alta frequência do índice CASI em oito períodos diferentes de 512 dias. ....	93
3.20 – Coeficientes angulares das retas de ajuste das funções densidade espectral para sinais de alta frequência do índice CASI em períodos diferentes. ....	94
3.21 – Função de autocorrelação para sinais de baixa frequência do índice CASI em vários períodos diferentes de 500 dias.....	95
3.22 – Função densidade espectral para sinais de baixa frequência do índice CASI em vários períodos diferentes de 512 dias.....	95
3.23 – Coeficientes angulares das retas de ajuste das funções densidade espectral para sinais de baixa frequência do índice CASI em períodos diferentes .....	96
3.24 – Histogramas dos retornos diários das empresas do setor aeroespacial de 1987 a jun.2004. ....	97
3.25 – Contorno dos histogramas dos retornos diários das empresas do setor aeroespacial de 1987 a jun.2004.....	97
3.26 – Probabilidade dos retornos a origem, $(P(S_i = 0))$ , de 52 ações que compõem o CASI, ordenadas pela capitalização em 02 de julho de 2002.....	98
3.27 – Volatilidade anualizada média das séries temporais de 52 ações que compõem o CASI, ordenadas pela capitalização (janela de 21 dias).....	99
3.28 – MST para o ano de 2002, calculadas com base (a) na evolução dos preços das ações; e (b) nas diferenças diárias de preços das ações.....	103
3.29 – Dendrograma utilizando a evolução dos preços como base de cálculo para o ano de 2002.....	104
3.30 – Dendrograma utilizando a diferença diária de preços como base de cálculo para o ano de 2002.....	105
3.31 – Série temporal da variedade das empresas do setor aeroespacial que compõem o índice CASI. ....	107
3.32 – Série temporal da média, $\mathbf{m}(t)$ , e da variedade, $\mathbf{s}(t)$ , dos retornos das empresas do CASI e dos dados gerados pelo modelo CAPM.....	108
3.33 – Quadrado da variedade em função da média para as empresas componentes do CASI.....	110
3.34 – Quadrado da variedade em função da média para as empresas componentes do CASI-Aero.....	111
3.35 – Quadrado da variedade em função da média para as empresas componentes do CASI-Sat. ....	111
4.1 – Função densidade acumulada de probabilidade dos dados reais do CASI; Tsallis; Gaussiana; e Levy.....	126
4.2 – Função densidade acumulada de probabilidade em escala semi-logarítmica dos dados reais do CASI; Tsallis; Gaussiana; e Levy. ....	127
4.3 – Diferenças logarítmica dos quantis entre as distribuições Tsallis; Levy; e Gaussiana e os dados do CASI.....	127

C.1 – MST das ações que compõem o CASI, utilizando como base de cálculo a evolução diária de preços: de 1987 a 2004. ....	181
C.2 – MST das ações que compõem o CASI, utilizando como base de cálculo as diferenças diárias de preços: de 1987 a 2004.....	193
C.3 – Dendrogramas calculados com base na evolução dos preços: de 1987 a 2004 ...	201
C.4 – Dendrogramas calculados com base na variação dos preços: de 1987 a 2004....	215



## LISTA DE TABELAS

1.1 – Receita do Setor Aeroespacial e Comparação com o PIB.....	27
1.2 – Número de emprego no Setor Aeroespacial ( $\times 10^3$ ).....	28
3.1 – Momentos da variação logarítmica de preços ( $S$ ) do índice CASI.....	81
3.2 – Coeficientes Angulares: CASI e índices do setor aeroespacial.....	88
3.3 – Coeficientes Angulares: CASI e índices financeiros.....	88
3.4 – Valores Médios dos Parâmetros para o Cálculo do CAPM.....	109
4.1 – Valores Médios de VaR Diários e Diferenças com os Valores Reais .....	129
4.2 – Valores de $S^*$ para diferentes $q$ 's .....	130
4.3 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 1 dia .....	132
4.4 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 3 dias .....	132
4.5 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 10 dias .....	133
4.6 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 30 dias .....	133
4.7 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 100 dias .....	134
4.8 – Valores de VaR <sub>q</sub> e VaR <sub>G</sub> para um Período Sequencial de Negociação .....	136
A.1 – Cronologia .....	159
B.1 – Lista das empresas componentes do CASI.....	167



## LISTA DE SÍMBOLOS

- $E[S_c]$  - Retorno esperado de uma carteira.
- $E[S_i]$  - Retorno esperado do ativo  $i$ .
- $f_k$  - Retorno médio do fator  $k$ .
- $p_k$  - Probabilidade de ocorrência do cenário  $k$ .
- $r$  - Retorno médio do ativo livre de risco.
- $R_i(t)$  - Taxa relativa de retorno do ativo  $i$ , no tempo  $t$ .
- $S_i(t)$  - Taxa logarítmica de retorno do ativo  $i$ , no tempo  $t$ .
- $S_{i,k}$  - Taxa logarítmica de retorno do ativo  $i$ , para cada cenário  $k$ .
- $S_M$  - Taxa de retorno do mercado.
- $SO_i$  - Número de ações emitidas pela empresa  $i$ .
- $VM_{i,t}$  - Valor de mercado do ativo  $i$ , no tempo  $t$ .
- $VT_{M,t}$  - Valor de mercado do conjunto componente do índice.
- $w_i$  - Peso do ativo  $i$  dentro da carteira.
- $w_j$  - Peso do ativo  $j$  dentro da carteira.
- $Y_{i,t}$  - Preço do ativo  $i$ , no tempo  $t$ .
- $Y_{i,t+Dt}$  - Preço do ativo  $i$ , no tempo  $t + Dt$ .
- $b_i$  - Sensibilidade do ativo  $i$  ao retorno do mercado.
- $b_{i,k}$  - Sensibilidade do ativo  $i$  ao fator  $k$ .
- $Dt$  - Intervalo de tempo entre  $t$  e  $Dt$ .
- $e_i$  - Parte do retorno não sistêmico do ativo  $i$ .
- $m_k'$  -  $K$ -ésimo momento da distribuição de probabilidade
- $m_k''$  -  $K$ -ésimo momento centrado na média
- $r_{i,j}$  - Correlação entre os ativos  $i$  e  $j$ .
- $s^2$  - Variância
- $s_c$  - Risco de uma carteira.
- $s_i$  - Risco do ativo  $i$ .

- $\mathbf{s}_j$  - Risco do ativo  $j$ .
- $\mathbf{s}_{i,j}$  - Covariância entre os ativos  $i$  e  $j$ .
- $\mathbf{S}$  - Matriz de covariância entre os ativos.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AECMA	- <i>European Association of Aerospace Industry</i>
AIA	- <i>Aerospace Industries Association</i>
AIAB	- Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil
AIAC	- <i>Aerospace Industries Association of Canada</i>
APT	- <i>Arbitrage Pricing Theory</i>
BIS	- <i>Bank for International Settlements</i> (Banco de Compensações Internacionais)
CAPM	- <i>Capital Asset Pricing Model</i>
CASI	- <i>Comprehensive Aerospace Index</i>
CASI-AERO	- Subíndice do CASI, representando o segmento aeronáutica
CASI-SAT	- Subíndice do CASI, representando o segmento satélite
CME	- <i>Chicago Merchandise Exchange</i>
CVM	- Comissão de Valores Mobiliários
DJIA	- <i>Dow Jones Industrial Average</i>
DJMSAE	- <i>Dow Jones Aerospace Microsector Index.</i>
DJUSAE	- <i>Dow Jones Aerospace Index.</i>
Ibovespa	- Índice da Bolsa de Valores de São Paulo
NASD	- <i>National Association of Securities Dealers</i>
Nasdaq	- <i>National Association of Securities Dealers Automated Quotation System</i>
NC	- Nível de confiança
NYSE	- <i>New York Securities Exchange</i>
OTC	- <i>Over-the-counter</i>
PIB	- Produto Interno Bruto
S&P500	- <i>Standard&amp;Poors500 Index</i>
SEC	- <i>Securities Exchange Commission</i>
SJAC	- <i>Society of Japanese Aerospace Companies</i>
VaR	- <i>Value-at-Risk</i>
VaR <sub>G</sub>	- <i>Value-at-Risk</i> utilizando a distribuição Gaussiana
VaR <sub>L</sub>	- <i>Value-at-Risk</i> utilizando a distribuição de Levy
VaR <sub>q</sub>	- <i>Value-at-Risk</i> utilizando a distribuição generalizada de Tsallis
YHOH204	- Índice do setor aeroespacial elaborado pelo Yahoo/finance.



## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 - Contexto e Objetivos

O setor aeroespacial, além de sua importância estratégica, exerce uma grande influência na dinâmica econômica da sociedade contemporânea. Este setor desenvolve e utiliza tecnologia complexa e avançada, emprega mão de obra qualificada e os produtos gerados possuem alto valor agregado. As Tabelas 1.1 e 1.2 apresentam um panorama das receitas e empregos gerados pelo setor aeroespacial nos últimos anos em alguns países e na União Européia<sup>1</sup>. Estes dados referem-se às receitas e aos empregos gerados diretos da indústria aeroespacial. Porém, deve-se ressaltar que são igualmente importantes os desdobramentos, ou *spin-offs*, da tecnologia aeroespacial em outras áreas de atividades, tais como eletrônica, novos materiais, metalurgia, informática etc, os quais não estão contabilizados nestes números.

TABELA 1.1 – Receita do Setor Aeroespacial e Comparação com o PIB<sup>2</sup>.

ano	Brasil		Canadá		EUA		União Européia		Japão	
	US\$ bi	% PIB	US\$ bi	% PIB	US\$ bi	% PIB	US\$ bi	% PIB	US\$ bi	% PIB
1999	2,3	0,44	17,7	1,80	153,7	1,66	63,3	0,74	11,6	0,26
2000	3,2	0,54	20,3	1,89	144,7	1,47	78,3	0,99	12,5	0,26
2001	3,4	0,67	23,2	2,09	153,1	1,52	91,6	1,16	11,4	0,27
2002	3,0	0,67	21,5	1,93	148,2	1,41	78,9	0,91	11,0	0,28

FONTE: Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB); *Aerospace Industries Association of Canada* (AIAC); *Aerospace Industries Association* (AIA); *European Association of Aerospace Industry* (AECMA) e *Society of Japanese Aerospace Companies* (SJAC).

<sup>1</sup> Neste trabalho, o termo União Européia refere-se aos 15 países que aderiram à União Européia até 1995, como definido nas estatísticas apresentadas pela *European Association of Aerospace Industry* (AECMA). São eles: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido e Suécia.

<sup>2</sup> Produto Interno Bruto a preços correntes. Os dados foram obtidos no site: <http://www.worldbank.org>, do Banco Mundial. Acesso em 13 junho 2004.

TABELA 1.2 – Número de emprego no Setor Aeroespacial (x10<sup>3</sup>).

	Brasil	Canadá	EUA	Europa	Japão*
1999	12,0	83,6	850,0	426,7	32,7
2000	14,0	91,5	800,0	429,1	31,7
2001	15,1	83,6	790,0	380,1	31,7
2002	16,8	79,0	714,0	407,8	30,5

FONTE: AIAB; AIAC; AIA; AECMA e SJAC.

\* Dados aproximados

Entretanto, toda atividade econômica está sujeita a um determinado nível de risco, seja inerente ao próprio negócio ou a fatores externos, tais como conjecturas político-econômicas. Em especial, a indústria aeroespacial, cujos projetos exigem prazos extensos e grandes investimentos para as fases de pesquisa e desenvolvimento, industrialização e comercialização, possui programas cujos investimentos atingem bilhões de dólares anuais e cujo retorno está associado a incertezas. Por exemplo, se utilizarmos a volatilidade<sup>3</sup> como medida de risco, temos que as principais empresas do setor aeroespacial, em média, apresentaram uma volatilidade, na última década, 20% maior do que índices tradicionais, tais como *Dow Jones Industrial Average* (DJIA) e *Standard&Poors500* (S&P500), índices compostos pelas 30 e 500 maiores empresas americanas, respectivamente. Esta vulnerabilidade também é mostrada em artigo publicado na revista *Via Satellite* (Boeke, 2002) com relação ao segmento de satélites: “a recessão econômica e o *crash* das empresas “ponto.com”, que marcou a virada do milênio, finalmente alcançou a indústria global de satélites (...) e o ano 2001 apresentou um dos menores números de satélites lançados em uma década e (...) o número de contratos de lançamento sendo assinados reflete o desaquecimento no ciclo de procura devido à consolidação de operadoras e o clima negativo para financiamento de satélites”. Estes fatos mostram a importância de se analisar a exposição deste setor ao risco sistêmico, cuja finalidade é identificar e avaliar, em tempo, os riscos e ajustar a estratégia de tomada de decisões para controlar e minimizar as possíveis perdas.

---

<sup>3</sup> Volatilidade é uma medida de variabilidade das diferenças de preços de um ativo, medido pelo desvio-padrão destas diferenças.

Neste contexto, o principal **objetivo** deste trabalho é aperfeiçoar um método de análise de risco financeiro para o setor aeroespacial. Para este fim foi desenvolvido um índice das ações de empresas representativas do setor aeroespacial. Com o índice elaborado, foram realizadas análises estatísticas da evolução e variação dos preços, incluindo a melhor função distribuição de probabilidade que representa a dinâmica de variação dos preços deste índice e análise das ações individuais. Por fim, com base nos resultados obtidos, o método para a análise de risco financeiro para o setor aeroespacial foi desenvolvido. Desta forma, este trabalho, baseando em conceitos da física-estatística, pretende contribuir para a área de avaliação de risco, fornecendo uma ferramenta de análise mais precisa para esta atividade, principalmente para os casos que apresentam maior volatilidade.

A seguir é feita uma breve descrição da história da evolução da teoria de risco financeiro. Não se pretende aqui apresentar um levantamento histórico completo e, sim fornecer um resumo sobre o desenvolvimento das principais idéias que formaram a concepção do risco como o conhecemos hoje<sup>4</sup>.

## **1.2 - Evolução da Teoria do Risco Financeiro**

A palavra “risco” deriva do italiano antigo *risicare*, que por sua vez deriva do baixolatim *risicu*, ambas com o sentido de ousar. A noção de risco é algo intuitivo e possui uma definição sujeita a várias interpretações, mas sem dúvida é um conceito associado à possibilidade de dano, perda, prejuízo ou estrago. Assim, podemos definir risco como a possibilidade de um determinado evento esperado não ocorrer, ou ainda, o grau de incerteza a respeito da ocorrência de um evento. Qualquer medida numérica desta incerteza pode ser chamada de risco (Duarte Jr., 1996).

A evolução da teoria de risco está ligada ao desenvolvimento da teoria de probabilidade e, especialmente, às mesas de jogos. Foi somente na Renascença que os primeiros passos foram dados para o desenvolvimento da teoria de probabilidade. Antes disso, as

---

<sup>4</sup> As referências do período inicial sobre este assunto, utilizadas nos parágrafos seguintes, foram extraídas principalmente dos livros “Desafio aos Deuses: a fascinante história do risco” (Bernstein, 1997) e “Uma breve história da economia” (Strathern, 2003), exceto quando especificamente citado.

tomadas de decisões, fossem pessoais ou empresariais, eram realizadas sem uma compreensão real de risco. A idéia de controlar incertezas futuras não era objeto de estudo; acreditava-se ser esta uma consequência da sorte (decisões divinas) e as tomadas de decisões eram feitas por instinto. Por exemplo, na antiga Grécia, a noção de incerteza existia através da palavra *eikos*, a qual era utilizada como significado para “plausível” ou “provável”, com o mesmo sentido atual de probabilidade e, conforme definição de Sócrates, “semelhança com a verdade”. Entretanto, apesar de refletirem sobre a probabilidade, os gregos não se interessaram em avançar na abordagem quantitativa do tema, pois se baseavam nos oráculos para prever os acontecimentos futuros.

Durante o período de expansão do Cristianismo, muito embora não tenham ocorrido avanços na conceituação e compreensão de risco como medida numérica, houve uma mudança de percepção quanto ao futuro: acreditava-se que seria possível conduzi-lo se o código moral e de fé que a religião então indicava fosse seguido. Foi também nesta época, após o século XI, que o sistema de numeração indo-arábico foi introduzido no mundo ocidental por Leonardo Pisano, conhecido como Fibonacci. Este fato lançou a base necessária para o desenvolvimento de cálculos mais sofisticados, que até então eram difíceis de serem realizados com o ábaco e o sistema numérico romano vigente.

O Renascimento e a Reforma protestante abriram caminho para a teoria de controle de risco. O Renascimento por trazer uma nova forma de pensar e uma abordagem experimental da ciência; e a Reforma protestante por permitir a poupança, o lucro e a iniciativa aos seus fiéis, o que contribuiu para a formação das primeiras estruturas do mundo capitalista. Em um período de descobertas, de mudanças na organização econômica da sociedade, com o mercantilismo impulsionando novos empreendimentos comerciais, e de novos paradigmas religiosos, as consequências das decisões tomadas passaram a ser das próprias pessoas e assim o controle e gerenciamento de risco tornou-se um ponto relevante a ser considerado, embora não houvesse ainda estudos sobre o tema.

Por volta de 1650, Blaise Pascal e Pierre de Fermat deram início ao desenvolvimento da teoria de probabilidade, possibilitando a realização de apostas em eventos futuros com a

quantificação das possibilidades de perdas e ganhos<sup>5</sup>. Até então se pensava ser impossível mensurar eventos incertos. Não muito tempo depois, em 1662, John Graunt publicou seus estudos sobre inferências feitas a partir dos registros de óbitos na cidade de Londres. Este foi um marco importante para a teoria de risco, uma vez que a amostragem é a base para a administração de risco e de seguros.

No século XVIII, a família Bernoulli apresentou suas contribuições para o tema em questão: Jacob Bernoulli estudou o processo da inferência estatística e suas limitações levantando três conceitos importantes no uso da teoria da probabilidade no processo de avaliação de risco: plena informação; tentativas independentes e relevância da avaliação quantitativa; e elaborou a lei dos grandes números a qual “permite inferir *a posteriore* o número de casos com quase a mesma precisão de se o conhecermos *a priori*” (Bernstein, 1997). Já seu sobrinho Daniel Bernoulli introduziu a noção de utilidade como unidade para medir preferências dentro do conceito de retorno esperado de um resultado. Desta forma, ele definiu as motivações que uma pessoa tem para “correr riscos”, argumentando que as tomadas de decisão possuem um elemento subjetivo que não é incorporado nas leis de probabilidade. A conclusão de Bernoulli foi que a aversão ao risco é diretamente proporcional à riqueza possuída. Paralelamente, Abraham De Moivre sugeria a estrutura da distribuição normal<sup>6</sup> como comportamento padrão para eventos aleatórios e independentes, assim como desenvolveu os conceitos de desvio-padrão e de intervalos de confiança. Estes parâmetros são importantes, pois formam o núcleo da teoria de análise de precificação de ativos e gerenciamento de risco que foi desenvolvida no último século. De Moivre foi também o primeiro a definir “explicitamente o risco como chance de perda”. Ainda neste século, em 1754, Thomas Bayes demonstrou como tomar decisões mais bem fundamentadas, mediante a combinação matemática de informações novas e velhas. É importante ressaltar que,

---

<sup>5</sup> Blaise Pascal e Pierre de Fermat estudaram o seguinte problema, proposto um século e meio antes pelo matemático Luca Pacioli: “dois jogadores disputam um jogo limpo de *balla*. Os dois jogadores combinam jogar até que um ganhe seis rodadas. O jogo foi interrompido quando um jogador havia ganhado cinco rodadas e o outro três. Como os resultados iniciais devem ser resolvidos?”.

<sup>6</sup> A distribuição normal é também chamada de distribuição Gaussiana e assim será referida neste trabalho de agora em diante. Foi introduzida, na primeira metade do séc. XVIII, por De Moivre que estudou o problema de determinar a fidelidade com que uma amostra de fatos representava o universo real do qual

nesse século, as leis de probabilidade foram integradas nas soluções de problemas práticos da nova economia que surgiu com a Revolução industrial, como por exemplo, controle de qualidade na produção industrial ou avaliação dos riscos para seguro dos navios trazendo mercadorias provenientes do novo mundo.

Já na segunda metade do século XIX, Francis Galton estudou as possibilidades de observações aleatórias que se afastaram da média retornarem a esta média. Como resultado destes estudos, ele propôs o “princípio de regressão à média”, o que em termos práticos significa “não extrapolar indefinidamente tendências passadas para o futuro”. Em se tratando de gerenciamento de risco no mercado financeiro, isto significa que se espera que o preço de um ativo que foi supervalorizado (ou super desvalorizado) recupere o seu preço original, ou melhor, volte ao seu preço de equilíbrio. Entretanto, esta dinâmica não é tão simples assim. A premissa é de que os valores, na média, devem retornar à sua média passada, mas, a partir de quando e em que valor? Qual a eficiência do mercado em absorver informações? E qual seria o preço de equilíbrio?

Cabe aqui apresentar uma definição mais clara do que são o mercado financeiro e a sua eficiência, que incorporam a idéia de preço de equilíbrio. O mercado financeiro pode ser descrito como um sistema composto por grande número de agentes humanos (*traders*) que interagem entre si, constituindo um sistema complexo, que reagem às informações externas, caracterizando um sistema aberto, e buscando realizar o melhor preço em suas transações sobre um ativo. O processo de determinação do melhor preço incorpora o conceito da hipótese de eficiência do mercado, a qual estabelece que toda informação relevante disponível é imediatamente processada no mercado e refletida nos preços dos ativos negociados (Fama, 1970).

O conceito de mercado eficiente foi abordado por E. Fama (1970) quando apontou a necessidade de se definir as expressões "refletir totalmente a informação" e "informação relevante". A primeira expressão diz que o retorno esperado de um ativo (razão entre o valor final do ativo - variação de preço mais dividendos - e o seu valor inicial) deve

---

fora extraída. Seus resultados foram utilizados por Laplace para análise de erros de experimentos e por Gauss que percebeu a analogia entre a distribuição de erros observados e os sistemas biológicos e sociais.

mostrar a expectativa que o mercado tem em relação a este ativo, dadas as informações existentes no mercado. A segunda expressão, relevância da informação, foi subdividida em: fraca - quando o preço de um ativo reflete o preço passado e a história de comercialização do ativo; semiforte - onde o preço do ativo reflete inteiramente toda a informação pública atual e passada; e forte - na qual o preço de um ativo reflete todas as informações, sendo elas públicas ou não. Com base nestas definições, Fama (1970) definiu as condições para que um mercado seja eficiente, ou seja: todos os investidores têm acesso às informações e sem custo para obtê-las; os investidores possuem expectativas iguais com relação ao impacto das informações existentes sobre os preços dos ativos; nenhum dos participantes pode afetar os preços vigentes. Desta forma, o mercado é considerado eficiente se o retorno esperado para o próximo período for igual ao retorno esperado para o período atual dado o conjunto de informações existentes até este período. Este processo estocástico é conhecido como Processo Martingale (ver Apêndice D).

Em relação à eficiência do mercado em absorver notícias e a regressão a sua média anterior após um choque, De Bondt e Thaler (1985) se preocuparam em responder se a hipótese da “reação exagerada”<sup>7</sup> dos investidores frente a novas notícias é previsível para o mercado de ações, ou seja, se um investidor pode esperar, como estratégia de investimento, que ocorra o movimento contrário dos preços do ativo após o choque. Os resultados encontrados por eles, consistentes com outros estudos realizados sobre o tema, mostram que os investidores privilegiam as novas informações mais do que as antigas e, portanto, “exageram” nas suas reações a estas novas informações, mas o retorno à sua média anterior não ocorre necessariamente no curto prazo. Na verdade, eles argumentaram que, se ela acontecer, provavelmente será mais no longo prazo. E como resultado disso, se o tempo de retorno ao seu preço de equilíbrio for longo, outros choques podem acontecer e desviar o mercado do seu caminho e, assim, a média anterior não será alcançada. Desta forma, De Bondt e Thaler sugerem que as definições

---

<sup>7</sup> A premissa para o estudo foi que “investidores tendem a reagir a novos eventos inesperados e dramáticos mais fortemente que o esperado” (De Bondt e Thaler, 1985). Se isso realmente acontece, produz uma oportunidade de lucro ao permitir que o investidor possa esperar o movimento oposto dos preços.

de eficiência de mercado são incompletas se não for considerado o tempo, ou melhor, que o mercado é ineficiente no longo prazo, apesar de ser “altamente eficiente em absorver informações no curto prazo”.

Outro estudo realizado nesta área confirma os resultados alcançados por Thaler e De Bondt. Lakonishok et al (1993) apresentam um estudo do que os autores chamaram de estratégia de valor, onde ações com baixa razão preço em relação a lucros ou dividendos possuem boa perspectiva de desempenho no futuro. Segundo estes autores, “embora não se possa rejeitar a versão “metafísica” do risco, na qual os ativos que possuem maior retorno devem por definição possuir maior risco, o peso da evidência sugere um modelo mais direto. Neste modelo, ações desprezadas são subavaliadas com relação à característica risco versus retorno e investir nestas ações, na verdade, rende retornos anormais”.

No século XX, as pesquisas na área financeira enfocaram o estudo do comportamento dos preços de um ativo tentando definir o que é o preço justo (preço de equilíbrio) de um ativo. Achar o preço justo significa poder elaborar uma estratégia de compra e venda que permita minimizar o risco envolvido na operação. Apesar de não ter recebido a devida atenção, a tese de doutorado de Louis Bachelier foi o primeiro esforço de aplicação da teoria de probabilidade na avaliação do comportamento da variação de preço de um ativo. Em sua tese “A Teoria da Especulação”, na Universidade de Sorbonne, em 1900, Bachelier usou pioneiramente o movimento browniano como modelo de comportamento da variação absoluta dos preços dos papéis do governo francês e demonstrou que “a expectativa matemática do especulador é zero” (Courtault et al, 2000), pois “o preço considerado mais provável pelo mercado é o preço atual real: se o mercado julgasse de outra forma, não fixaria esse preço, mas outro superior ou inferior”. Assim, segundo ele, as chances de o preço de uma ação subir na próxima negociação são de, aproximadamente, 50%, sugerindo um comportamento Gaussiano para as variações de preços.

Os fatos políticos e econômicos ocorridos na primeira metade do século XX<sup>8</sup> reordenaram a sociedade e a economia e, conseqüentemente, a maneira de pensá-las. Percebeu-se que os sistemas econômicos que antes se acreditava serem estáveis e, portanto, previsíveis, na realidade não o são. Frank Knight questionou, em 1921 (ver Bernstein, 1997), o quanto o mundo podia ser previsível e modelável, alegando que os conhecimentos que se tem no presente não são suficientes para eliminar a incerteza do futuro. Surge, então, o conceito de grau de incerteza que se está disposto a aceitar no lugar de determinar a probabilidade de se estar certo, ou seja, “se a probabilidade de estar errado é grande, então deve-se rejeitar a hipótese; mas se a probabilidade de estar errado é pequena, então não deve-se rejeitar a hipótese” (Bernstein, 1997). Neste raciocínio, a idéia de aceitar a hipótese aconteceria somente se a probabilidade de estar errado fosse nula, o que é difícil de ocorrer, pois nunca se pode ter certeza absoluta quanto ao futuro. Ainda em 1921, John Maynard Keynes observou que “se a probabilidade objetiva de algum evento futuro existe, (...) mas nossa ignorância nos nega o conhecimento certo dessa probabilidade, podemos apenas recorrer a estimativas” (Bernstein, 1997). Com isso, Keynes estava argumentando que eventos passados não são suficientes para definir os eventos futuros; eles são, na melhor das hipóteses, alimentação para estimativas.

Na esfera de regulamentação para controle de risco, a bolsa de Nova York (NYSE), como norma preventiva para controlar possíveis perdas, impôs, em 1922, exigências de capital mínimo às suas empresas membros. Esta medida pode ser considerada como precursora do modelo *Value-at-Risk*<sup>9</sup> (VaR) (Holton, 2002). Alguns anos depois, o *crash* da bolsa de valores ocorrido em 1929 fez com que as autoridades monetárias americanas estabelecessem, entre 1933 e 1934, leis que regulamentassem e limitassem o grau de alavancagem das empresas financeiras e garantissem liquidez de recursos suficiente para cobrir eventuais perdas, que culminou com a criação da *Securities Exchange Commission* (SEC) – órgão de fiscalização e controle do mercado financeiro

---

<sup>8</sup> A primeira Grande Guerra, ocorrida entre 1914 e 1918; o *crash* da bolsa, ocorrido em 1929, que provocou a recessão mundial nos anos seguintes; e, posteriormente, a segunda Grande Guerra entre 1939 e 1945.

<sup>9</sup> Modelo que, neste trabalho de tese, será aperfeiçoado no capítulo 4.

americano (Fabozzi e Modigliani, 1996). No Brasil, a fiscalização e controle do mercado financeiro está a cargo da Comissão de Valores Mobiliários (CVM), que foi criada em 1976 (Fortuna, 1999).

Com relação ao comportamento racional e a medição quantitativa do risco baseada nas informações passadas, apesar das críticas levantadas, os estudos persistiram nesta área. Um passo relevante foi dado pela teoria dos jogos de estratégia, desenvolvida por John von Newman (ver *Theory of games and economic behavior*, 1944). Esta teoria enfatiza que as pessoas racionalizam as suas preferências e tomam decisões baseadas nestas preferências. A idéia central é que a incerteza advém dos outros e a melhor estratégia a ser adotada é concentrar em evitar a derrota e não em ganhar a disputa. Aqui entra também o conceito de aversão a risco, já de certa forma esboçada na teoria de utilidade de Daniel Bernoulli<sup>10</sup>: o quanto se deve “arriscar” nas tomadas de decisões que provocarão perdas do que já se possui com certeza.

No início da segunda metade do século XX, um importante trabalho nesta área foi apresentado por Harry Markowitz no artigo “*Portfolio Selection*” (Markowitz, 1952). O trabalho é um marco importante na área de finanças, pois pela primeira vez foi proposta uma medida para o risco nas operações financeiras – desvio-padrão dos retornos dos preços dos ativos. Essa medida de variabilidade também é conhecida como volatilidade. O trabalho de Markowitz relaciona “retorno esperado” versus “risco” de uma carteira (conjunto) de ativos, considerando o número de combinações possíveis destes ativos. Neste estudo, Markowitz apresenta o conceito de carteira diversificada<sup>11</sup> e os seus benefícios, e mostra como investidores avessos ao risco compõem uma carteira otimizando os retornos esperados dado um nível de risco.

---

<sup>10</sup> Segundo D. Bernoulli, “a utilidade da riqueza adicional é inversamente proporcional à quantidade já possuída” (Bernstein, 1997).

<sup>11</sup> Carteira diversificada é definida como um conjunto de ativos cujas correlações entre si são baixas ou zero. Antes de Markowitz, outros autores, entre eles Hicks, 1935, e Leavens, 1945, já intuitivamente entendiam a importância da diversificação na teoria de risco, mas faltava a formulação teórica. Ou, nas palavras de Markowitz: “o que faltava antes de 1952 era uma teoria de investimento adequada que cobrisse os efeitos da diversificação quando os riscos estão correlacionados, a distinção entre carteiras eficientes e não eficientes, e a relação entre risco e retorno analisados em uma carteira como um todo” (Markowitz, 1999).

Matematicamente, a taxa de retorno de um determinado ativo  $i$ , no tempo  $t$ , é dada por (Fabozzi e Modigliani, 1996)<sup>12</sup>:

$$R_i(t) = \frac{Y_{i,t+\Delta t} - Y_{i,t}}{Y_{i,t}} \quad (1.1)$$

ou taxa logarítmica do retorno:

$$S_i(t) = \ln\left(\frac{Y_{i,t+\Delta t}}{Y_{i,t}}\right) \quad (1.2)$$

onde:

$Y_{i,t}$  é o preço do ativo  $i$ , no tempo  $t$ ;

$Y_{i,t+Dt}$  é o preço do ativo  $i$ , no tempo  $t + Dt$ ;

$Dt$  é o intervalo de tempo entre  $t$  e  $t + Dt$ .

Para intervalos de tempo pequenos,  $\Delta t \ll 1$ , os valores de  $R_i(t)$  e  $S_i(t)$  tendem a se aproximar, ou seja,  $R_i(t) \sim S_i(t)$ .

O retorno esperado deste ativo,  $E[S_i]$ , é dado pela média dos possíveis retornos ponderados pelas suas probabilidades de acontecer:

$$E[S_i] = \sum_{k=1}^m S_{i,k} * p_k \quad (1.3)$$

onde:

$S_{i,k}$  são os possíveis retornos do ativo  $i$ , para cada cenário  $k$  provável;

$p_k$  são as probabilidades destes retornos acontecerem;

$k$  representa os cenários possíveis e  $m$  o número total de cenários.

---

<sup>12</sup> Considerando um ativo que não paga dividendos.

O risco de um ativo,  $\mathbf{s}_i$ , é medido pelo desvio-padrão dos seus retornos ponderados pela suas probabilidades de ocorrência:

$$\mathbf{s}_i = \left( \sum_{k=1}^m (S_{i,k} - E[S_i])^2 * p_k \right)^{1/2}. \quad (1.4)$$

Em uma carteira,  $c$ , o retorno esperado,  $E[S_c]$ , é dado por uma combinação ponderada dos retornos esperados dos ativos que compõem a carteira com os seus respectivos pesos (Fabozzi e Modigliani, 1996):

$$E[S_c] = \sum_{i=1}^n w_i * E[S_i] \quad (1.5)$$

onde:

$w_i$  é o peso do ativo  $i$  dentro da carteira;

$n$  é o número de ativos que compõem a carteira.

E o risco da carteira,  $\mathbf{s}_c$ , é dado pela combinação dos riscos de cada ativo e seus respectivos pesos e a correlação entre eles (Los, 2001):

$$\mathbf{s}_c = w' \Sigma w \quad (1.6)$$

onde:

$w' = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n]$  é um vetor de pesos de cada ativo dentro da carteira, cuja soma é igual a um; e

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{1,1} & \mathbf{s}_{1,2} & \Lambda & \mathbf{s}_{1,n} \\ \mathbf{s}_{2,1} & \mathbf{s}_{2,2} & \Lambda & \mathbf{s}_{2,n} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ \mathbf{s}_{n,1} & \mathbf{s}_{n,2} & \Lambda & \mathbf{s}_{n,n} \end{bmatrix}. \quad (1.7)$$

onde:

$s_{i,j}$  é a covariância entre os ativos  $i$  e  $j$ .

Esta é uma matriz simétrica ( $s_{ij} = s_{ji}$ , para  $i \neq j$ ). Os elementos da diagonal são as variâncias e os demais são as covariâncias entre os ativos.

Como  $s_{i,j} = r_{i,j} * (s_i * s_j)^{1/2}$ , pode-se verificar como a diversificação atua sobre o risco de uma carteira. Se os ativos têm correlação zero ou baixa, restarão somente os riscos individuais dos ativos. Assim, com estas duas variáveis, segundo Markowitz, uma carteira ótima pode ser construída de duas maneiras (Markowitz, 1952):

- considerando todas as carteiras com um determinado nível de risco, escolhe-se aquele que tem o maior nível de retorno; ou
- considerando todas as carteiras com um determinado nível de retorno, escolhe-se aquele com a menor risco.

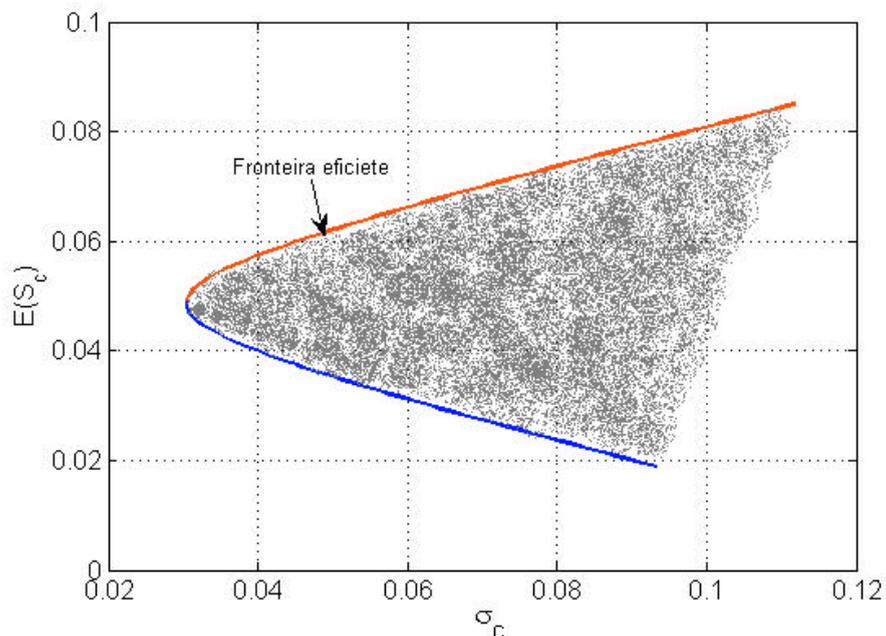


FIGURA 1.1 – Conjuntos de carteiras possíveis e fronteira eficiente de Markowitz.

As carteiras que fazem parte do primeiro conjunto são aquelas pertencentes à fronteira eficiente de Markowitz – linha vermelha na Figura 1.1, pois elas oferecem maior

retorno esperado para o mesmo nível de risco. A linha azul representa o conjunto ótimo de carteiras. A área abaixo da fronteira eficiente representa as combinações possíveis entre as rentabilidades esperadas e os riscos das diferentes composições das carteiras. O eixo vertical representa o retorno esperado e o eixo horizontal o risco. A escolha das carteiras depende do grau de aversão do investidor ao risco. Um investidor que opta por investir em carteiras mais à esquerda do gráfico é tipicamente conservador; à medida que caminha para a direita, aumenta o nível de risco assumido e mostra que o investidor está disposto a correr um maior risco para obter uma maior rentabilidade.

Um grande problema na época do surgimento da Teoria da Carteira diz respeito à realização dos cálculos necessários para medir como cada ação ou título individual poderia variar em relação a outro título (matriz de covariância entre os ativos), problema este que foi minimizado com o desenvolvimento da informática.

Seguindo o trabalho de Markowitz, W. Sharpe desenvolveu, em 1963, o modelo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM). Este modelo tenta determinar o preço justo de um ativo baseado nas premissas da teoria de carteira de Markowitz e de que o retorno de um ativo é sensível aos movimentos de um fator comum, ou seja, o mercado (Sharpe, 1970). O modelo considera dois tipos de eventos que podem produzir variabilidade no tempo da taxa de retorno de um ativo:

- Macro eventos, que afetam todas as empresas e têm efeito no nível geral de preços das ações. Exemplos: mudança inesperada na taxa de inflação, mudança na taxa de juros.
- Micro eventos, que têm impacto em empresas individuais, mas não têm impactos generalizados em outras empresas. Exemplos: descoberta de um novo produto, greve, incêndio, etc..

A partir destas considerações, Sharpe (1970) introduziu duas noções de risco importantes: risco sistêmico e risco específico. O primeiro é o próprio risco de se manter uma carteira ou um ativo: à medida que o mercado se movimenta, cada ativo é afetado de alguma forma, incorporando, portanto, o risco sistêmico. Este risco é

resultado das condições gerais do mercado e da economia. O risco específico é aquele exclusivo de cada ativo individualmente e representa a parte da volatilidade deste ativo que não está correlacionada com o movimento do mercado (Fabozzi e Modigliani, 1996). Portanto, a variância da carteira é decomposta (Los, 2001):

$$\mathbf{s}_c = \hat{\mathbf{S}}_c + \tilde{\mathbf{S}}_c \quad (1.8)$$

onde:

$\hat{\mathbf{S}}$  representa o risco sistêmico;

$\tilde{\mathbf{S}}$  representa o risco não sistêmico.

Este modelo tem como premissa que o retorno de um ativo é sensível aos movimentos de vários fatores ou índices. O modelo mais simples assume que a matriz de covariância pode ser calculada considerando que todos os ativos reagem ao impulso de uma força comum, ou seja, o retorno de mercado. Assim, o retorno de um ativo em qualquer tempo pode ser indicado a partir da equação da reta de melhor ajuste, obtida por regressão linear, tendo como variável independente o retorno de mercado e como variável dependente o retorno da ação (Fabozzi e Modigliani, 1996):

$$S_i = a + S_M * \mathbf{b} + \mathbf{e} \quad (1.9)$$

onde:

$a$  é onde a reta intercepta o eixo y;

$S_M$  é a taxa de retorno do mercado;

$\mathbf{b}$  dá a inclinação da reta característica do ativo, e indica o grau em que o retorno deste ativo responde ao retorno do mercado;

$e$  é uma variável aleatória, é a parte do retorno não sistêmico, que não depende do mercado<sup>13</sup>.

De acordo com o modelo CAPM, o risco individual de cada ativo é minimizado ou desaparece através da diversificação da carteira. O mesmo não ocorre com o risco sistêmico. Este pode ser medido usando o parâmetro  $b$ .

O parâmetro  $\beta$  descreve a sensibilidade do ativo ao movimento geral do mercado de referência, ou seja, é uma medida que relaciona proporcionalmente o retorno esperado de um ativo ao retorno esperado do mercado (Hull, 1993). A idéia é que o retorno de um ativo deve variar proporcionalmente com o valor de  $\beta$ , positivo ou negativamente. Por exemplo, se o valor do  $\beta$  de um ativo for 0.5, espera-se que o seu retorno seja a metade do retorno oferecido pelo mercado de referência; se  $\beta = 2$ , o retorno deste ativo tenderá a variar duas vezes o retorno do mercado.

As principais críticas com relação ao trabalho de Markowitz e, por conseguinte, ao modelo CAPM, dizem respeito à validade de suas premissas:

- a racionalidade dos investidores;
- a representação do risco pelo desvio-padrão dos retornos;
- a premissa dos retornos da carteira serem normalmente distribuídos; e,
- especificamente o CAPM, que exista um único fator de risco que afete um ativo – o mercado.

Com relação à última premissa - fator único de risco afetando um ativo - foram desenvolvidos modelos os quais permitem a inclusão de outros fatores de risco além do risco de mercado. Dentre estes, o modelo *Arbitrage Pricing Theory* (APT), elaborado

---

<sup>13</sup> É também chamado de resíduo, que é a distância vertical entre o retorno da ação no tempo  $t$  e a reta característica. A sua média, no tempo, tende à zero.

por S. A. Ross em 1976, o qual tem por base a hipótese de não arbitragem<sup>14</sup>, ou seja, “em condição de equilíbrio, a seguinte condição de (não) arbitragem deve ser satisfeita: sem acrescentar nenhum recurso a mais e sem aumentar o risco, não seria possível, na média, criar uma carteira para aumentar o retorno” (Ross, 1976). O APT busca determinar os preços de equilíbrio de ativos, assumindo que o retorno de um ativo é uma função linear de diversos fatores<sup>15</sup>,  $f_k$ , ( $k = 1$  até  $m$  fatores), os quais contribuem individualmente para o retorno do  $i$ -ésimo ativo. Assim, o retorno do ativo  $i$ , no modelo APT, é dado por (Ross, 1976):

$$S_i = r + \mathbf{b}_{i,k} * f_k + \Lambda + \mathbf{b}_{i,m} * f_m + \mathbf{e}_i \quad (1.10)$$

onde:

$r$  é o retorno médio do ativo livre de risco;

$\mathbf{b}_{i,k}$  é a sensibilidade do ativo  $i$  ao fator  $k$ ;

$f_k$  é o retorno médio do fator  $k$ ;

$m$  é o número de fatores extras de risco;

$\mathbf{e}_i$  é a parte do retorno não sistêmico do ativo  $i$ .

Tanto o modelo CAPM quanto o APT estabelecem que os investidores requerem recompensas por assumirem os riscos sistêmicos e os não sistêmicos. Entretanto, o modelo APT determina que investidores desejam retornos adicionais para todos os riscos sistêmicos que possam afetar o valor do ativo. Quando o risco mercado é o único fator considerado, o modelo APT iguala-se ao modelo CAPM. (Fabozzi e Modigliani, 1996).

---

<sup>14</sup> Um mercado é dito livre de arbitragem se não existe a possibilidade de se obter lucro sem incorrer em algum risco.

<sup>15</sup> Ross não especifica quais são estes fatores e nem a quantidade necessária para o modelo. Estudos posteriores a cerca destes fatores focalizam indicadores da atividade econômica agregada, inflação e taxa de juros que afetam o retorno de um ativo – ver, por exemplo, (Schor et al, 2000).

Com relação a premissa do comportamento Gaussiano da variação dos preços dos ativos, já na década de 60, Benoit Mandelbrot, ao estudar os preços de algodão, mostrou que a hipótese de normalidade não adere bem aos dados financeiros e sugeriu, alternativamente, que a distribuição dos retornos de ativos financeiros fosse modelada por distribuições Pareto-estáveis<sup>16</sup>, com asas mais largas que a normal (Mandelbrot, 1963). Logo em seguida, Eugene Fama (1965), apesar da adaptação dos seus dados a esta última distribuição, apresentou críticas quanto ao uso de uma distribuição com variância infinita, por não corresponder ao mercado real.

Quanto à racionalidade dos investidores, Daniel Kahneman e Amos Tversky questionaram a questão comportamental das pessoas e sua aversão ao risco. Eles realizaram diversas pesquisas<sup>17</sup> nas últimas décadas e mostraram que as pessoas “percebem os resultados como ganhos e perdas, mais do que o estado final da riqueza” (Kahneman e Tversky, 1979). Os autores mostraram que as pessoas respondem diferentemente a situações iguais, dependendo do contexto que lhes são apresentadas – de ganhos ou perdas – e que as “preferências podem ser manipuladas por mudanças no ponto de referência”. Desta forma, as pessoas aceitam mais riscos para evitar perdas e menos riscos para realizar ganhos: “quando a escolha envolve perdas, somos favoráveis, e não avessos, ao risco”. Eles chamaram essa assimetria de comportamento de “falta de invariância”, a qual mostra, segundo os autores, o quanto emoções podem interferir na racionalidade durante os processos de decisão e também a dificuldade em gerenciar a quantidade e a importância das informações.

---

<sup>16</sup> Há pouco mais de um século (1897), Vilfredo Pareto estudou a distribuição da riqueza nas sociedades e propôs um modelo com distribuição exponencial. A lei de Pareto diz que, em qualquer sociedade estável, um menor número de pessoas gera a maior parte da produção seguindo a distribuição:

$$y \sim x^{-v}$$

onde:  $y$  = número de pessoas;  $x$  = renda e  $v$  = expoente estimado por Pareto como 1,5.

<sup>17</sup> Uma das pesquisas realizada e apresentada pelos autores envolveu a escolha entre 80% de chance de ganhar \$4.000,00 e 20% de nada ganhar ou 100% de chance de ganhar \$3.000,00. A maioria das respostas (80%) apontou como preferência a segunda opção – certeza de ganhar \$3.000,00. Mas, ao reformularem a questão de maneira diferente: 80% de chances de perder \$4.000,00 e 20% de nada perder ou 100% de chances de perder \$3.000,00, a maior parte das respostas apontou para a primeira opção – a incerteza sobre a perda. Vale ressaltar que o ganho (ou perda) esperado para as duas situações é a mesma =  $0,8 * (-)4.000 + 0,2 * 0 = \$(-)3.200,00$  versus um ganho (ou perda) certo de \$3.000,00.

Com relação à volatilidade, em 1963, Willian Baumol ao analisar o trabalho de Markowitz, questionou o uso do desvio padrão como medida de risco na determinação de carteiras eficientes (Baumol, 1963). Neste trabalho, Baumol apresenta um critério alternativo que, apesar de não nomeá-lo como VaR, o conceito apresentado é muito similar ao VaR como o conhecemos hoje. Ele argumenta que “se nossa variável aleatória básica (o retorno de nosso investimento) é normalmente distribuída, então existe aproximadamente 16% de probabilidade de que o retorno será abaixo do  $E - \sigma$ , somente 2% de probabilidade de que será menor que  $E - 2*\sigma$ , não mais que 0.1% de probabilidade de que cairá abaixo de  $E - 3*\sigma$ , etc. Assim, nós podemos dizer que o risco envolvido em uma carteira é representado por  $E - k*\sigma$  para algum valor apropriado de  $k$ . Aqui  $E - k*\sigma$  pode ser considerado o limite mínimo de confiança para o retorno do investidor” (Baumol, 1963)<sup>18</sup>.

Ainda, Holton (1992), Cizeau et al (1997) e Schwert (1989) apontam que a volatilidade é uma variável sensível à outra variável – tempo. A volatilidade não é constante no tempo o que significa que a mensuração do risco de um ativo não é absoluta e, portanto, apresenta perspectivas diferentes dependendo do período analisado. Do ponto de vista dos investidores, isso provoca estratégias diferentes: para quem quer realizar lucro no curto prazo, a volatilidade é fundamental e é realmente uma medida importante de risco; mas “para investidores no longo prazo, a volatilidade representa uma oportunidade, e não um risco, na medida que papéis voláteis tendem a fornecer retornos superiores aos de papéis menos voláteis” (Holton, 1992).

As décadas de 60 e 70 foram marcadas por mudanças tecnológicas, principalmente na área de informática, que permitiram cálculos mais complexos e acesso mais rápido a informações e pelo desenvolvimento do mercado de derivativos<sup>19</sup>, que cresceu em resposta à necessidade de administração e transferência de risco de carteiras (*hedge*).

---

<sup>18</sup>  $E$  é o valor esperado da carteira e  $\sigma$  é o desvio padrão dos retornos e  $k$  uma constante.

<sup>19</sup> Derivativos são instrumentos financeiros que tem como base um outro ativo. Apesar de o mercado de derivativos sobre *commodities* já existir há muito tempo, o contrato futuro de moedas só surgiu em 1972, lançado pela *Chicago Merchantise Exchange* (CME). Em 1975, a CME lançou contrato futuro sobre ativos financeiros. Em 1981, surgiram os primeiros contratos de *swaps* de moedas e taxas de juros e, em 1986, surgiram os contratos de *swaps* sobre *commodities*.

Por outro lado, os novos instrumentos financeiros permitiram um grau de alavancagem maior e, aliado ao aumento de descentralização nas tomadas de decisões nas empresas financeiras, as inovações financeiras aumentaram a exposição ao risco destas empresas no mercado financeiro.

Em 1973 ocorreu a “crise do petróleo”<sup>20</sup> a qual provocou recessão mundial e reforçou a necessidade de gerenciamento de risco. Neste mesmo ano, um importante trabalho foi apresentado por Fisher Black e Myron Scholes, na área de precificação de opções<sup>21</sup>. Os autores desenvolveram um modelo, conhecido como Black-Scholes, que calcula o preço justo (ou teórico) de uma opção européia, como função de cinco variáveis: preço no vencimento; tempo até a data de vencimento; preço do ativo subjacente; taxa de juros praticada do mercado; e volatilidade do ativo subjacente. Comparando o preço teórico, obtido pelo modelo, com o preço praticado pelo mercado seria possível avaliar se o preço da opção está caro ou barato. Aqui, novamente, a volatilidade é a variável chave e é a única não observável, que deve ser estimada. Este modelo foi construído sob suposições bastantes restritivas e trabalhos posteriores foram realizados na tentativa de generalizar o modelo (ver por exemplo: Cox, J.C.; Ross, S.A. and Rubinstein, M. (1979); Cox, J.C.; Ross, S.A. (1976)).

Em 1986, Kenneth Garbade desenvolveu um modelo para controle de reserva de capital, analisando o mercado de crédito para a empresa que ele trabalhava e direcionado para os clientes institucionais da empresa. O modelo, conhecido como Garbade VaR, pressupunha que os valores de mercado das carteiras eram normalmente distribuídos e o desvio padrão era determinado pela matriz de covariância (ver Holton, 1992).

Na esteira do *minicrash* da bolsa, ocorrido em 1987, o crescente número de negócios envolvendo derivativos e crises em instituições bancárias e fundos governamentais

---

<sup>20</sup> Esta foi a quarta crise relacionada a esta *commodity*: a primeira foi em 1951, seguida da de 1956 e outra em 1967. Na crise ocorrida em 1973, o preço do petróleo subiu de 2,90 dólares o barril (em setembro) para 11,65 dólares (em dezembro). Esta crise levou à desestabilização da economia mundial e provocou uma severa recessão nos países ocidentais. Os países industrializados acabaram o ano de 1974 com um déficit de cerca de US\$ 11 bilhões e os subdesenvolvidos, de quase US\$ 40 bilhões (<http://geocities.yahoo.com.br/vinicrashbr/historia/geral/crisedopetroleo.htm>).

deixaram as agências regulamentadoras preocupadas com a liquidez e solvência dos bancos. O Banco de Compensações Internacionais (*Bank for International Settlements* - BIS<sup>22</sup>) estabeleceu limites que os bancos deveriam alocar para perdas contingenciais. Desta forma, a função do capital alocado pelos bancos seria o de absorver perdas futuras, mesmo a de magnitudes relativamente improváveis, e, no caso da ocorrência destas, ser capaz de permitir que a instituição continue operando com o mesmo desempenho. Durante a década de 90<sup>23</sup>, o BIS estabeleceu, como métrica para medição da exposição ao risco das empresas financeiras, que as exigências de alocação de capital mínimo para os bancos fossem calculadas através do modelo *Value-at-Risk* (VaR) - objeto de estudo deste trabalho. O VaR é uma medida de variação potencial máxima no valor de uma carteira com uma dada probabilidade em um dado horizonte de tempo e será melhor detalhado no quarto Capítulo.

Paralelamente, nesta última década, um novo campo interdisciplinar se desenvolveu, resultado da interação entre a física e a economia. A econofísica é uma abordagem que tenta aplicar conceitos e métodos da física-estatística para ajudar a compreender sistemas complexos em campos tais como a economia. Neste contexto, diversos trabalhos foram desenvolvidos e, em particular, no que diz respeito à análise de comportamento dos preços dos ativos. A hipótese de não normalidade de Mandelbrot se manteve como uma das principais linhas de pesquisa nesta área, dando suporte aos trabalhos desenvolvidos neste campo. Estes estudos tinham como finalidade compreender melhor as características estatísticas do comportamento de preço de um ativo. Entre eles, em 1991, Mantegna propôs o uso da distribuição de Levy Truncada,

---

<sup>21</sup> Black, F.; Scholes, B. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*. May, 1973. p. 637-654. Apesar de não aparecer como coautor deste trabalho, Robert Merton é também considerado como um dos autores do modelo em questão.

<sup>22</sup> O BIS é considerado "o Banco Central dos bancos centrais", dada a sua posição na economia mundial como entidade certificadora das transações internacionais. Um de seus órgãos mais importantes é o Comitê da Basileia, o qual define recomendações e linhas de conduta para assegurar maior estabilidade ao sistema financeiro mundial.

<sup>23</sup> Também nesta década, surgiram as primeiras análises do risco operacional e de crédito. O primeiro é definido, de acordo com o Novo Acordo da Basileia (definição pelo BIS) como estimativa das perdas – diretas ou indiretas – resultantes de processos internos, falhas de pessoas, sistemas inadequados e eventos externos (Novo Acordo da Basileia). O segundo diz respeito às perdas inesperadas de uma carteira de empréstimos em decorrência de mudanças na qualidade de crédito dos devedores. No Brasil, os modelos de mensuração dos dois tipos de risco ainda estão em estágios embrionários.

onde o regime de escala da variação dos preços tem variância finita (ver Mantegna e Stanley, 2000) e, em 1999, Ramos et al, ao estudarem o comportamento do mercado de moedas, propuseram a distribuição de Tsallis e mostraram que as grandes variações deste mercado podem ser descritas com boa precisão por esta distribuição (Ramos et al, 1999, 2000 e 2001; Mattedi et al, 2002 e Michael e Johnson, 2003).

É neste contexto que se insere este trabalho. A dinâmica do setor aeroespacial é analisada através da ótica da econofísica e, a partir destes resultados, o modelo de gerenciamento de risco VaR é modificado, relaxando a hipótese de normalidade para refletir melhor a dinâmica do setor e, assim, melhorar a medida de risco.

### **1.3 - Estrutura do Trabalho**

O trabalho está dividido em 5 capítulos. O primeiro é esta introdução onde se procura definir o objetivo do trabalho, a justificativa para realizá-lo e traz um breve histórico do desenvolvimento da teoria de risco. O segundo Capítulo apresenta o índice CASI - *Comprehensive Aerospace Index* - elaborado para este estudo, a metodologia empregada e a comparação deste índice com outros do setor financeiro. O Capítulo três discute as propriedades estatísticas do índice criado. O Capítulo quatro apresenta o modelo de gerenciamento de risco para o setor estudado e, por fim, o Capítulo cinco, traz as conclusões do trabalho assim como possíveis desdobramentos desta pesquisa.

## CAPÍTULO 2

### COMPREHENSIVE AEROSPACE INDEX (CASI)

Neste Capítulo é apresentado o índice construído para o setor aeroespacial – CASI – *Comprehensive Aerospace Index*. É detalhada a metodologia utilizada na construção do índice. Os resultados são apresentados e também é feita uma comparação do índice criado com outros índices financeiros do mercado - índices tradicionais e também do setor aeroespacial.

#### 2.1 - Definição

Índices de ações são números que representam o comportamento de um conjunto de ações e refletem as variações dos preços destas ações componentes. O mais importante é que os índices são, normalmente, barômetros do mercado. Eles refletem um certo tipo ou tamanho de um segmento, de um mercado ou de todo o mercado e, através deles, da economia. No Brasil, o índice Ibovespa (Índice da Bolsa de Valores de São Paulo) retrata os principais papéis brasileiros, por isso é considerado como referência do mercado nacional em geral. Nos Estados Unidos, os índices mais conhecidos e considerados como referências para a economia são: o índice *Dow Jones Industrial Average* (DJIA), que representa as 30 maiores empresas americanas; e o índice S&P500, da empresa Standard&Poor's, que engloba as 500 maiores empresas americanas. O índice setorial mais conhecido é o índice Nasdaq *Composite* (*National Association of Securities Dealers Automated Quotation System*), mantido pela *National Association of Securities Dealers*<sup>24</sup> (NASD). Este índice, por ter um maior número de empresas de tecnologia, é considerado como referência para o setor de tecnologia em geral e também para a chamada “nova economia”.

---

<sup>24</sup> Organização ligada ao governo federal americano que trata do regulamento dos mercados de balcão (*over-the-counter*).

Com relação ao setor aeroespacial, foram criados alguns índices específicos desta indústria. Entre eles, o índice *Satellite* composto por empresas apenas do segmento de satélite cujos títulos são comercializados publicamente e gerenciado pela Solomon Smith Barney (Boeke, 2001); o índice YHOh204 elaborado pelo Yahoo/finance, o qual contém empresas do setor aeroespacial e defesa; e os índices DJUSAE (*Dow Jones Aerospace Index*) e DJMSAE (*Dow Jones Aerospace Microsector Index*), administrados pela *Dow Jones Company*, compostos por empresas americanas que produzem aeronaves e equipamentos, satélites, excluindo os satélites de comunicação, e inclui navios militares (*Dow Jones Company*, 2003 e 2004). O DJMSAE faz parte de um conjunto de índices de micro setores desenvolvidos por esta Companhia e é composto por apenas cinco empresas.

Inicialmente, pensou-se em utilizar os dados do índice *Sattelite* para o presente trabalho. Entretanto, além de não ter sido possível descobrir quais são as empresas que o compõem, não foi possível encontrar a metodologia utilizada para o cálculo deste índice. Além disso, este índice é restrito a empresas de satélites, portanto, não representativo do setor aeroespacial. O *site* Yahoo/Finance que apresenta o índice YHOh204 não mantém um banco de dados com os preços históricos deste índice, apresenta apenas os preços do dia em questão, e também não foi possível encontrar a sua metodologia. Quanto aos demais índices mantidos pela *Dow Jones Company*, são índices compostos apenas por empresas americanas. Além disso, no início deste estudo, não havia divulgação nem acesso a suas cotações.

Desta forma, decidiu-se em criar o índice CASI. Este é um índice mais abrangente, composto por empresas fabricantes de aeronaves, satélites (incluindo satélites de comunicação), equipamentos utilizados no setor aeroespacial (bateria, ótica, radar, sistemas, acessórios, etc.) e serviços (teste, manutenção, serviços de transmissão via satélite, incluindo comunicação<sup>25</sup>, etc.). Não foram incluídas empresas aéreas, pois estas empresas são melhor classificadas na indústria de transportes. A lista das empresas que

---

<sup>25</sup> As empresas de telefonia que foram selecionadas são aquelas que estão classificadas nos subitens *Satellite Communications: Direct Broadcast Satellite (DBS) Communications* e *Satellite Communications: Satellite Communications System Operators*, da empresa *Business.com, Inc.*

compõem o índice, contendo o nome da empresa, o respectivo símbolo de negociação na bolsa e a atividade produtiva, é apresentada no Anexo B. A seguir são apresentadas, de maneira breve, as metodologias mais utilizadas para cálculo de um índice no mercado financeiro e a metodologia de cálculo usada para a criação do CASI.

## 2.2 - Metodologia

Segundo Weiss, as metodologias aplicáveis à criação de índices para o mercado financeiro podem variar de acordo com os critérios de abrangência e de ponderação (Weiss, 2000). Com relação à abrangência, os índices podem conter apenas amostras do conjunto considerado das ações ou podem ser mais amplos, contendo todo o conjunto de ações. Já com respeito à ponderação, os índices podem ser construídos considerando apenas os preços, ou podem ser ponderados pelo valor de mercado.

Seguindo estes critérios, ainda de acordo com Weiss, existem quatro gerações de metodologia de índices: na primeira, os índices são criados considerando uma amostra e ponderados apenas pelo preço, por exemplo, o índice DJIA; na segunda geração, os índices são compostos por uma amostra do conjunto, mas cada componente é ponderado pelo valor de mercado, isto é, o preço da ação multiplicado pelo número de ações emitidas pela empresa (*outstanding shares*), como exemplo tem-se o índice S&P500; a terceira geração é caracterizada por procurar englobar todas as possíveis ações do conjunto, ponderadas pelo valor de mercado, como o índice Nasdaq *Composite*; e na quarta geração, o universo de ações é mantido, porém a ponderação é feita pelo produto do preço pelo número de papéis em poder do público. Este sistema é conhecido como *float*. Recentemente, no final de 2003, a Dow Jones & Company, responsável pelo gerenciamento e manutenção do índice NYSE *Composite*, reformulou a metodologia do cálculo deste índice e passou a usar este sistema de capitalização. Outras empresas também estão estudando a possibilidade de mudarem para esta metodologia, entre eles, os índices calculados pela empresa Standard&Poor's Company.

Apesar da existência dos critérios acima mencionados, não existe uma metodologia única para a criação e manutenção de um índice, e a metodologia de cálculo pode apresentar variações dos critérios descritos, de acordo com o interesse da empresa ao

desenvolver o índice. Mesmo assim, conforme os manuais das principais empresas produtoras de índices (Dow Jones & Company; New York Stock Exchange; Standard&Poor's Company, NASD), um índice deve possuir algumas características para ser considerado metodologicamente bem elaborado. Entre elas, os ativos componentes devem refletir o mercado de interesse e, para tal, deve-se procurar incluir no índice, pelo menos, as empresas representativas do mercado em questão. Segundo, as regras de composição do índice – regras de inclusão e exclusão, assim como as de manutenção – devem ser claras e bem definidas. Desta forma, as variações ocorridas no índice devem refletir as variações do mercado ou do segmento que ele representa. A confiabilidade no índice está relacionada a este processo. Por fim, o índice deve estar disponível para referência e uso.

A metodologia utilizada na criação do CASI é o sistema de ponderação pelo valor de mercado das empresas pertencentes ao setor aeroespacial. Este foi o método escolhido considerando a disponibilidade de dados. Desta forma, ele reflete as variações no valor de mercado das ações componentes ajustadas de forma a eliminar os efeitos das variações na capitalização<sup>26</sup>, entradas e/ou saída de empresas. Fazem parte deste índice as empresas do setor aeroespacial que são negociadas na bolsa de Nova York (NYSE) e Nasdaq-AMEX<sup>27</sup> com capitalização acima de US\$50 milhões<sup>28</sup>. Múltiplas classes de uma mesma ação não estão incluídas no índice. Neste caso, é escolhida a empresa com maior valor de mercado.

O CASI foi elaborado durante o estágio (doutorado-sanduiche) realizado no Departamento de Física e Tecnologia Relativa, na Universidade de Palermo, Itália, junto ao Prof. Dr. R. Mantegna. Utilizou-se o banco de dados dos preços das ações disponível no departamento, o qual consiste de preços diários de ações negociadas na Bolsa de Valores de Nova Iorque (*New York Stock Exchange* - NYSE), no Nasdaq e na AMEX.

---

<sup>26</sup> É o valor de mercado da empresa. Obtém-se a capitalização da empresa multiplicando a quantidade de ações emitidas pelo valor da cotação da ação negociada em Bolsa de Valores.

<sup>27</sup> Em 1998, o Nasdaq e a bolsa de Valores Americana – AMEX (*American Stock Exchange*) fundiram-se e formaram o *Nasdaq-Amex Market Group*

<sup>28</sup> A classificação do tamanho das empresas pela capitalização segue os seguintes critérios: valor de mercado acima de US\$ 5 bilhões – empresa de grande capitalização; valor de mercado entre US\$ 500

A pesquisa sobre as empresas que compõem o CASI concentrou-se primeiramente na classificação das empresas existentes no banco de dados citado acima. Este banco contém listas de preços diários de ações entre jan./1987 a abr./1999. Desta forma, em uma primeira etapa, o índice CASI foi construído para este período e, em etapa posterior, foi ampliado até jun./2004. Foram selecionadas as empresas que estavam classificadas<sup>29</sup> sob os itens 372 (*Transportation Equipment/Aircraft and parts*), 376 (*Guided missiles, space vehicles, and parts*); e 381 (*Measuring, analysing and controlling instruments, etc/Search, detection, navigation, guidance, aeronautical, etc.*). A partir desta lista, verificou-se quais destas empresas efetivamente possuem atividades produtivas relacionadas ao setor aeroespacial. Para isso foram consultadas as páginas na *internet* de cada uma e as páginas das empresas de finanças Forbes.com Inc.<sup>TM</sup>, Yahoo/Finance e QuantumOnline.com, as quais contêm o perfil de empresas que são listadas em bolsas de valores. A lista destes endereços na internet encontra-se na Referência Bibliográfica.

Após esta seleção inicial, outra pesquisa foi realizada na *internet* para buscar quais outras empresas que, embora classificadas sob outros códigos de indústrias, também possuem atividades relacionadas ao setor aeroespacial. Foram pesquisados *sites* de finanças que apresentam listas de empresas por indústria, buscando aquelas do setor aeroespacial. Estas listas apresentam as empresas e suas atividades produtivas independentemente se são listadas em bolsas de valores. Os sites pesquisados foram Yahoo/finance; Business.com, Inc.<sup>30</sup>, MarketWatch.com, Inc., (o qual lista as empresas pertencentes ao índice DJUSAE), StockSelector.com, *Satellite Directories* e *Buyside Magazine*, estas duas últimas contêm listas de empresas que operam no segmento satélite. Ao todo, foram pesquisadas mais de 700 empresas. Após a lista completa, para

---

milhões e US\$5 bilhões – empresa de média capitalização; e valor de mercado abaixo de US\$ 500 milhões – empresa de baixa capitalização (site <http://www.marketvolume.com>).

<sup>29</sup> A classificação das empresas no banco de dados segue o SIC (*Standard Industry Code*). Este código é um identificador numérico do tipo de negócios da empresa, criado pelo governo americano.

<sup>30</sup> A Business.com Inc. possui uma das listas mais completas no setor. A lista *Aerospace And Defense* está subdividida nas seguintes categorias: *Aircraft, Associations, Aviation/Aerospace Medicine, B2B Markets, Consulting & Engineering Services, Education & Training, Electronics, Employment, Equipment & Supplies, Events, Military, Navigation, Guidance & Detection, Reference, Research & Development, Software, Space*. Sendo que cada uma destas categorias, está por sua vez, também dividida em outras subcategorias.

cada uma, buscou-se informações nas suas páginas e nos *sites* anteriormente mencionados, de forma a confirmar se a empresa efetivamente possui atividades no setor aeroespacial.

O passo seguinte foi verificar quais das empresas restantes tinham dados disponíveis no banco de dados original e, para aquelas que não havia informações, foi realizada uma busca em endereços na *internet* que disponibilizam cotações diárias de empresas (Yahoo/Finance e Silicon Investor). Como resultado, 190 empresas foram selecionadas. Entretanto, destas 190 empresas, algumas não possuem valor de mercado acima de US\$ 50 milhões de dólares ou então não foi possível achar informações sobre a empresa. Assim, ao todo 140 empresas puderam ser incluídas no índice de acordo com a metodologia definida para a criação do CASI. Este número não foi constante ao longo do período estudado. O número de empresas pertencentes ao índice variou de 42 ações, em jan./1987, até 92, em jun./2004. A Figura 2.1 mostra a evolução do número médio anual de empresas componentes do CASI durante este período e a variação anual. O maior crescimento ocorrido entre 1995 e 1998 deve-se ao aumento de empresas do segmento satélites neste período, antes da crise das empresas “ponto.com”, que provocou a redução do número de empresas após este período (Boeke, 2002).

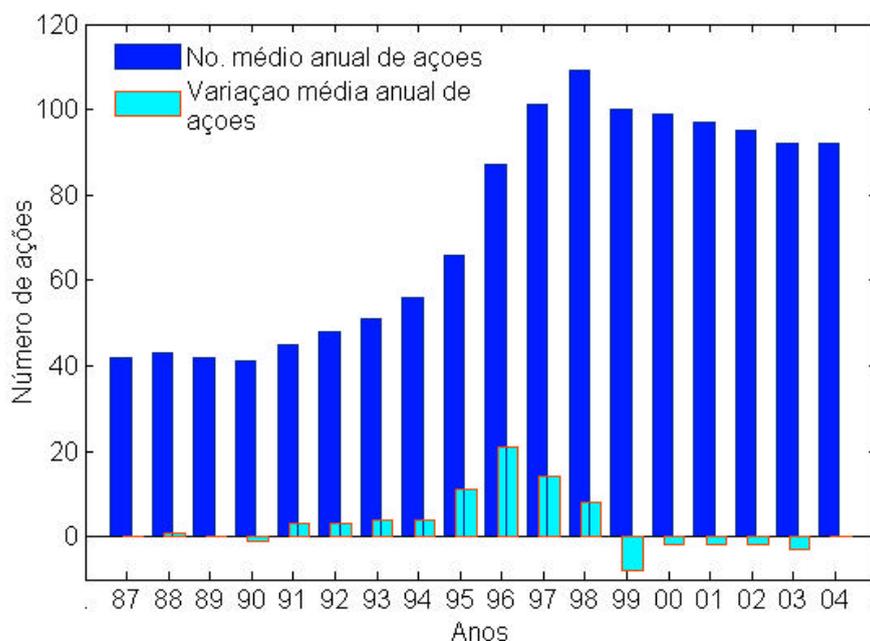


FIGURA 2.1 – Número médio e variação anual de empresas que compuseram o índice CASI entre 1987 e jun./2004.

### 2.3 - Cálculo

O primeiro passo para calcular o índice é achar o valor de mercado,  $VT_{M,t}$ , do conjunto das ações componentes do índice, no tempo  $t$ :

$$VT_{M,t} = \sum_{i=1}^n VM_{i,t} \quad (2.1)$$

onde:

$VM_{i,t}$  é o valor de mercado da ação  $i$ , no tempo  $t$ , e é dado por:

$$VM_{i,t} = Y_{i,t} w_i \quad (2.2)$$

onde,  $Y_{i,t}$  é o preço da ação  $i$ , no tempo  $t$ . É o preço de fechamento da ação ajustado à distribuição de lucros ou *splits*.  $w_i$  é o peso da ação  $i$  na composição do índice. Para evitar distorções no índice em decorrência de uma grande variação de emissão de papéis de uma empresa e/ou entrada ou saída de empresas, a soma dos pesos de todas as empresas será sempre um. Desta forma, o peso de cada ação,  $w_i$ , é dado por:

$$w_i = \frac{SO_i}{\sum_{i=1}^n SO_i} \quad (2.3)$$

onde:

$SO_i$  (*share outstanding*) é o número de ações no mercado da empresa  $i$ ;

$n$  é o número de empresas que compõem o índice;

O cálculo diário do índice CASI é feito dividindo-se o valor de mercado das empresas do setor aeroespacial que compõem o índice por um número chamado divisor, *div*. Este é um número arbitrário que garante a continuidade temporal do índice, mesmo quando ocorrem variações em algumas características do índice (entrada/saída de novas empresas, variação no número de ações emitidas por uma empresa, etc.) Procedendo

desta forma, o índice pode ser comparável ao longo do tempo. Inicialmente, um valor de base arbitrário para o índice é estabelecido, por exemplo  $ind_{t=0} = 100$ . A partir do valor total de mercado do conjunto das empresas componentes do índice e do valor de base, calcula-se o valor inicial do divisor,  $div$ :

$$div = \frac{VT_{M,t}}{ind} \quad (2.4)$$

O cálculo dos próximos valores do índice,  $ind_t$  utilizará o mesmo divisor até que seja necessária a sua revisão, mas sempre atualizando diariamente o  $VT_{M,t}$ , dada a variação dos preços das empresas:

$$ind_t = \frac{VT_{M,t}}{div} \quad (2.5)$$

As revisões do divisor são realizadas de acordo com três critérios: a cada final de trimestre (final de março, junho, setembro e dezembro); sempre que for verificada uma alteração de 5% no número de ações emitidas por uma empresa; e, por fim, quando ocorrer inclusão ou exclusão de alguma empresa no índice. A inclusão/exclusão de empresas segue o critério de a empresa possuir capitalização acima de US\$ 50 milhões, ser negociada na NYSE, AMEX ou OTC e ter alguma atividade produtiva relacionada com o setor aeroespacial.

Nos três casos, no dia da revisão (D0), o índice é calculado como nos dias anteriores: utilizando o último divisor e o  $VT_{M,t}$  – Equações 2.1. a 2.3 – considerando peso de cada empresa do dia anterior ao da revisão (D-1). Para o cálculo do novo divisor, entretanto, o valor total de mercado é recalculado utilizando agora o peso atualizado (número de *share outstanding* em D0) das empresas e o índice calculado em D0 e com a Equação 2.4, obtém-se o novo valor do divisor.

As Figuras 2.2 e 2.3 mostram a evolução do índice CASI no período estudado e a variação diária logarítmica de cotação do índice, utilizando a Equação 1.2, no mesmo período.

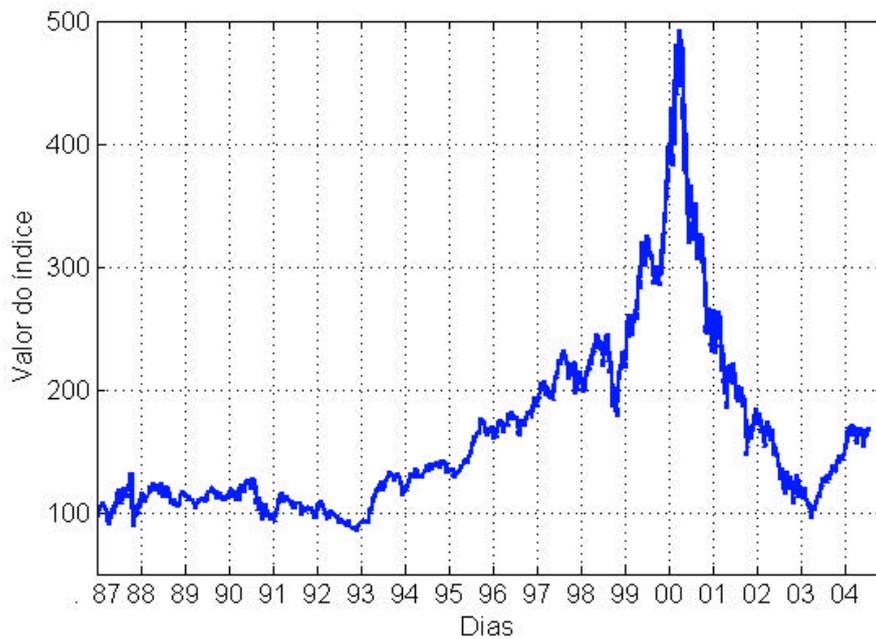


FIGURA 2.2 – Evolução do índice CASI de jan./1987 a jun./2004.

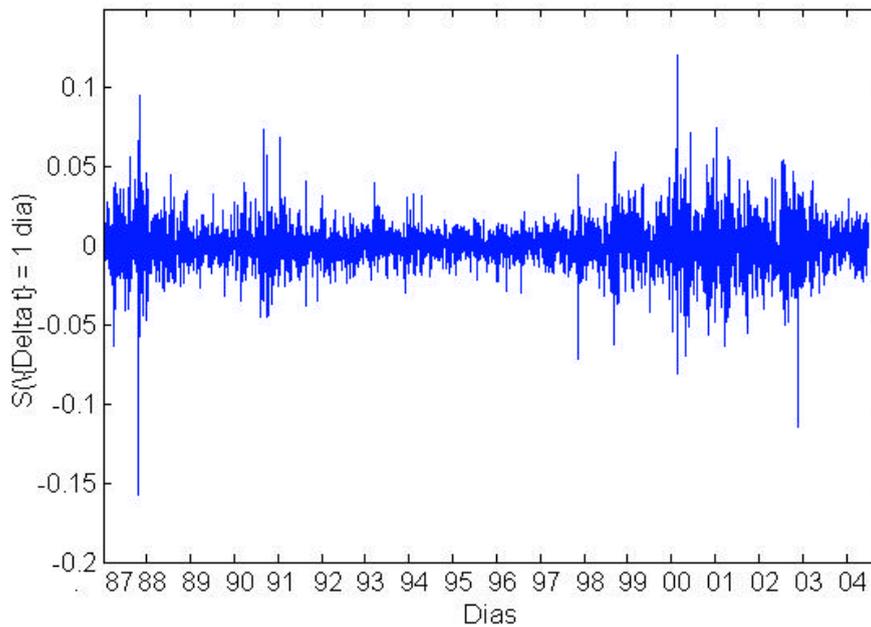


FIGURA 2.3 – Variação diária logarítmica da cotação do índice CASI entre jan./1987 e jun./2004.

Deve-se observar a alta ocorrida entre meados de 1999 até início de 2000, devido ao *boom* das empresas de tecnologia, e a subsequente queda ocorrida com as empresas deste setor. Este fato também é evidenciado na Figura 2.3, onde se pode observar a

maior variabilidade ocorrida neste período, assim como o *minicrash* ocorrido em out./87.

As Figuras 2.4 a 2.10 apresentam uma comparação entre o CASI e os índices utilizados como referência do setor aeroespacial existentes (*Satellite*, DJUSAE, e DJMSAE). Os valores iniciais dos índices de referência estão ajustados para estarem iguais ao do CASI na data inicial dos gráficos. Pela Figura 2.4, pode-se notar que os índices de referência e o CASI possuem um comportamento próximo, excetuando o período entre meados de agosto de 1999 e agosto de 2001, quando ocorre a chamada “bolha das empresas de tecnologia” e a crise ocorrida posteriormente decorrente da queda dos preços das ações destas empresas.

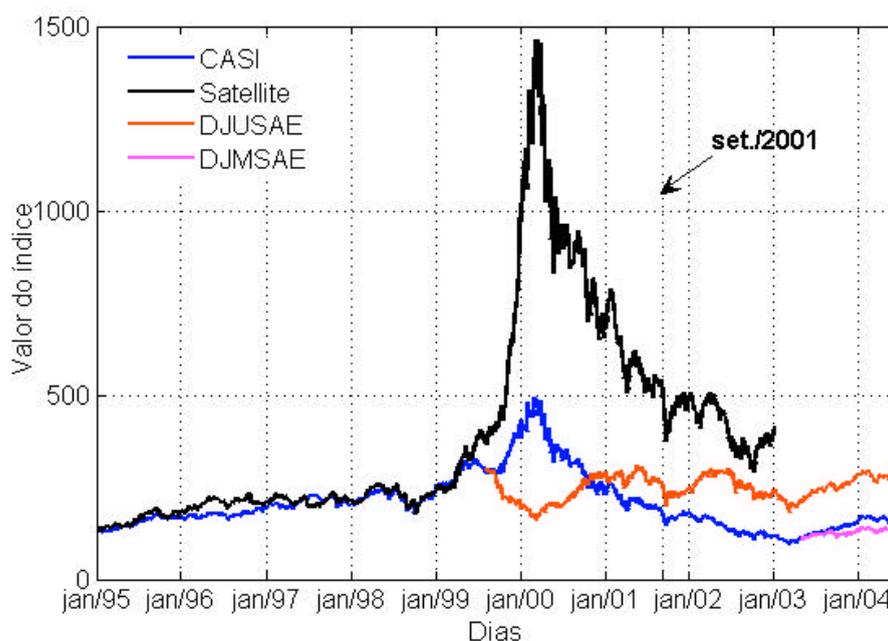


FIGURA 2.4 – Comparação entre o índice CASI (azul) e índices do setor aeroespacial: Satellite (preto); DJUSAE (vermelho); e DJMSAE (rosa).

Para entender melhor este período, dois sub-índices, CASI-SAT e CASI-AERO, foram criados a partir do CASI, os quais representam especificamente os dois segmentos<sup>31</sup>: satélite e aeronáutica (Figura 2.5). É importante notar que a decomposição do CASI nestes dois segmentos evidencia o comportamento diverso dos preços entre as empresas

com atividade produtiva ligada a satélites daquele apresentado pelas empresas de aeronáutica, exatamente na época de grande crescimento das empresas do primeiro segmento. Isso leva a crer em uma fuga de capital entre os dois segmentos dada as expectativas de maiores vendas no ramo de satélite, em especial de serviços, e portanto, expectativa de maior lucratividade, até aproximadamente o primeiro trimestre de 2000. Posteriormente, até início de 2001, ocorre um movimento oposto: com a desaceleração do segmento satélite, acontece o retorno do capital (ou parte dele) para o segmento aeronáutico.

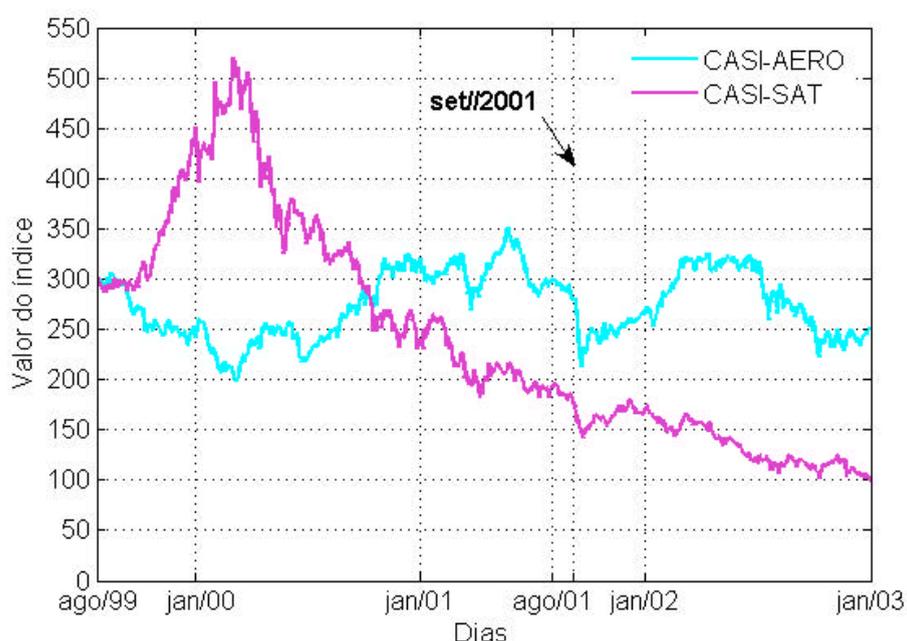


FIGURA 2.5 – Sub-índices do CASI no período de ago./99 a dez./02: CASI-SAT (rosa) e CASI-AERO (azul).

Isso também evidencia o fato de o CASI ser um índice bem representativo de todo o setor aeroespacial, uma vez que consegue representar esta movimentação. Entre ago./99 e ago./01, pode-se observar que, apesar de o CASI e *Satellite* apresentarem valorização, o CASI não acompanhou a intensidade da alta ocorrida com as empresas de satélite até início de 2000 (ver Figura 2.6), possivelmente, refreado pela queda de algumas empresas do setor aeronáutico, como por exemplo Aerosonic Corp., AAR Corp., Aviall,

<sup>31</sup> No caso de a empresa operar nos dois segmentos, ela foi incluída nos dois sub-índices.

Inc., BE Aerospace, Inc., Fairchild Corp., Heico Corp., LMI Aerospace, Lockheed Martin, entre outras, e também evidenciada pela queda apresentada no índice DJUSAE (ver Figuras 2.8 e 2.9). Ressalta-se que a alta foi impulsionada, principalmente, pelas empresas que atuam predominantemente no segmento de satélites, tais como: Alcatel Space, Amplidyne, Harmonic Lightwaves, Inc., Norsat International, RF Micro Devices, Inc., Globecom Systems Inc., entre outras (Figura 2.7). Já no início de 2000, houve uma reversão dos movimentos de ambos os segmentos. Após este período, os índices têm apresentado um comportamento muito semelhante, incluindo a reação ao atentado de set./2001, quando os preços das ações das empresas caíram e se recuperaram rapidamente, em função das atividades ligadas à defesa. A queda em consequência dos atentados ocorridos em set./2001 encontra-se assinalada nas Figuras. A Figura 2.10 apresenta o índice CASI e o DJMSAE para um período de jan/03 a jun/04, quando há disponibilidade de dados do último índice. Este é um período mais recente quando os índices têm apresentado um comportamento semelhante de um modo geral.

Concluindo, o CASI pode ser considerado como um índice de referência para o setor aeroespacial, pois, por ser mais abrangente do que o *Satellite* e o DJUSAE, reflete o comportamento dos seus segmentos – satélite e aeronáutica – e, portanto, consegue descrever melhor a dinâmica interna deste setor.

Em comparação com índices mais tradicionais como o Nasdaq, o S&P500 e o DJIA, o CASI acompanha a tendência destes mercados, mas apresenta um retorno mais modesto, uma vez que estes são índices mais diversificados (Figura 2.11). Os valores dos índices foram ajustados de forma a todos iniciarem, em jan.1987, próximos do valor de base do CASI.

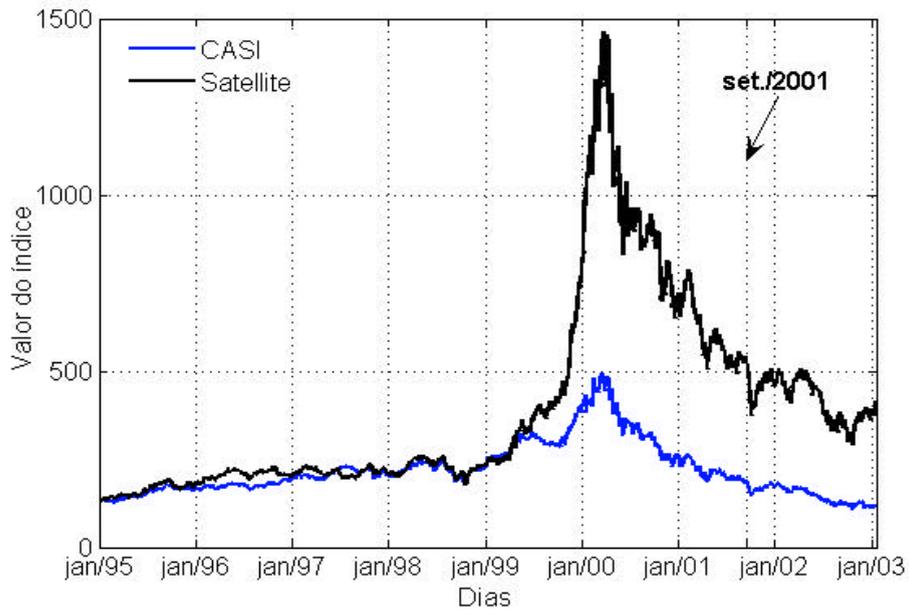


FIGURA 2.6 – Comparação entre os índices *Satellite* (preto) e CASI (azul) para o período entre jan./95 até dez./02.



FIGURA 2.7 – Comparação entre os índices *Satellite* (preto) e CASI-SAT (rosa) para o período de ago./99 até dez./02.

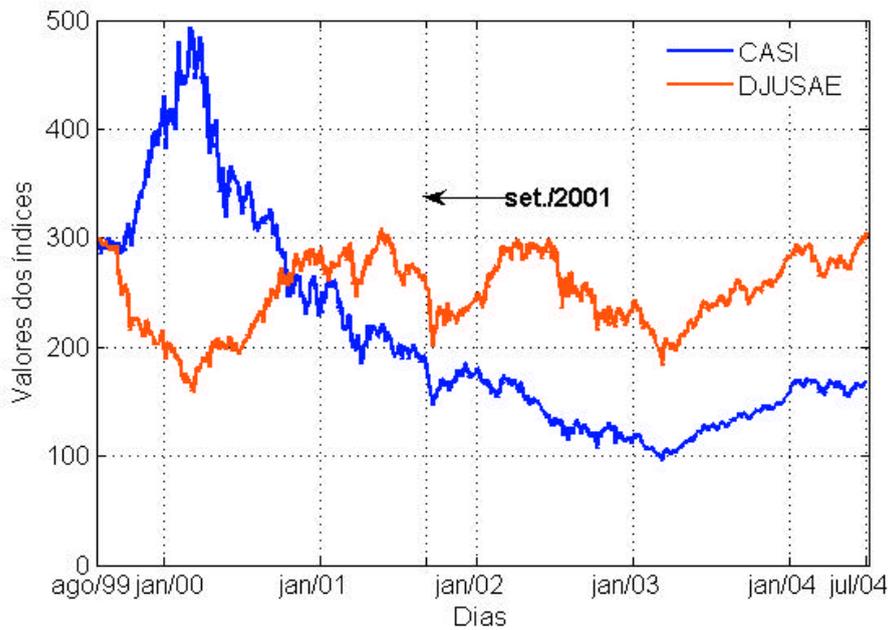


FIGURA 2.8 – Comparação entre os índices DJUSAE (vermelho) e CASI (azul) para o período entre ago./99 até jun./04.

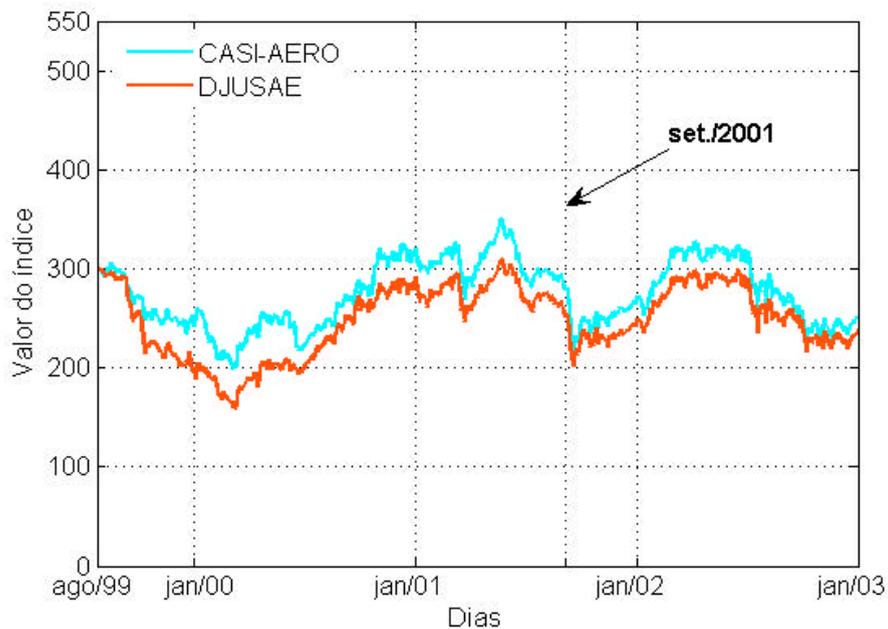


FIGURA 2.9 – Comparação entre os índices DJUSAE (vermelho) e CASI-AERO (azul) para o período de ago./99 até dez./02.

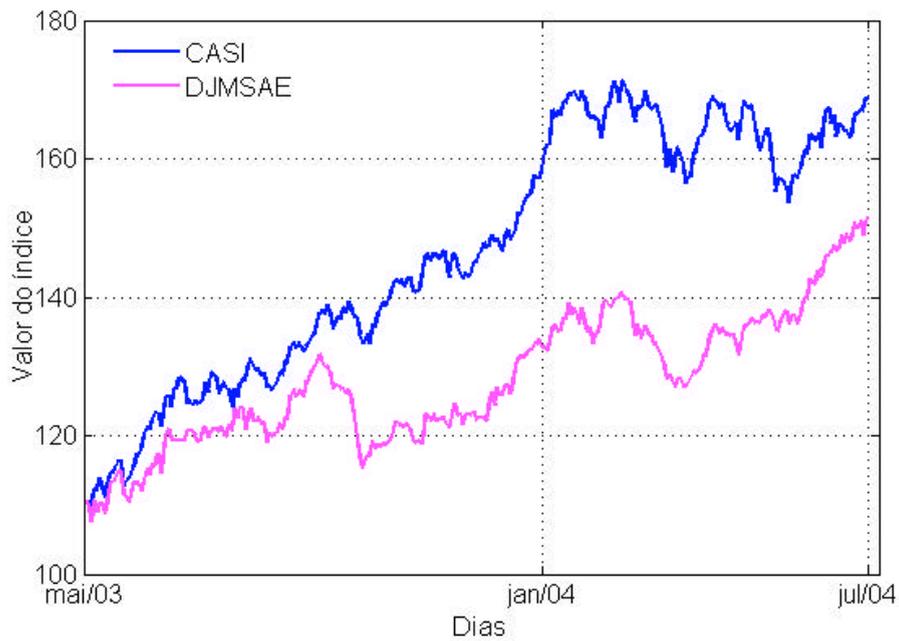


FIGURA 2.10 – Comparação entre os índices DJMSAE (rosa) e CASI (azul) para o período entre maio/03 até jun./04.

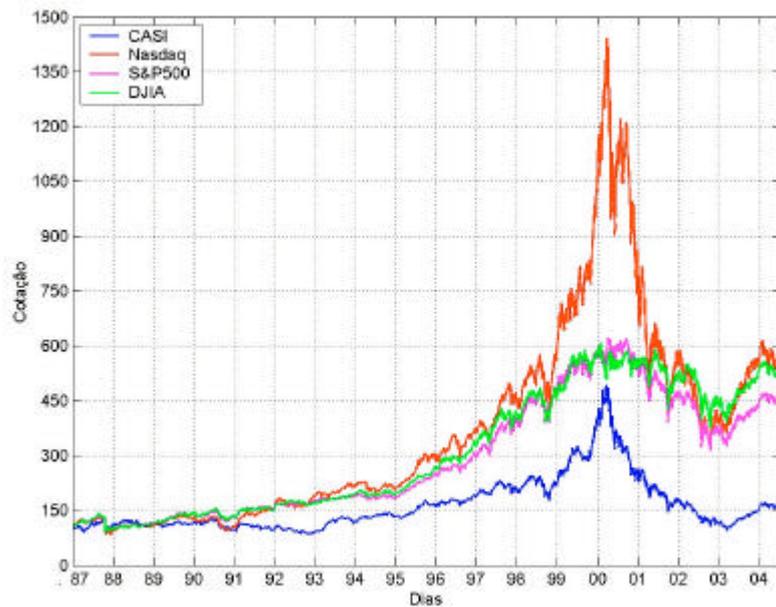


FIGURA 2.11 – Índice CASI (azul) e demais índices de mercado: Nasdaq (vermelho), S&P500 (rosa) e DJIA (verde).



## CAPÍTULO 3

### CARACTERÍSTICAS ESTATÍSTICAS DO CASI

Explorar as características empíricas dos retornos de uma série financeira, definidos através das Equações 1.1 e 1.2, é o primeiro passo para o entendimento da dinâmica de comportamento de um sistema altamente complexo, como é o caso do sistema financeiro, e para o controle do risco associado a uma carteira de ações. De um modo geral, são usadas quatro funções estatísticas para descrever as propriedades de uma série temporal: (a) funções geratrizes de momentos; (b) funções de densidade de probabilidade; (c) funções de autocorrelação; e (d) funções de densidade espectral de potência. O objetivo, neste Capítulo, é discutir algumas características estatísticas dos retornos do CASI e das ações que o compõem. A primeira parte deste Capítulo apresenta, de maneira breve, os conceitos teóricos das funções estatísticas citadas acima e utilizadas para analisar a série temporal do CASI. O Apêndice D apresenta uma breve revisão sobre caminho aleatório, modelos martingales e processo de Wiener. Na segunda parte, são apresentados os resultados obtidos com as séries temporais do CASI e de suas ações. São analisadas as quatro funções estatísticas acima descritas e a variedade apresentada no setor, definida como o desvio-padrão das variações de preços das ações ocorridas em um dia. Ainda, apresenta-se um estudo sobre como a correlação entre as empresas pode auxiliar na classificação de subsetores dentro do setor aeroespacial.

#### 3.1 – Funções Estatísticas

Um processo estocástico, ou aleatório, é uma seqüência de variáveis aleatórias definidas no mesmo espaço amostral e representa o conjunto de todos os resultados possíveis de um fenômeno (Parzen, 1964). Uma variável aleatória  $X$  é uma função que associa um número a cada ponto do espaço amostral (Clarke e Disney, 1979). Neste contexto, uma série temporal de preços pode ser pensando como a realização física de um processo aleatório. Quando um fenômeno físico é considerado em termos de processo aleatório,

as suas propriedades podem hipoteticamente ser descritas em qualquer instante de tempo calculando suas funções estatísticas (Bendat e Piersol, 1971).

No contexto da teoria de séries temporais, a função densidade de probabilidade (PDF) de dados aleatórios define a probabilidade de os dados assumirem determinados valores em qualquer instante de tempo (Bendat e Piersol, 1971). Grosso modo, é a frequência com que a variável aleatória  $X$  assume um valor dentro de um determinado valor. Por exemplo, considerando uma série histórica dos retornos dos preços de um ativo,  $S_i$ , a probabilidade de  $S_i$  assumir um valor entre  $S$  e  $S + \Delta S$  pode ser obtida por:

$$p(S_i) = \Pr ob[S \leq S_i \leq S + \Delta S] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N_S}{N}$$

onde  $N_S$  é o número de ocorrência dos valores de  $S_i$  entre  $S$  e  $S + \Delta S$  no período observado e  $N$  é o número total de observações. Para o caso discreto, a função densidade de probabilidade possui as seguintes propriedades (Clarke e Disney, 1979):

- $p(S_i) = 0$ , se  $S_i \neq S_0, S_1, S_2, \dots$
- $0 \leq p(S_i) \leq 1$ , para qualquer  $S_i$ ;
- $\sum_i p(S_i) = \sum_i \Pr[S = S_i] = 1$ .

Para o caso contínuo:

- $f(S) = 0$ , se  $S$ , não pertence ao domínio de  $S$ ;
- $f(S) \geq 0$ , para todo  $S$ ;
- $\int_{-\infty}^{\infty} f(S) dS = 1$ , para caso contínuo;
- $f(S)$ , é seccionalmente contínua.

A função distribuição de probabilidade acumulada (CDF) é dada por:

$$F(S_i) = \begin{cases} \sum_{S_i \leq S} p(S_i) & \text{para os casos discretos,} \\ \int_{-\infty}^{S_i} f(S) ds & \text{para os casos contínuos.} \end{cases} \quad (3.1)$$

Uma variável aleatória é usualmente caracterizada através da sua função distribuição. Entretanto, nem sempre é possível conhecer a PDF que determina o comportamento da variável aleatória. Neste caso, é importante o conhecimento de outras medidas descritivas dos dados. O valor esperado, ou esperança matemática, é uma destas medidas. Para uma variável aleatória discreta, o valor esperado é definido por (Bekman e Costa Neto, 2000):

$$E(S_i) = \sum_{i=1}^n S_i p_i \quad (3.2)$$

Esta medida fornece uma noção de média de  $S$ , quando o número de observações aumenta. Ou seja, é um parâmetro "em torno do qual" os valores se distribuem e que indica a localização do "centro" da distribuição (Clarke e Disney, 1979).

Da mesma maneira, a esperança matemática de uma função de potência,  $F(S) = S^k$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots$ , fornece medidas quantitativas de ordem  $k$ -ésima (momentos) que representam as características da variável aleatória e fornece uma descrição da intensidade da mesma. A esperança matemática da função  $F(S)$ , representada por  $m'_k$  é denominada o  $k$ -ésimo momento da distribuição de probabilidade e é dada por (Clarke e Disney, 1979):

$$m'_k = \langle S^k \rangle = E(S^k) = \begin{cases} \sum_i S_i^k p(S_i) & \text{para os casos discretos,} \\ \int_{-\infty}^{\infty} S^k f(S) dS & \text{para os casos contínuos.} \end{cases} \quad (3.3)$$

Para  $k = 1$ , obtém-se o momento de ordem um, ou média, definida na Equação 3.2. Quando  $E(S_i) \neq 0$ , a variável aleatória  $G = S_i - E(S_i)$  terá média nula, o que leva ao conceito de momentos centrados na média de ordem  $k$ ,  $\mathbf{m}_k$ , cuja definição é:

$$\mathbf{m}_k = \langle G^k \rangle = E(G^k) = \begin{cases} \sum_i (S_i - E(S_i))^k p(S_i) & \text{para os casos discretos,} \\ \int_{-\infty}^{\infty} (S - E(S_i))^k f(S) dS & \text{para os casos contínuos.} \end{cases} \quad (3.4)$$

Se a média,  $E(S_i)$ , for igual a zero, as Equações 3.3 e 3.4 tornam-se iguais.

O momento centrado na média mais conhecido é o segundo, denominado variância, usualmente representada pelo símbolo  $\mathbf{s}^2$ , e que é igual ao quadrado do desvio padrão (Bekman e Costa Neto, 2000):

$$\mathbf{m}_2 = \mathbf{s}^2 = \begin{cases} \sum_i S_i^2 p(S_i) - E(S) & \text{para os casos discretos,} \\ \int_{-\infty}^{\infty} S^2 f(S) dS - E(S) & \text{para os casos contínuos.} \end{cases} \quad (3.5)$$

A variância fornece uma idéia da variabilidade da variável aleatória. Se os valores da variável aleatória  $S$  forem distantes da média, a variância,  $\mathbf{s}^2$ , será grande e representará uma distribuição “dispersa”. Entretanto, se  $S$  assume valores próximos à média, então a variância,  $\mathbf{s}^2$ , será pequena e representará uma distribuição concentrada. Como já mencionado no Capítulo 1, a variância ou, mais precisamente, o desvio-padrão, definido como  $\mathbf{s} = \sqrt{\mathbf{m}_2}$ , é usualmente utilizado, no mercado financeiro, como uma medida de risco de um ativo e/ou carteira e é, neste caso, chamado de volatilidade.

O grau de desvio ou afastamento do eixo de simetria de uma distribuição é chamado de assimetria, ou *skewness*. Este parâmetro pode ser definido usando o terceiro momento centrado na média e o desvio padrão :

$$Skew = \frac{\mathbf{m}_3}{\mathbf{s}^3} \quad (3.6)$$

onde  $m_3$  é o terceiro momento com relação a media e  $S$  é o desvio padrão. Uma vez que a *skewness* mede o quanto uma distribuição de probabilidade é simétrica, quando seu valor for maior do que zero significa que a distribuição tem asa positiva maior; e o oposto, quando a *skewness* for negativa, significa que possui asa negativa mais longa. Uma distribuição que é simétrica tem o valor da *skewness* igual a zero. Dentro deste conceito, um investidor avesso ao risco, não apreciará uma *skewness* negativa.

O quarto momento central dividido pela quarta potência do desvio padrão é chamada de curtose, *Kurt*:

$$Kurt = \frac{m_4}{S^4} \quad (3.7)$$

onde  $m_4$  é o quarto momento com relação a media e  $S$  é o desvio padrão.

A curtose mede o grau de achatamento de uma distribuição de probabilidade. A distribuição normal padrão tem curtose igual a três. Assim, uma curtose menor do que três significa que a distribuição de probabilidade é mais “achatada” do que a distribuição normal padrão, ou platicúrtica. Por outro lado, uma distribuição com curtose maior do que três pode ser caracterizada como sendo mais “pontuda” do que a distribuição normal padrão e é chamada de leptocúrtica. Uma curtose mais elevada significa que parte da variância é devido à existência de valores extremos não freqüentes, ao contrário de ocorrências mais freqüentes de valores menores. Desta forma, um investidor avesso a risco receará uma distribuição com curtose alta, ou seja, quando os retornos estão longe da média e, principalmente, se possuir assimetria negativa.

Para analisar a dependência (relação) entre os valores dos dados em tempos diferentes, utiliza-se a função de autocorrelação. Esta função mede a correlação de uma variável com ela mesma ao longo do tempo e se o processo possui algum componente periódico. Para estimar a autocorrelação entre os dados de uma série temporal, calcula-se a média do produto dos valores da série de dados,  $S(t)$  nos instantes de tempo  $t_1$  e  $t_2$  (Bendat e Piersol, 1971). Desta forma, é possível medir o grau de semelhança existente no sinal à

medida que o tempo passa (Brockwell e Davis, 1996). A função de autocorrelação é dada por:

$$R_S(t_1, t_2) = E[S(t_1)S(t_2)] \quad (3.8)$$

Quando  $t_2 - t_1 = 0$ , a função de autocorrelação,  $R_S(t_2, t_1)$  alcança o valor máximo. A função de autocorrelação é sensível à média do processo: quando  $E(S) \neq 0$ , a função de autocorrelação é dada por:

$$R_S(t_1, t_2) = C_S(t_1, t_2) - E[S(t_1)E(S(t_2))] \quad (3.9)$$

onde  $C_S(t_1, t_2)$  é a função de autocovariância entre os valores  $S(t_1)$  e  $S(t_2)$  e é dada por:

$$C_S(t_1, t_2) = E[(S_{t_1} - E(S))(S_{t_2} - E(S))] \quad (3.10)$$

Um segundo método para calcular as propriedades de autocorrelação de um processo é a análise da função de densidade espectral de potência (Liu et al, 1999). A função de densidade espectral de potência (PSD) de um processo aleatório descreve a composição geral da frequência dos dados em termos de seus valores médios quadrados. O valor médio quadrado de uma série temporal em uma faixa de frequência entre  $f$  e  $f + \Delta f$  pode ser obtido filtrando os dados com um filtro passa-banda e calculando a média do produto quadrado do filtro. A função é dada por (Bendat e Piersol, 1971):

$$PSD_S(f, \Delta f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T S^2(t, f, \Delta f) dt \quad (3.11)$$

onde:

$S^2$  é a quantidade de  $S(t)$  na faixa de frequência de  $f$  até  $f + \Delta f$ .

Uma importante propriedade da função densidade espectral de potência é a relação com a função de autocorrelação. Especificamente, para processos estocásticos estacionários, a relação entre as duas funções é dada pela transformada de Fourier da função de autocorrelação (Bendat e Piersol, 1971):

$$PSD(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R(t) e^{-i2\pi f t} dt \quad (3.12)$$

Na próxima Seção serão apresentados os resultados da análise das características estatísticas da série do CASI e das ações que o compõem.

### 3.2 - Propriedades Estatísticas do CASI

Nesta Seção, são apresentados os resultados empíricos obtidos ao se estudar as séries do índice CASI e das ações que o compõem, no período de jan./1987 a junho/2004. As séries foram estudadas sob dois aspectos: analisando a diferença de preços,  $S(\Delta t)$ , dada pela Equação 1.2 ; e a evolução de preços do índice,  $Y_t$ , no período.

#### 3.2.1 - Função Densidade de Probabilidade

Por razões de simplicidade, a hipótese de normalidade é, em geral, utilizada no mercado para explicar a dinâmica de comportamento do mercado financeiro e na qual se baseiam os principais modelos usados no mercado. Entretanto, os estudos na área mostram que as séries financeiras apresentam, na realidade, asas mais largas que as correspondentes a uma distribuição Gaussiana (Mandelbrot, 1963; Mantegna e Stanley, 2000; Ramos et al, 2001). Este é um ponto importante, pois se os dados não forem normalmente distribuídos, a utilização da variância como medida de risco é comprometida, pois não poderá refletir toda a incerteza da carteira.

Este comportamento é confirmado analisando as curvas apresentadas nas Figuras 3.1 e 3.2. A Figura 3.1 mostra, em escala semi-logarítmica, o histograma das diferenças logarítmicas diárias de preços ( $S$ ) do CASI em comparação com a distribuição Gaussiana. É visível que a curva com os dados estudados apresenta características leptocúrticas - mais *pontuda* no centro - e asas mais largas do que a distribuição Gaussiana. Assim, a premissa deste trabalho é que o movimento dos preços de um ativo comporta-se como uma variante mais complexa da difusão clássica, onde as variações de preço não seguem uma distribuição Gaussiana, e sim distribuições com asas mais

largas. Neste caso, as propriedades estatísticas dos preços dependerão dos expoentes que caracterizam a lei de potência desta distribuição.

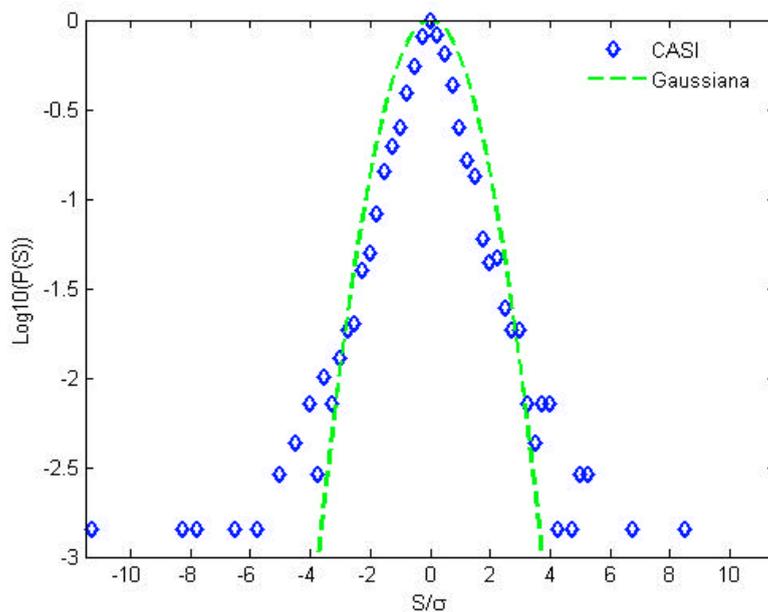


FIGURA 3.1 – Histograma das diferenças logarítmicas diárias de preços do CASI (azul) e função Gaussiana (verde).

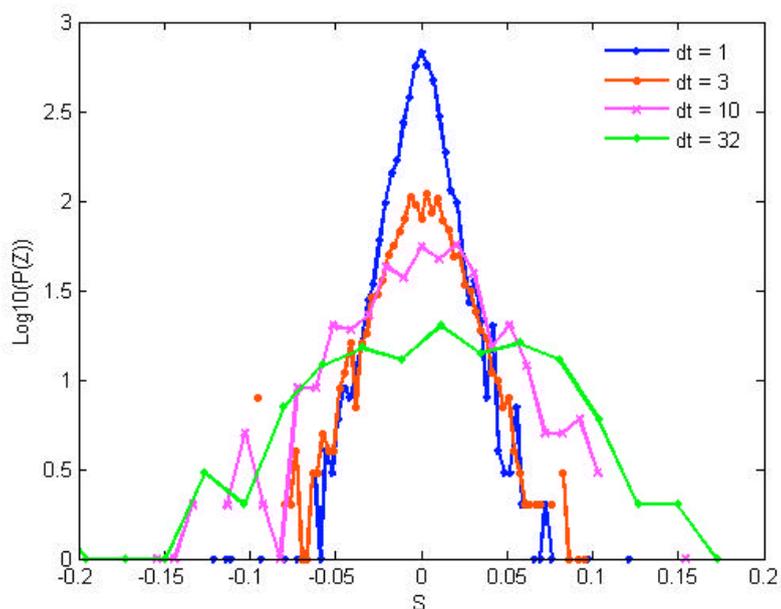


FIGURA 3.2 – Histograma dos retornos logarítmicos diários ( $S$ ) para  $Dt = 1$  dia (azul),  $Dt = 3$  dias (vermelha),  $Dt = 10$  dias (rosa) e  $Dt = 32$  dias (verde).

A Figura 3.2 mostra os histogramas dos retornos (escala semi-logarítmica) das diferenças logarítmicas diárias de preços ( $S$ ) do CASI variando o intervalo de tempo ( $Dt = 1, 3, 10$  e  $32$  dias). A curva mais alta (azul) e a mais baixa (verde) referem-se às funções distribuições de  $S$  para  $Dt = 1$  e  $32$  dias, respectivamente, sendo as demais curvas referentes aos demais conjuntos de dados com diferença de  $Dt$ . Pode-se perceber, como mostrado em outros estudos (Ghashghaie et al, 1996, Mantegna e Stanley, 2000, Ramos et al, 2001, Mattedi et al, 2002), uma transição do comportamento próximo a de uma distribuição Gaussiana, com  $Dt$  maiores, para uma distribuição com forma mais leptocúrtica, à medida que  $Dt$  diminui, como nos processos aleatórios.

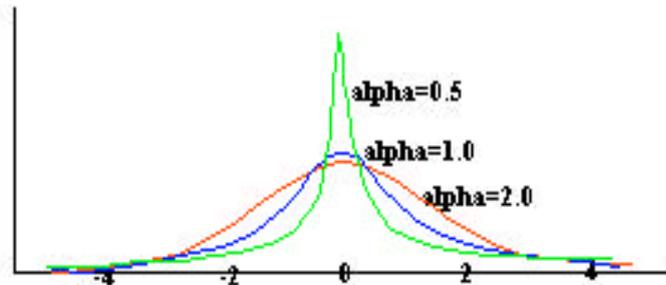
As duas próximas Seções apresentam as distribuições de Levy e Tsallis, como alternativa para modelar o comportamento dos preços e com as quais será comparada a distribuição dos dados.

### 3.2.1.1 - Distribuições Estáveis de Levy

As distribuições estáveis de Lévy têm sido um instrumento útil para modelar sistemas observados em diferentes áreas, como física, biologia, economia, entre outros. O matemático Paul Lévy foi o pioneiro no estudo detalhado das propriedades destes processos estocásticos e, em função disso, costuma-se chamá-los de processos de Lévy (Mantegna e Stanley, 2000). Em 1937, Levy mostrou que a soma de  $n$  variáveis aleatórias independentes regidas por uma distribuição de probabilidade caracterizada por asas que seguem uma lei de potência ( $Pr(x > u) \propto |x|^{-\alpha}$ ) convergem para uma distribuição estável que passou a ser chamada de distribuição de Levy (Mandelbrot, 1963). Estas distribuições são caracterizadas por poderem apresentar momentos divergentes (infinitos) e sua forma analítica é conhecida apenas para alguns conjuntos de valores dos parâmetros e são apresentadas através de sua função característica,  $\varphi(q)$ , (Mandelbrot, 1963; Gopikrishanan et al, 1999; Mantegna e Stanley, 2000):

$$\ln j(l) = \begin{cases} i\mathbf{m}l - \mathbf{g}[l]^a \left[ 1 + i\mathbf{b} \frac{l}{|l|} \operatorname{tg}\left(\frac{\mathbf{p}}{2} \mathbf{a}\right) \right] & \mathbf{a} \neq 1 \\ i\mathbf{m}l - \mathbf{g}[l] \left[ 1 + i\mathbf{b} \frac{l}{|l|} \frac{2}{\mathbf{p}} \ln|l| \right] & \mathbf{a} = 1 \end{cases} \quad (3.13)$$

onde:  $0 < \alpha \leq 2$  é chamado de *expoente de Pareto* ou *índice de estabilidade* e relaciona-se com a altura do pico da distribuição,  $\gamma$  é o fator de escala positivo e  $q$  é a variável da transformada de Fourier. A Figura 3.3 mostra alguns exemplos da distribuição estável de Levy para diferentes parâmetros. Se  $\alpha = 2$ , tem-se uma distribuição Gaussiana e, se  $\alpha = 1$ , tem-se uma distribuição de Lorenz.



by Thayer Watkins

FIGURA 3.3 – Distribuições estáveis para diferentes valores do parâmetro  $\alpha$ .  
 FONTE: [www2.sjsu.edu/faculty/watkins/stable.htm](http://www2.sjsu.edu/faculty/watkins/stable.htm).

A função de densidade de probabilidade de uma distribuição de Levy, simétrica de média igual a zero, é dada por:

$$PL_{a, \mathbf{g}}(x) = \frac{1}{\mathbf{p}} \int_0^{\infty} e^{-\mathbf{g}|q|^a} \cos(lx) dq \quad (3.14)$$

Para  $\gamma = 1$  e  $x \gg 1$ , a Equação 3.14 segue um comportamento de lei de potência do tipo (Mantegna e Stanley, 2000):

$$PL_a(x) \sim \frac{\Gamma(1+a) \sin\left(\mathbf{p} \frac{\mathbf{a}}{2}\right)}{\mathbf{p}|x|^{1+a}} \sim |x|^{-(1+a)} \quad (3.15)$$

Muito embora as distribuições de Lévy sejam estáveis e a parte central da distribuição parece modelar bem os dados reais, ainda persiste o problema da divergência do segundo momento (Castiglione e Bernaschi, 2001). Para resolver este problema, alguns autores (Mantegna e Stanley, 2000; Matacz, 2000) têm proposto a distribuição de Lévy truncada (TLF), definida como:

$$P(X) = \begin{cases} 0 & x > l \\ cPL(x) & -l \leq x \leq l \\ 0 & x < -l \end{cases} \quad (3.16)$$

onde:  $PL(x)$  é uma distribuição estável, simétrica de Lévy, de índice  $\alpha$  e fator de escala  $\gamma$ ;  $c$  é uma constante de normalização e  $l$  é o valor do comprimento do segmento onde os dados são truncados (Mantegna e Stanley, 2000).

Uma outra classe de distribuição recentemente utilizada (Ramos et al, 1999, 2000 e 2001; Michael e Johnson, 2003; e Mattedi et al, 2002) para a modelagem de ativos financeiros são as distribuições generalizadas de Tsallis que será apresentada a seguir.

### 3.2.1.2 - Distribuição de Tsallis

A generalização da entropia de Boltzmann-Gibbs foi proposta por Tsallis e é definida como (Tsallis, 1988; Tsallis et al, 1995):

$$S_q(p(x)) = \frac{1 - \int p^q(x) dx}{q - 1} \quad (3.17)$$

onde o parâmetro  $q$  caracteriza a não-extensividade da entropia: quando  $q \rightarrow 1$  corresponde à entropia descrita por Boltzmann-Gibbs. A maximização de  $S_q(p(x))$  sujeira a vínculos apropriados fornece a distribuição generalizada de Tsallis:

$$p_q(x) = \frac{[1 - \mathbf{b}(1 - q)x^2]^{1/(1-q)}}{Z_q} \quad (3.18)$$

onde  $Z_q$  é um fator de normalização que, para  $1 < q < 3$ , é dado por (Bolzan et al, 2002):

$$Z_q \equiv \left[ \frac{\mathbf{p}}{\mathbf{b}(q-1)} \right]^{1/2} \frac{\Gamma((3-q)/2(q-1))}{\Gamma(1/(q-1))} \quad (3.19)$$

Os momentos para esta distribuição podem ser obtidos por:

$$\langle |x^n| \rangle = \left( a^n \frac{B(\mathbf{f}_n, \mathbf{c}_n)}{B(\mathbf{f}_0, \mathbf{c}_0)} \right) \quad (3.20)$$

onde:

$$a = \left( \frac{l}{\mathbf{b}} \right)^{1/2} \quad B(\mathbf{f}_n, \mathbf{c}_n) = \frac{\Gamma(\mathbf{c}_n) \Gamma(\mathbf{f}_n)}{\Gamma(\mathbf{f}_n + \mathbf{c}_n)} \quad e$$

$$l = \frac{1}{(q-1)} \quad \mathbf{c}_n = l - \frac{1+n}{2} \quad \mathbf{f}_n = \frac{(1+n)}{2}$$

O segundo momento,  $\langle x^2 \rangle$ , é dado por:

$$\langle x^2 \rangle = \begin{cases} \frac{1}{(5-3q)\mathbf{b}} & , \quad q < 5/3 \\ \infty & , \quad q \geq 5/3 \end{cases}$$

O parâmetro  $q$  dentro do intervalo  $1 < q < 5/3$  garante que a variância da distribuição seja finita.

$$\text{Para } \langle x^2 \rangle = 1 \quad \mathbf{b} = \frac{1}{(5-3q)}$$

Como observado na Figura 3.2, a distribuição dos dados tende para uma distribuição Gaussiana a medida que  $Dt$  aumenta. Usando este resultado, é possível determinar o parâmetro  $q$  da distribuição generalizada de Tsallis em função do intervalo de tempo. O gráfico da Figura 3.4 apresenta o valor de  $q$  alcançado em função de  $Dt$  (1 até 100 dias) e a curva de ajuste para estes dados. A equação desta curva nos permite calcular o  $q$  para o intervalo de tempo desejado. Para  $Dt = 1$  dia,  $q = 1,49$ .

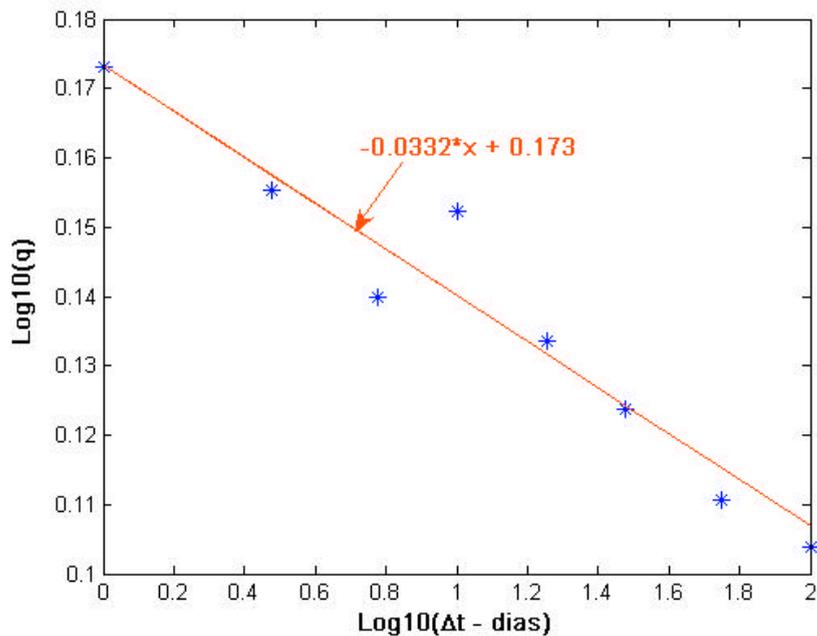


FIGURA 3.4 – Parâmetro  $q$  da distribuição generalizada de Tsallis variando o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ).

As Figuras 3.5 a 3.8 comparam os histogramas dos retornos do CASI com as distribuições: Gaussiana (verde), Levy (rosa); e Tsallis (vermelha). A duas primeiras, a Figura 3.5 em escala linear-log e a Figura 3.6, a qual mostra um detalhe das extremidades (asas) direita e esquerda das distribuições, em escala linear-linear, referem-se aos retornos diários do CASI. Neste caso, os parâmetros utilizados para a distribuição de Levy foram:  $\alpha = 1,5$  e  $\gamma = 0,5$ ; e para a distribuição de Tsallis,  $q = 1,49$ . Os parâmetros da distribuição de Levy foram achados utilizando o método dos mínimos quadrados para o cálculo do erro. O programa utilizado para o cálculo da função de densidade de probabilidade da Levy foi o “stable.exe”, desenvolvido por P. Nolan (vide informações na Referência Bibliográfica). As Figuras 3.7 e 3.8 apresentam as mesmas curvas para o intervalo de tempo de três e 18 dias, respectivamente. Os valores de  $\alpha$  e  $\gamma$  que fornecem uma distribuição de Levy que melhor se ajustaram aos dados reais para o intervalo de tempo de três dias foram:  $\alpha = 1,5$  e  $\gamma = 0,5$ ; e para 18 dias:  $\alpha = 1,5$  e  $\gamma = 0,9$ . Para a distribuição de Tsallis, os valores do parâmetro  $q$  foram 1,41 e 1,34, para os intervalos de três e 18 dias, respectivamente.

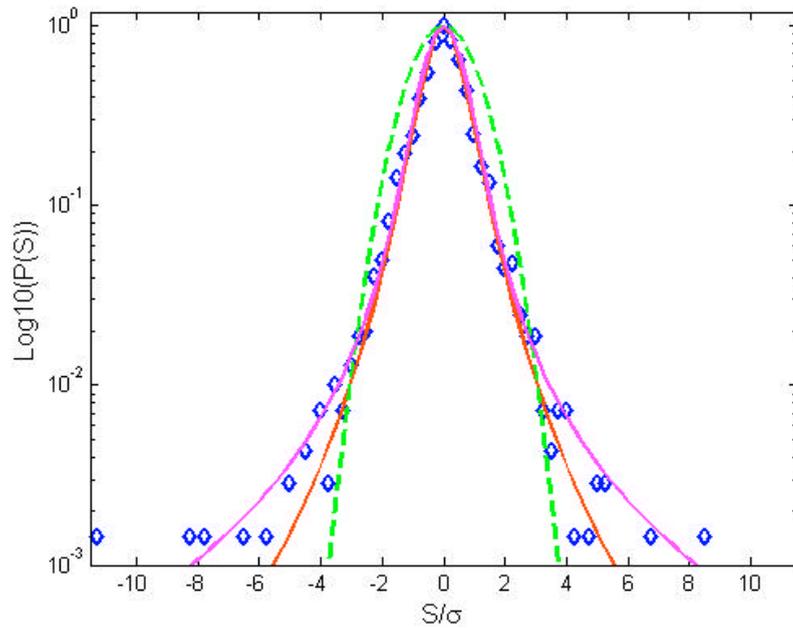


FIGURA 3.5 – Histogramas, em escala linear-log, dos retornos diários normalizados do CASI (azul) em comparação com as distribuições: Gaussiana (verde); Tsallis com  $q = 1,49$  (vermelha); e Levy com  $\alpha = 1,5$  e  $\gamma = 0,5$  (rosa).

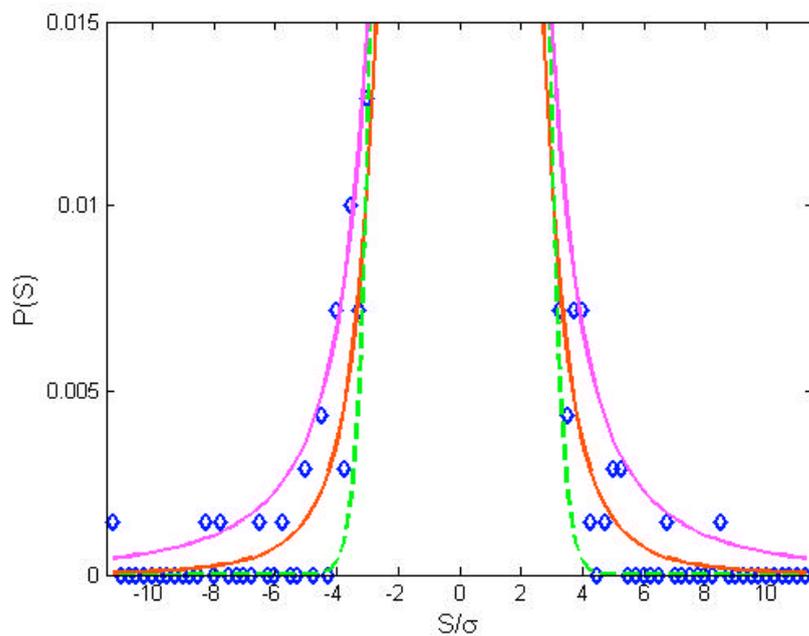


FIGURA 3.6 – Detalhe das extremidades (asas) direita e esquerda das distribuições apresentadas na Figura 3.5 (escala linear-linear).

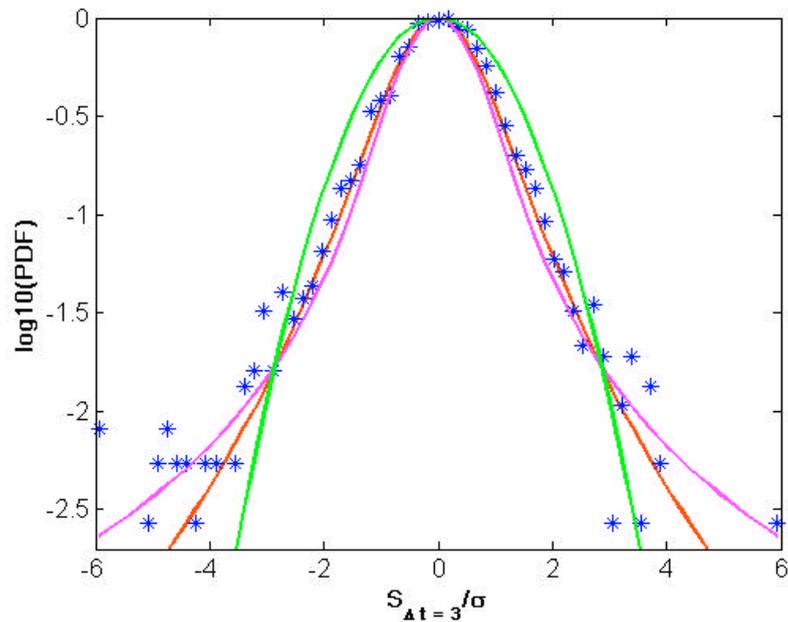


FIGURA 3.7 – Histogramas, em escala linear-log, dos retornos a cada três dias normalizados do CASI (azul) em comparação com as distribuições: Gaussiana (verde); Tsallis com  $q = 1,41$  (vermelha); e Levy com  $\alpha = 1,5$  e  $\gamma = 0,5$  (rosa).

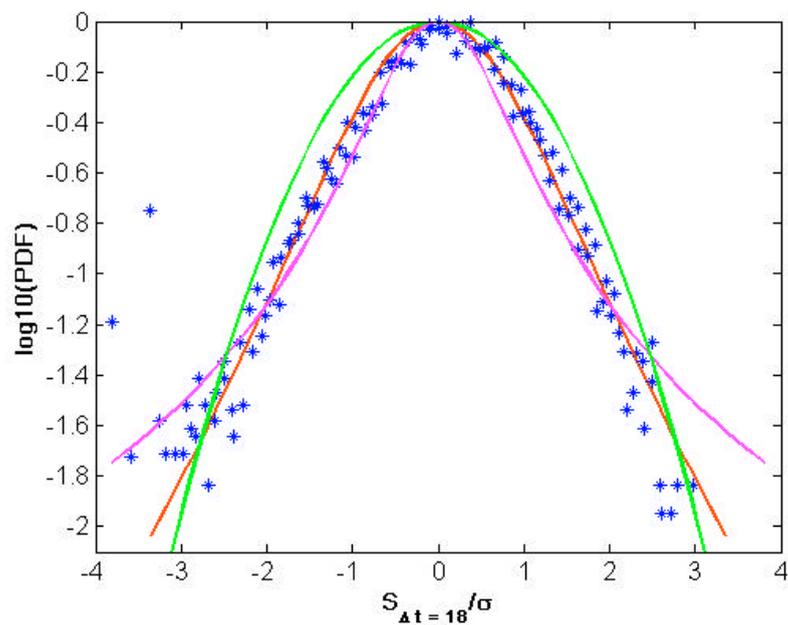


FIGURA 3.8 – Histogramas, em escala linear-log, dos retornos a cada 18 dias normalizados do CASI (azul) em comparação com as distribuições: Gaussiana (verde); Tsallis com  $q = 1,34$  (vermelha); e Levy com  $\alpha = 1,5$  e  $\gamma = 0,9$  (rosa).

Como já discutido anteriormente, os dados reais apresentam uma natureza mais leptocúrtica e com asas mais largas do que a função distribuição Gaussiana (verde). A distribuição estável de Lévy (rosa) se ajusta melhor aos dados na parte central da curva, assim como a distribuição de Tsallis (vermelha). Com relação à região das asas das distribuições, tanto a Levy quanto a Tsallis apresentam melhor ajuste do que a distribuição Gaussiana. A distribuição de Levy tende a valores superiores aos dados reais. Ou seja, mesmo quando ocorrem as grandes variações de preços no mercado, a distribuição dos dados reais ainda apresenta variância finita, o que não ocorre com a distribuição de Levy. Como mostrado em outros estudos (ver Ramos et al (1999), Michael e Johnson (2003), Mattedi et al (2002)), a distribuição generalizada de Tsallis apresenta bom ajuste a índices do mercado financeiro, ações ou moedas. Em particular, o índice CASI é bem descrito pela distribuição generalizada de Tsallis, incluindo a região das asas da curva, apesar de apresentar baixa probabilidade para eventos extremos.

O valor do parâmetro  $q$  dependerá da escala (intervalo de tempo -  $\Delta t$ ) que se pretende estudar: para dados de alta frequência o valor de  $q$  tende ao limite da transição para o regime superdifusivo ( $q = 5/3$ ). À medida que aumenta a escala trabalhada, o valor de  $q$  tenderá para 1, valor em que a distribuição de Tsallis se iguala a Gaussiana.

### **3.2.2 - Momentos dos Retornos do CASI**

Para o estudo da série de dados CASI, foram calculados os valores dos quatro primeiros momentos centrados na média (Equação 3.4), os quais são mostrados na Tabela 3.1.

Uma hipótese que é geralmente assumida nos modelos financeiros é que o valor médio da série financeira é igual a zero. De fato, os valores mostrados na Tabela 3.1 são positivos e em torno de zero, o que sugere que quantidade seja aproximadamente zero. Este resultado é consistente com a teoria desenvolvida por Bachelier, quando afirmou que a “expectativa do mercado é zero” (Courtault et al, 2000).

TABELA 3.1 – Momentos da variação logarítmica de preços ( $S$ ) do índice CASI.

Momentos	Intervalos de tempo ( $\Delta t$ )				
	1	3	10	30	100
Média	1,18E-04	3,54E-04	1,17E-03	3,38E-03	1,16E-02
Variância	2,00E-04	5,88E-04	1,73E-03	6,72E-03	2,07E-02
Curtose	10.06	5.46	2.01	1.24	0.19
Assimetria	-0.38	-0.77	-0.48	-0.46	0.07

A variância, ou mais especificamente, o desvio-padrão, como ressaltado no Capítulo 1, é comumente usado como medida de risco nos movimentos dos preços de um ativo. Esta medida é, na teoria financeira, referida como volatilidade. Uma noção até certo ponto intuitiva é que quanto maior o período analisado maior será a volatilidade presente. Isso é comprovado pelos dados da Tabela 3.1, que mostra que quanto maior o intervalo de tempo, maior a volatilidade.

Em geral, a volatilidade das ações do setor de tecnologia é mais alta do que daquelas empresas tradicionais. Isto é mostrado na Figura 3.9, que apresenta as séries da volatilidade média anualizada dos índices CASI, Nasdaq, DJIA e S&P500. A volatilidade anualizada foi calculada como o desvio-padrão dos retornos em uma janela deslizante de 21 dias (aproximadamente um mês) multiplicada pela raiz quadrada do número médio de dias úteis no ano (Schwert, 2001):

$$s_{anual}(S) = \left[ \frac{253}{20} \sum_{i=1}^{21} (S_i - m)^2 \right]^{1/2} \quad (3.21)$$

A volatilidade apresentada pelos índices DJIA e S&P500 é menos intensa do que aquela apresentada pelos índices CASI e Nasdaq. O pico no início em todos os gráficos refere-se ao mini-crash de 1987. Nota-se também uma volatilidade maior nos índices Nasdaq e CASI, no final do período analisado, o qual refere-se à crise das empresas de tecnologia, já mencionada anteriormente, e mais branda para os índices DJIA e S&P500, mais diversificados.

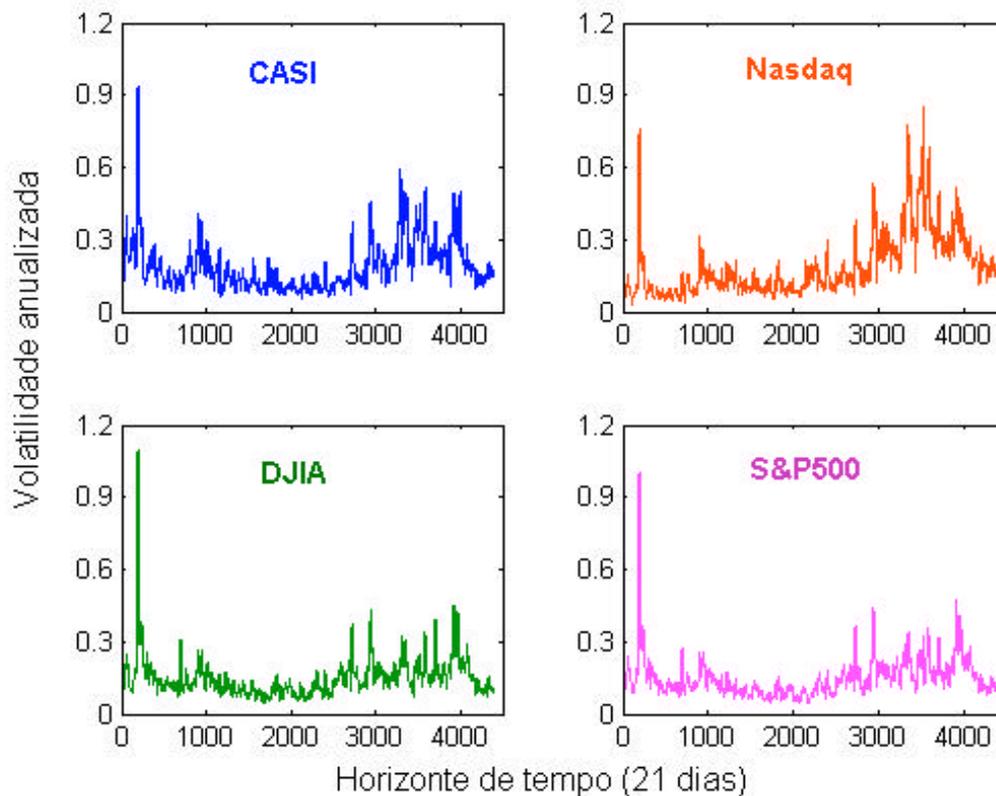


FIGURA 3.9 – Volatilidade anualizada para uma janela deslizante de 21 dias, no período de jan./1987 a jun./2004 para os índices: CASI (azul); Nasdaq (vermelho); DJIA (verde); e S&P500 (rosa).

Comparando a volatilidade entre os índices de tecnologia (Figura 3.10), no período entre ago./1999 a dez./2002, deve-se notar que o índice *Satellite* é o que, como o Nasdaq, sofre maior volatilidade com a crise das empresas de tecnologia, indicando que possivelmente a maioria de suas empresas fazem parte deste mercado. Os índices CASI e DJUSAE tiveram uma reação mais branda no mesmo período, possivelmente por possuírem no seu cálculo empresas de grande porte e, portanto, menos vulnerável a crises.

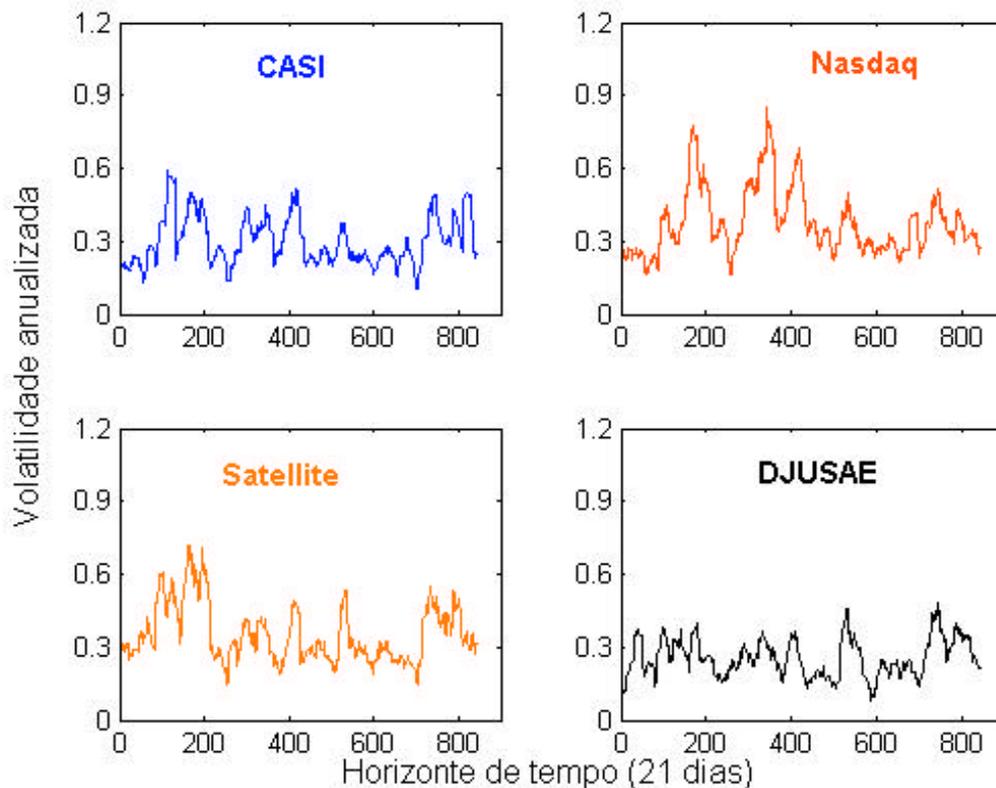


FIGURA 3.10 – Volatilidade anualizada para uma janela deslizante de 21 dias, no período de ago./1999 a dez./2002 para os índices: CASI (azul); Nasdaq (vermelho); *Satellite* (laranja); e DJUSAE (preto).

Quanto à simetria, existe evidência, ao observar os histogramas dos retornos (ver Figura 3.2), que as distribuições são simétricas. Entretanto, ao observarmos os valores de assimetria contidos na Tabela 3.1, encontramos que estes valores são próximos de zero e não iguais a zero. Portanto, para testar a simetria, foi criado o Gráfico de Simetria que se baseia na comparação das distâncias dos quantis  $Q(\alpha)$  e  $Q(1-\alpha)$  com respeito à mediana. Os quantis são uma forma de divisão da distribuição em classes com o mesmo número de elementos. Se os dados apresentarem simetria, as distâncias dos quantis terão o mesmo valor, assim tem-se uma reta de inclinação igual a um (Torres et al, 2002). As distâncias foram estimadas por:  $u_i = m - S_i$ , para o quantil inferior; e  $n = S_{(n-i+1)} - m$ , para o quantil superior, onde  $n$  é o número de observações,  $m$  é a mediana.

A Figura 3.11 mostra o gráfico dos pares  $(u, n)$ . Pode-se observar que a série é de fato aproximadamente simétrica, com exceção dos pontos mais distantes. Existe uma

concentração de dados próximos à mediana, no intervalo de 0 até 0,06. Estes pontos representam as pequenas flutuações na série de dados e possuem simetria muito próxima a zero – estão alinhados sobre a reta cuja inclinação é igual a um. Isto significa que a expectativa de retorno, neste intervalo, é próxima a zero (considerando que o valor médio é praticamente zero), como afirmado por Bachelier. Por outro lado, os valores mais distantes da mediana – de 0,06 até 0,16 – correspondem aos valores que se situam nas asas da distribuição. O gráfico apresentado na Figura 3.11 mostra, neste caso, uma assimetria negativa. Isso indica que as grandes variações ocorridas na amostra estão no lado esquerdo da distribuição. Considerando o tamanho da série e que os pontos que apresentam maiores desvios em relação à reta ideal de simetria são os valores mais extremos da asa, podemos concluir que existe uma evidência de que as distribuições dos retornos são aproximadamente simétricas e, portanto, podem ser tratadas como tais.

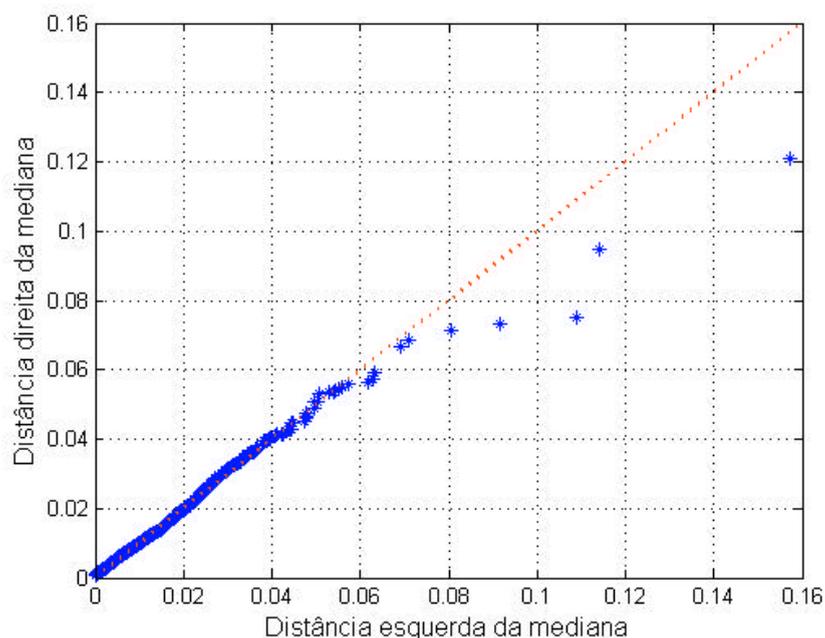


FIGURA 3.11 – Curva de assimetria para os retornos logarítmicos do CASI para  $Dt = 1$  (azul). A linha tracejada vermelha corresponde à situação ideal de simetria.

Com relação a curtose, pela Tabela 3.1, é possível verificar que os histogramas dos retornos do índice possuem curtose excessiva, em comparação com a distribuição

Gaussiana. Também é possível notar que os dados apresentam uma progressiva aproximação para o padrão Gaussiano à medida que o intervalo  $Dt$  aumenta. Com  $Dt = 1$  dia, o histograma possui uma curtose consideravelmente maior que 3, o valor esperado para um processo normal. Isto significa que os dados de uma série financeira possuem maior massa de probabilidade no centro e nas asas do que a distribuição Gaussiana. Esta característica, que corresponde a um excesso de grandes flutuações quando comparada a uma distribuição Gaussiana, é um fenômeno conhecido de intermitência – períodos de intensa atividade de volatilidade recorrente intercalados por períodos de calma relativa.

É importante salientar que os índices de tecnologia apresentaram expoentes relativamente diferentes – mais baixos – do que os índices tradicionais e/ou diversificados, indicando uma dinâmica de formação de preços diferente destes últimos. Ainda, considerando que os índices de tecnologia apresentam volatilidade maior, isso parece indicar a presença de efeito de memória mais longa nos seus padrões de volatilidade. Estas correlações tendem a apresentar períodos de volatilidade similares, mais do que variações abruptas na volatilidade intercaladas com períodos de calma.

As Figuras 3.12 e 3.13 mostram, em escala logarítmica, a variação da média, variância, curtose e a assimetria em função dos diferentes intervalos de  $Dt$ , do CASI e demais índices do setor aeroespacial (Figura 3.12) e do CASI e dos índices Nasdaq, DJIA e S&P500 (Figura 3.13). Os coeficientes angulares obtidos com o ajuste de retas nos gráficos são mostrados na Tabela 3.2 e na Tabela 3.3, respectivamente, e indicam um comportamento de lei de potência dos índices financeiros. Os dados utilizados no gráfico 3.12 (Tabela 3.2) referem-se ao período entre ago./99 e dez/02, quando há dados no mesmo período para os índices CASI, *Satellite* e DJUSAE. Por este motivo, existe uma diferença entre os valores dos coeficientes do CASI na Tabela 3.2 e Tabela 3.3.

A variância mostra um comportamento linear com relação ao intervalo  $Dt$  tanto para os índices do setor aeroespacial quanto para os demais, sendo que os coeficientes dos índices são muito próximos entre si. Mesmo assim, é possível verificar que os coeficientes da curtose e da variância dos índices dos setores de tecnologia intensiva

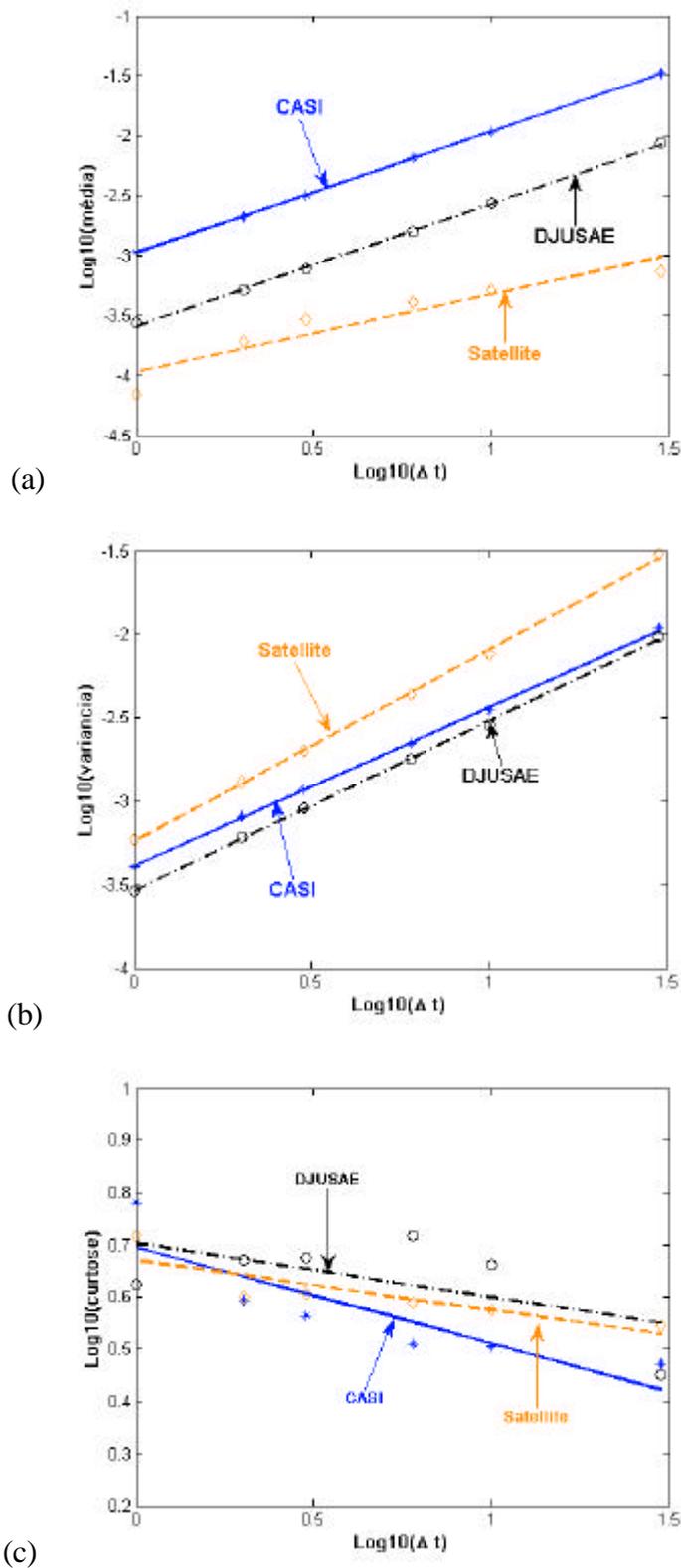


FIGURA 3.12 – Leis de potência: CASI (azul), *Satellite* (laranja) e DJUSAE (preto) variando o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ): (a) média; (b) variância; (c) curtose.

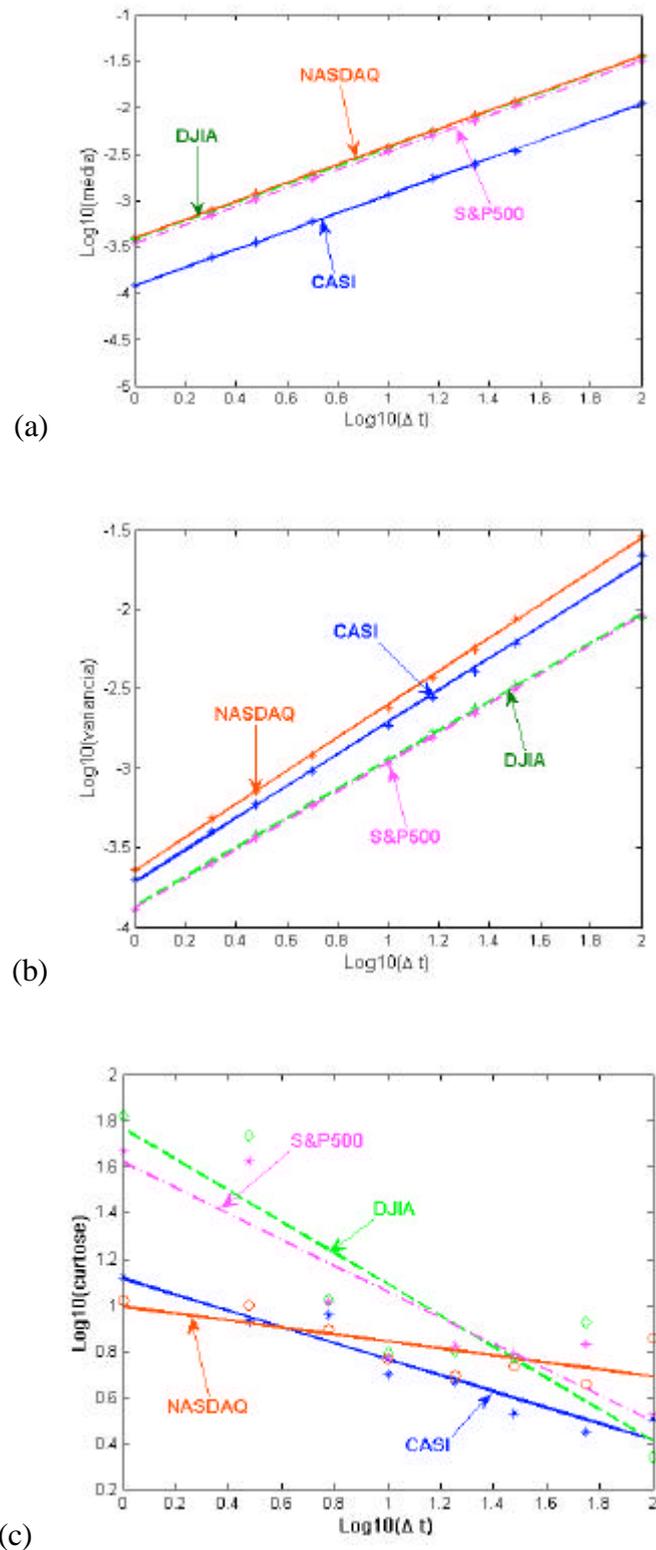


FIGURA 3.13 – Leis de potência: CASI (azul), Nasdaq (vermelho), DJIA (verde) e S&P500 (rosa) variando o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ): (a) média; (b) variância; e (c) curtose.

estão mais próximos entre si em comparação com os índices mais diversificados (S&P500 e DJIA). Estes últimos, exatamente por serem diversificados, apresentam uma variabilidade menor dos que os primeiros, os quais são compostos por empresas de maior risco.

TABELA 3.2 – Coeficientes Angulares: CASI e índices do setor aeroespacial.

	Índices		
	CASI	<i>Satellite</i>	DJUSAE
Média	1,01	0,72	0,99
Variância	0,97	1,18	1,03
Curtose	-0,18	-0,10	-0,10

TABELA 3.3 – Coeficientes Angulares: CASI e índices financeiros.

	Índices			
	CASI	S&P500	DJIA	NASDAQ
Média	0,99	1,00	1,00	1,00
Variância	1,00	0,91	0,90	1,06
Curtose	-0,36	-0,56	-0,67	-0,15

### 3.2.3 - Correlação dos Dados

Um ponto interessante sobre as séries financeiras diz respeito à verificação da existência ou não de autocorrelações nas séries de dados. Nesta subseção, apresentam-se os resultados obtidos da função de autocorrelação e da função de densidade espectral para os preços e variação de preços do CASI.

A Figura 3.14 apresenta a função de autocorrelação para a variação logarítmica de preço,  $S(Dt)$ , do CASI. Como esperado, a função de autocorrelação de  $S$  apresenta queda rápida inicial, evidenciando a inexistência de correlação entre os dados, o que é consistente com hipótese do comportamento Browniano para a variação de preço. O mesmo ocorre com a função de densidade espectral de  $S$ , apresentado na Figura 3.15. Para o cálculo da função de densidade espectral foi utilizada a função *PWELCH* do MatLab, que utiliza o método Welch.

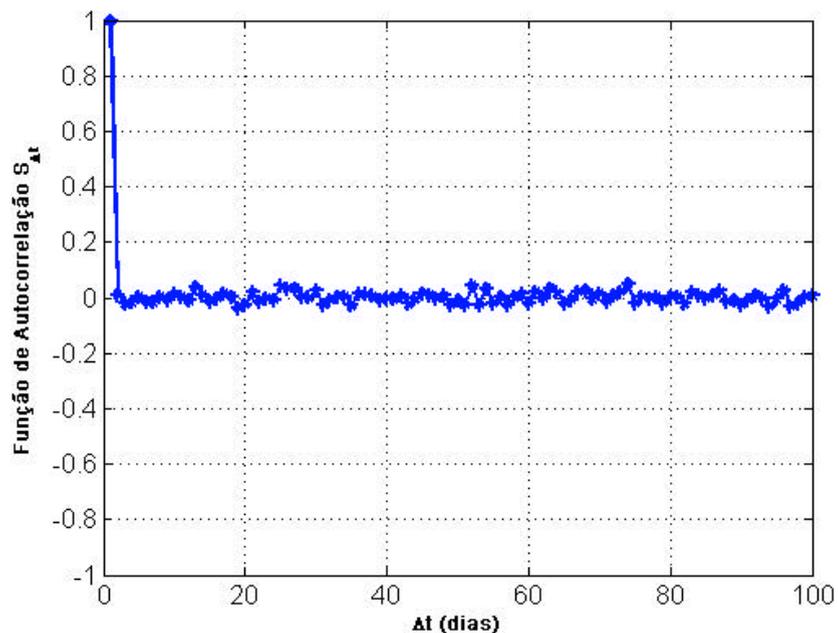


FIGURA 3.14 – Função de autocorrelação da variação logarítmica diária dos preços do CASI (S).

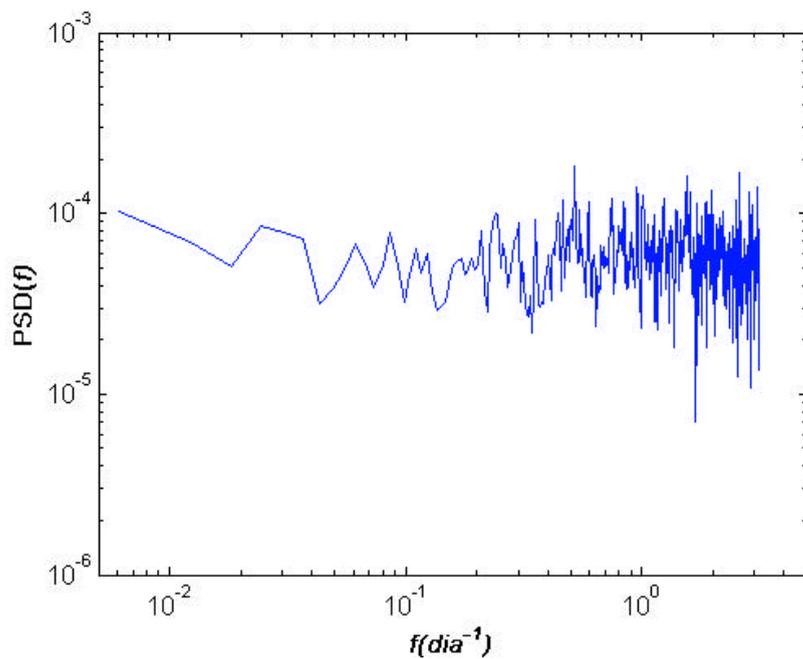


FIGURA 3.15 – Função densidade espectral da variação logarítmica dos preços do CASI

Ambos os gráficos confirmam os resultados de outros estudos (Liu et al, 1999; Ausloos e Ivanova, 2001) de que a dinâmica da variação de preço de um ativo financeiro se

comporta como um ruído branco, uniforme sobre toda a frequência (Bendat e Piersol, 1971).

Com relação à série de preços do CASI, como esta é uma série não-estacionária, foi aplicado um filtro antes de realizar a análise dos dados. Para decompor o sinal em faixas de frequências (Figura 3.16) e poder separar as frequências altas das baixas, utilizou-se a Transformada em Ondeletas (programa desenvolvido por Bolzan (2002)). Neste programa, Bolzan utiliza a ondeleta de Haar “por ser mais apropriada para a análise de dados apresentando intermitência e flutuações bruscas (...) e pelo fato de ela ser mais adequada para projetar em escalas sinais que apresentam características de não-estacionaridade”.

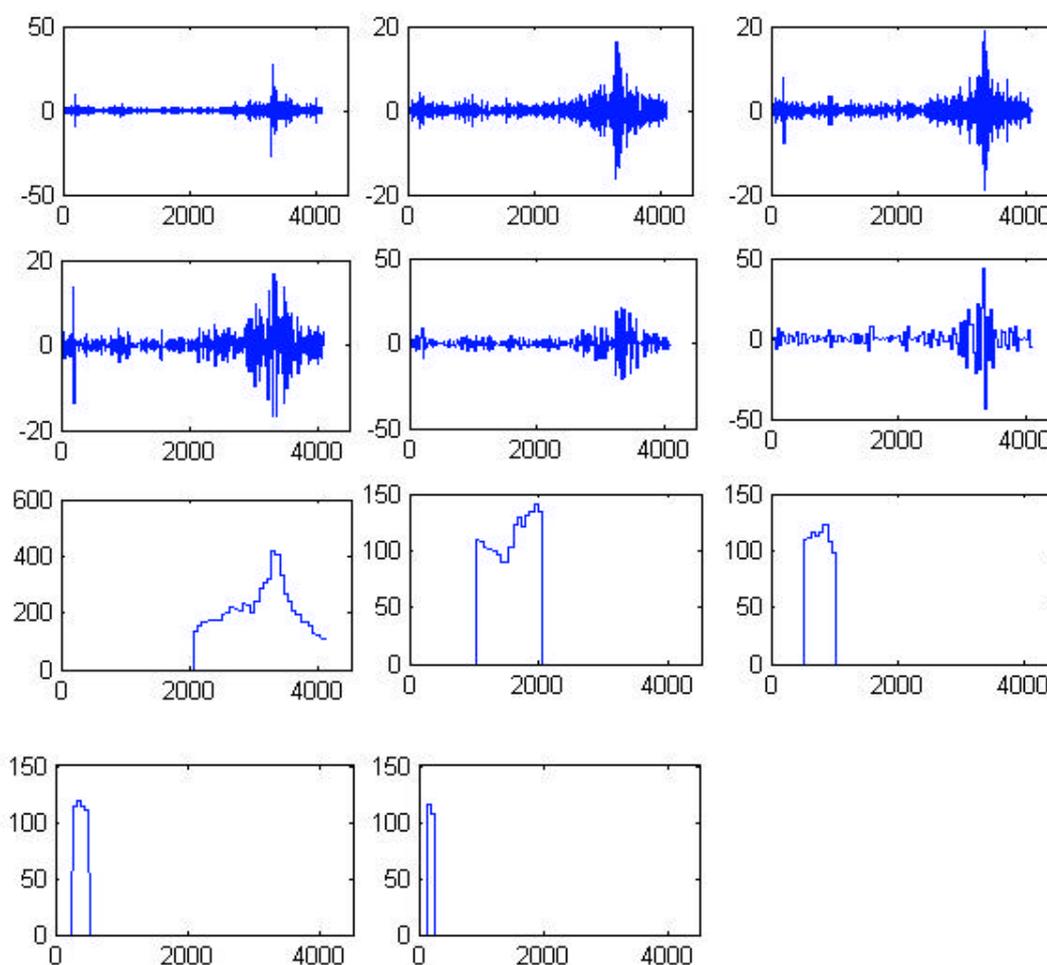


FIGURA 3.16 – CASI: faixas de frequências.

A análise da função de correlação e de densidade espectral foi, então, realizada separadamente para cada grupo. A recomposição dos sinais de baixa e alta frequências é mostrada na Figura 3.17, sendo o sinal de alta frequência composto pelas faixas de um a cinco, e o de baixa frequência composto pelas demais faixas.

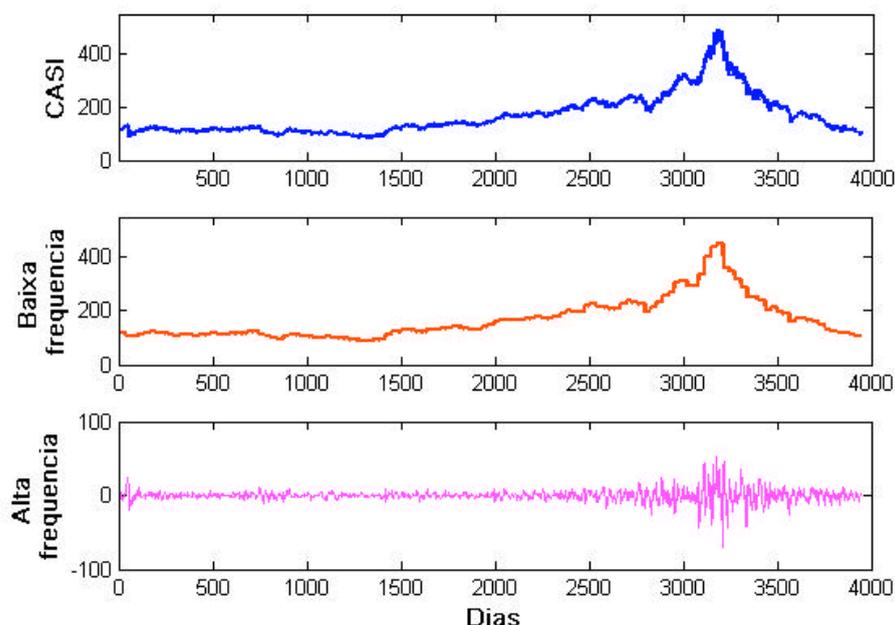


Figura 3.17 – CASI: sinais de baixa e de alta frequências.

As Figuras 3.18 e 3.19 apresentam as funções de autocorrelação e de densidade espectral de potência para os sinais de alta frequência em oito períodos de 500 dias cada. Pode-se observar que, mesmos sendo sinais de alta frequência, estes apresentam correlação positiva – Figura 3.18 – de pelo menos sete dias de negociação e o espectro de potência – Figura 3.19 – apresenta um comportamento  $1/f^n$ , onde o expoente  $n$  médio encontrado foi 1,78 para várias amostras de 500 dias. A Figura 3.20 apresenta os coeficientes angulares das retas de ajuste das funções densidade espectral para sinais de alta frequência do índice CASI em função de vários períodos de 500 dias. Os valores variam de 1,6 até 2,05. Isso significa que o processo é dominado por tendências de prazo mais longo do que o observado nas diferenças de preços. Outro ponto a ressaltar é o pico na frequência de 0,2 que representa uma semana de negociação, levando a crer na existência de um ciclo semanal de tendência nas negociações. Na Figura 3.19, os

valores em vermelho nos gráficos representam os coeficientes das retas ajustadas a partir do ponto mais alto da curva.

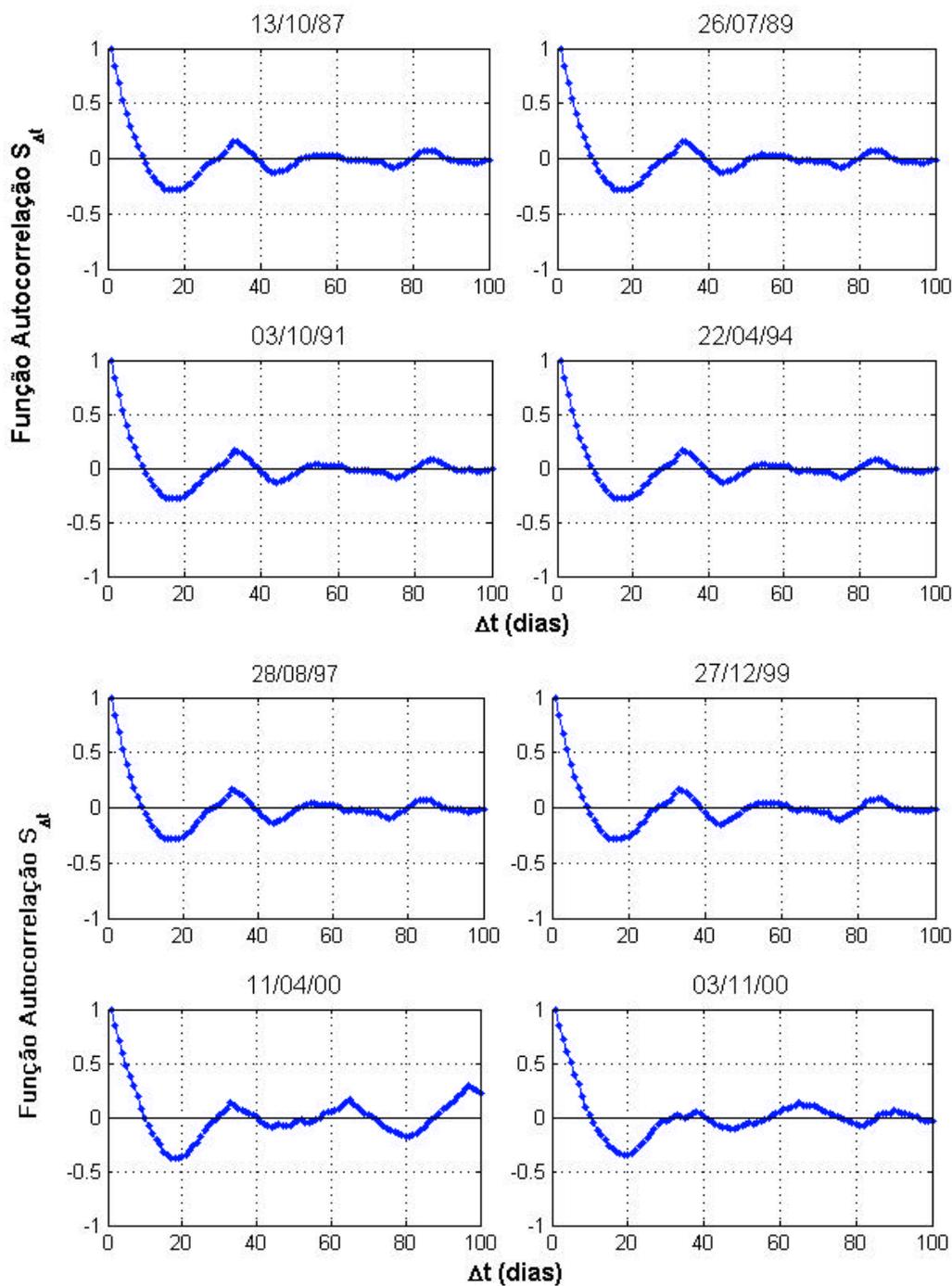


FIGURA 3.18 – Função de autocorrelação para sinais de alta frequência do índice CASI em oito períodos diferentes de 500 dias cada.

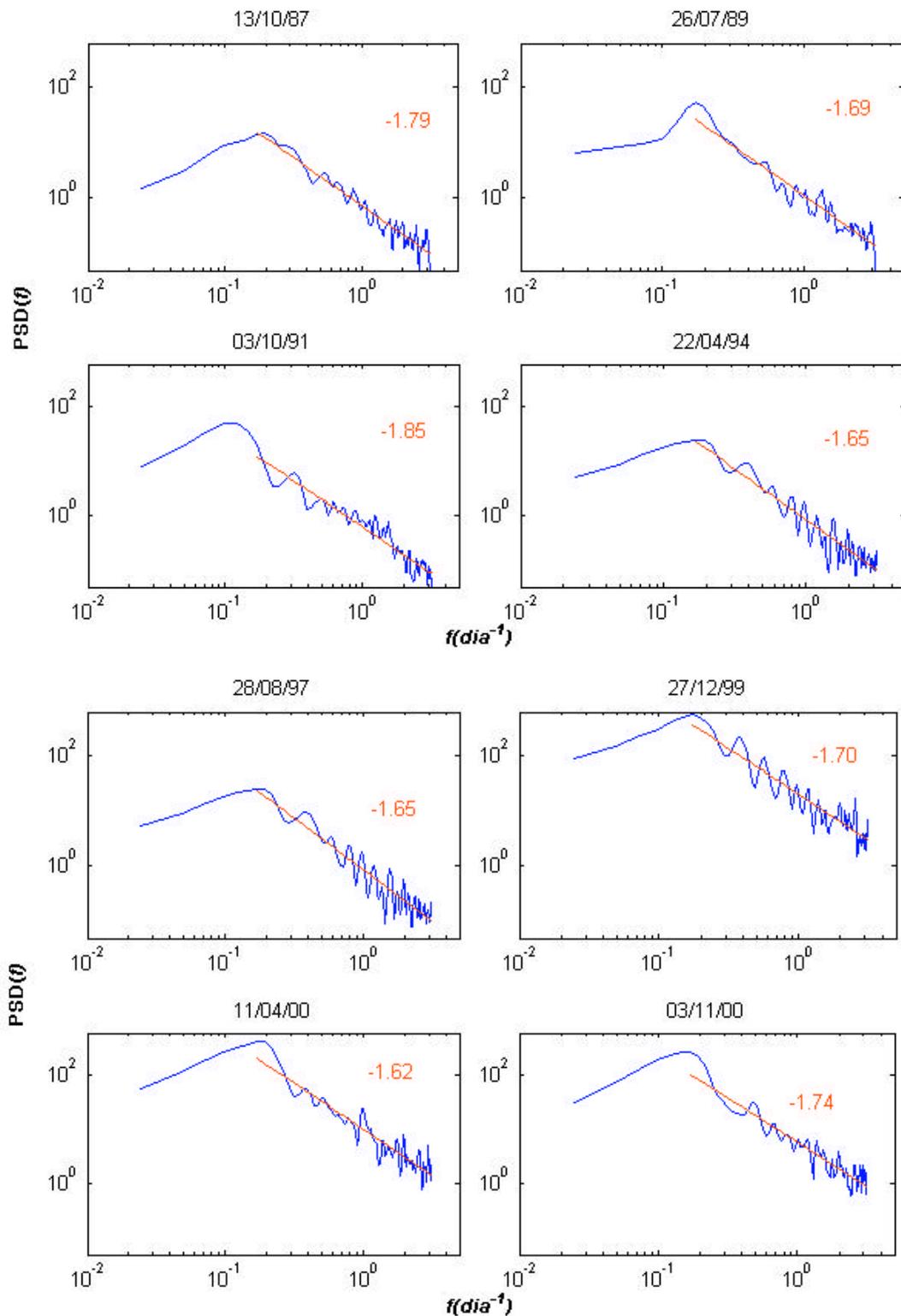


FIGURA 3.19 – Função densidade espectral para sinais de alta frequência do índice CASI em oito períodos diferentes de 512 dias.

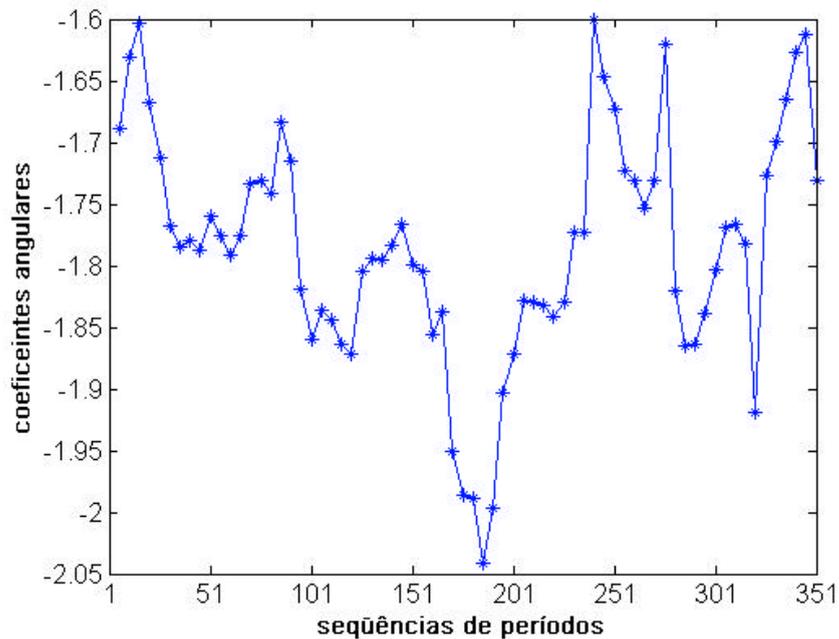


FIGURA 3.20 – Coeficientes angulares das retas de ajuste das funções densidade espectral para sinais de alta frequência do índice CASI em períodos diferentes.

Com relação às frequências mais baixas, os resultados são apresentados nas Figuras 3.21 a 3.23. Neste caso, onde predominam as tendências mais longas do mercado, não é possível detectar um tempo de decaimento característico na função de autocorrelação – Figura 3.21. Neste caso, a correlação dependerá do período estudado e do tamanho da tendência na qual está inserido. A função densidade espectral (Figura 3.22) para os dados de baixa frequência também apresenta um comportamento  $1/f^n$ , mas neste caso o valor médio de  $n$  encontrado foi igual a 1,97, variando de 1,85 a 2,04 (Figura 3.23). Mais ainda, os dados de baixa frequência apresentam um comportamento sazonal com intervalo de uma semana.

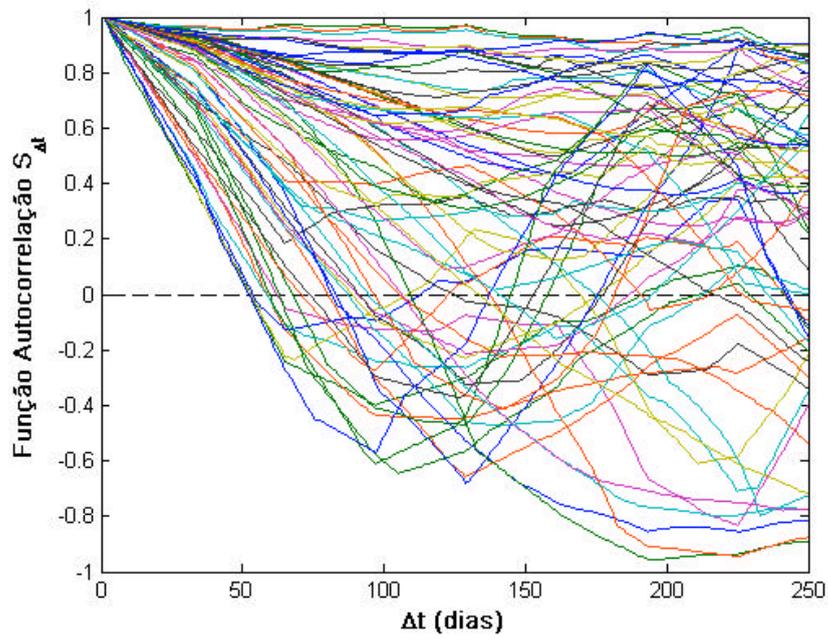


FIGURA 3.21 – Função de autocorrelação para sinais de baixa frequência do índice CASI em vários períodos diferentes de 500 dias.

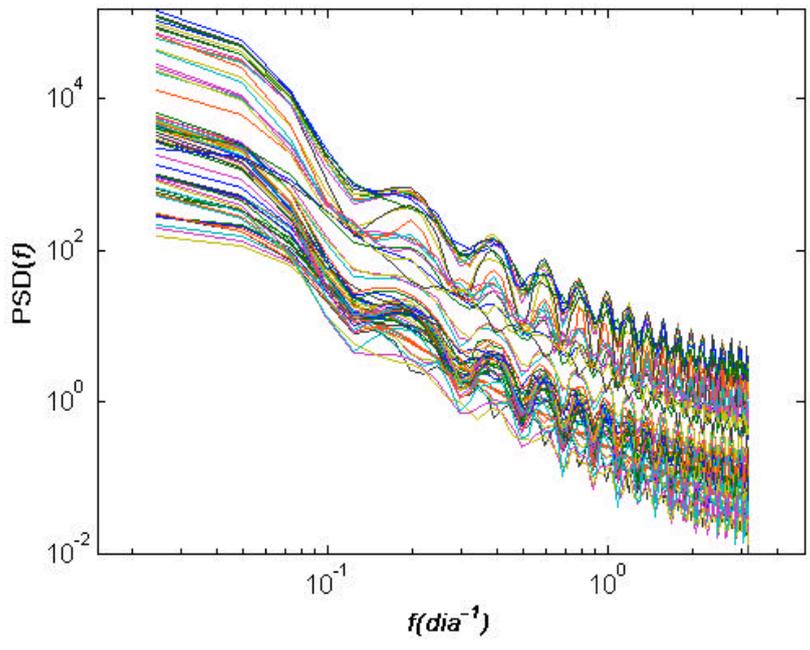


FIGURA 3.22 – Função densidade espectral para sinais de baixa frequência do índice CASI em vários períodos diferentes de 512 dias.

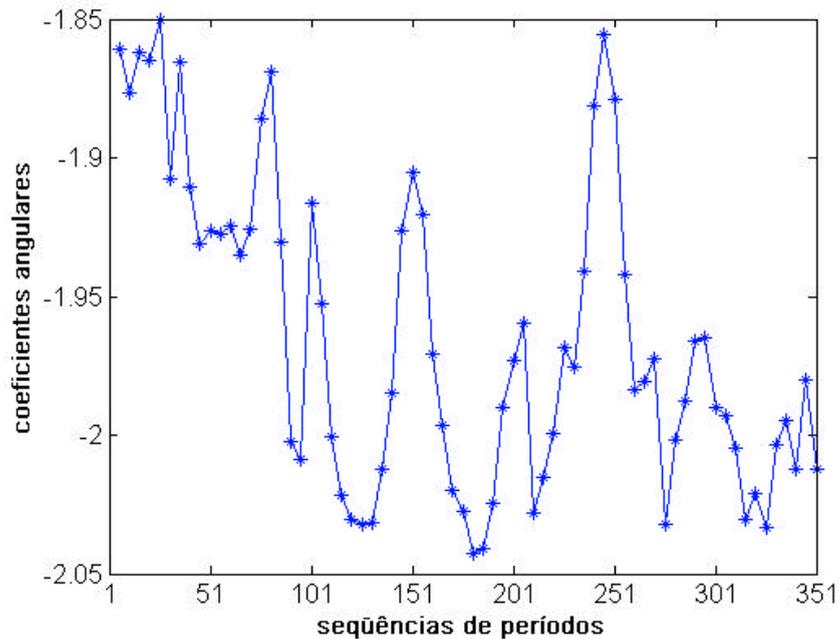


FIGURA 3.23 – Coeficientes angulares das retas de ajuste das funções densidade espectral para sinais de baixa frequência do índice CASI em períodos diferentes.

### 3.2.4 - Propriedades das Ações Individuais

O CASI é um conjunto de ações ponderadas pela capitalização de cada empresa. A capitalização é o valor de mercado da empresa – preço da ação multiplicado pelo número de ações emitidas, influenciando, portanto, as propriedades estatísticas dos retornos das ações. Observou-se, neste caso, que as empresas mais capitalizadas possuem um perfil mais próximo de uma distribuição Gaussiana, diferentemente daquelas menos capitalizadas que têm como característica uma forma mais leptocúrtica. A Figura 3.24 apresenta os histogramas dos retornos diários,  $S$ , de 52 ações do setor aeroespacial ordenadas pela capitalização (dia 02/07/2002 – escolhido aleatoriamente) seguindo a ordem da mais capitalizada para a menos capitalizada. As 52 empresas foram selecionadas por terem cotações no período de 1987 até junho de 2004. A Figura 3.25 mostra os mesmos histogramas vistos de cima.

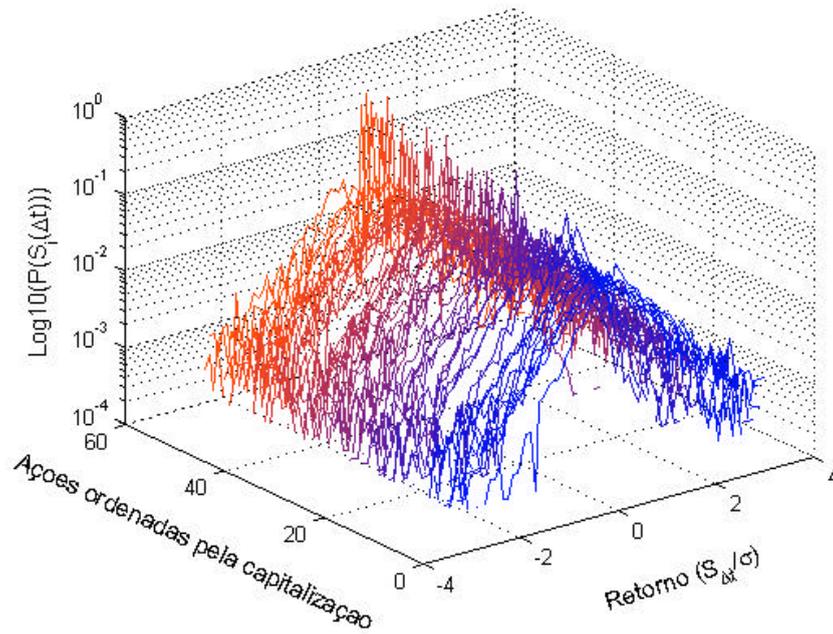


FIGURA 3.24 – Histogramas dos retornos diários das empresas do setor aeroespacial de 1987 a jun.2004. As empresas foram ordenadas pelo valor de mercado em 02 de julho de 2002.

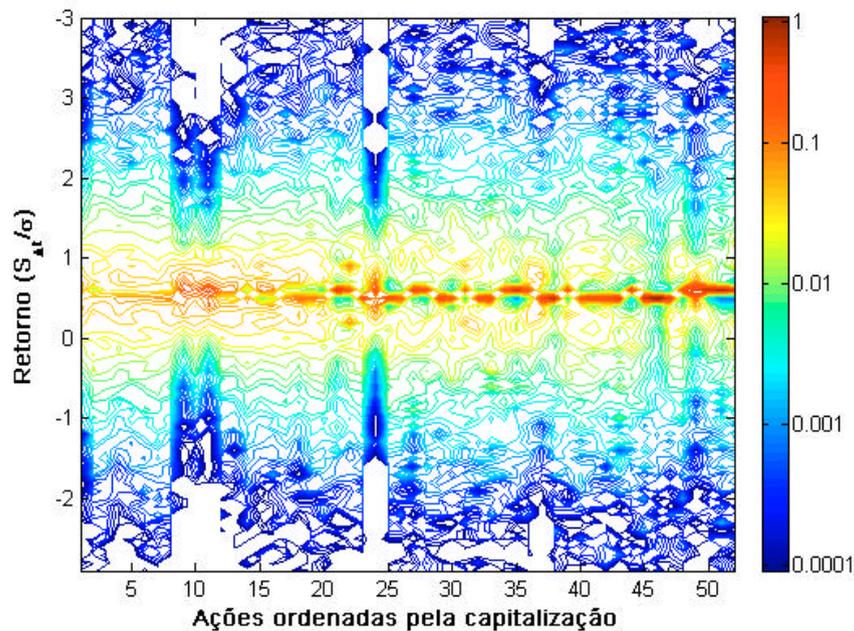


FIGURA 3.25 – Contorno dos histogramas dos retornos diários das empresas do setor aeroespacial de 1987 a jun.2004. As empresas foram ordenadas pelo valor de mercado em 02 de julho de 2002.

O mesmo resultado pode ser visto na Figura 3.26, que mostra uma curva ascendente na probabilidade dos retornos a origem,  $P(S_i = 0)$ , das ações também ordenadas pela capitalização. Isso ocorre porque as empresas mais capitalizadas possuem maior volume de negociação o que influencia seu preço. Também as empresas menos capitalizadas apresentam uma volatilidade maior (Figura 3.27). Este fato pode ser explicado pelo fato de essas empresas terem menor volume de negociação é mais fácil ocorrer variações mais abruptas nos seus preços. Além disso, as empresas menores tendem a ser menores e menos diversificadas e, portanto, de maior risco.

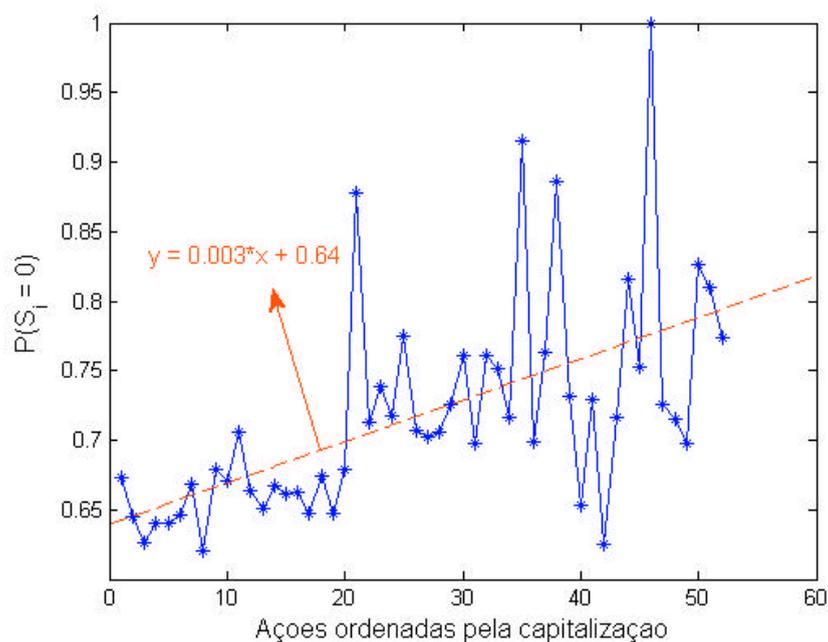


FIGURA 3.26 – Probabilidade dos retornos a origem,  $P(S_i = 0)$ , de 52 ações que compõem o CASI, ordenadas pela capitalização em 02 de julho de 2002, mostradas na Figura 3.24.

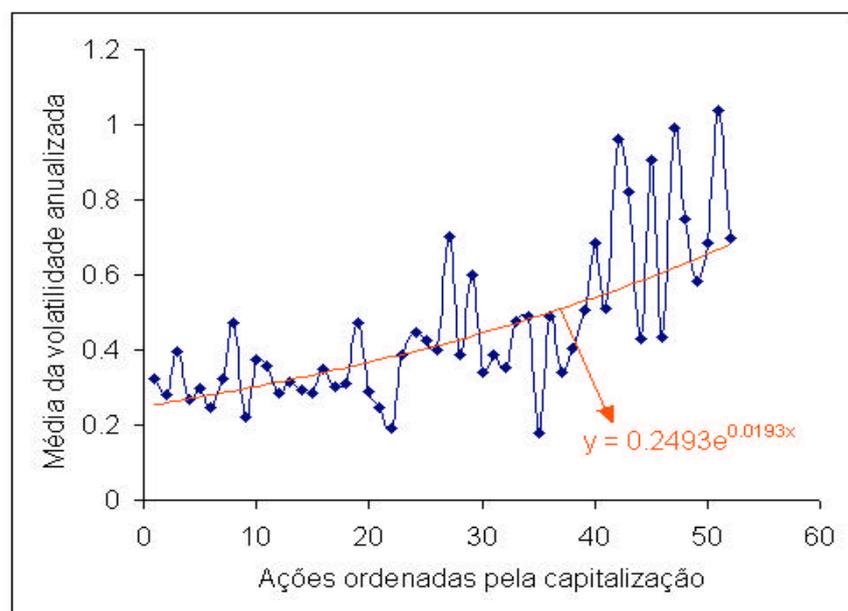


FIGURA 3.27 – Volatilidade anualizada média das séries temporais de 52 ações que compõem o CASI, ordenadas pela capitalização (janela de 21 dias).

### 3.3 - Estrutura Hierárquica do Setor Aeroespacial

A presença de correlação entre ações é fato bem conhecido na literatura e os estudos destas correlações podem auxiliar na modelagem e cálculo de risco inerente em um *portfolio*. Uma das questões que se procura responder é se os fatores econômicos presentes no mercado direcionam o comportamento das ações ao mesmo tempo, isto é, se as informações presentes nos preços das ações possibilitam o agrupamento de ações sob o ponto de vista de informações econômicas. Os estudos apresentados Mantegna (1999) e Bonanno et al (2003) mostram que, em uma carteira diversificada, é perceptível a influência dos fatores econômicos predominantes em diferentes setores e, portanto, possível a taxonomia de um conjunto de ações usando as informações contidas nas séries temporais dos preços diários. Ainda, mostram que a estrutura complexa de um grupo de ações possui características difíceis de serem reproduzidas por alguns modelos, como por exemplo o modelo CAPM. A questão que surge, então, é se é possível detectar estas mesmas influências em uma carteira composta por empresas do mesmo setor, ou seja, se é possível sub classificar um segmento utilizando as informações contidas nos preços diários. Neste Seção, o objetivo é, portanto, apresentar

a análise da correlação entre as ações que compõem o CASI com o intuito de detectar uma possível hierarquia organizacional neste setor.

Primeiramente, foram criadas matrizes,  $m \times n$ , com as diferenças logarítmicas de preços diários das ações e matrizes, também  $m \times n$ , dos preços diários das ações para cada ano estudado (2 x 18 ao todo), onde  $m$  é o número de dias e  $n$  o número de empresas. Foram incluídas em cada ano, as ações que tiveram negociações em pelo menos 10 meses no respectivo ano. A idéia de dividir-se o período total por ano é que as empresas que começaram a negociar as suas ações em diferentes épocas e, portanto, não possuem cotações para o mesmo período, possam estar correlacionadas. Ao agrupar por ano, é possível acrescentar e/ou retirar as empresas que entraram e/ou saíram do índice a cada ano.

A partir destas matrizes, foram criadas as matrizes de coeficiente de correlação ( $n \times n$ ) entre cada par de ações:

$$r_{i,j} = \frac{\langle X_i X_j \rangle - \langle X_i \rangle \langle X_j \rangle}{\sqrt{(\langle X_i^2 \rangle - \langle X_i \rangle^2)(\langle X_j^2 \rangle - \langle X_j \rangle^2)}} \quad (3.22)$$

onde  $X_i$  pode assumir o valor dos preços das ações,  $Y_i$ , como também o valor das diferenças logarítmicas de preços das ações,  $S_i$ , dada pela Equação 1.2;  $i$  e  $j$  são duas ações quaisquer.

A matriz de coeficientes de correlação é simétrica, onde  $n*(n-1)/2$  elementos caracterizam a matriz e o elemento  $a_{ij} = 1$  quando  $i = j$  (diagonal principal). O próximo passo foi quantificar a distância entre todos os possíveis pares de ações selecionadas. Para isso, utilizou-se a métrica proposta em Mantegna (1999), onde a distância<sup>32</sup> entre duas ações pode ser calculada por:

---

<sup>32</sup> Esta métrica atende aos três axiomas de uma distância métrica (Mantegna, 1999):

- 1)  $D(i,j) = 0$ , se e somente se  $i = j$ ;
- 2)  $D(i,j) = D(j,i)$ ;
- 3)  $D(i,j) \leq D(i,k) + D(k,j)$ .

$$D(i, j) = \sqrt{2 * (1 - r_{i,j})} \quad (3.23)$$

Para analisar o possível agrupamento das ações do setor, a partir das matrizes de distância,  $D$ , gerou-se a *Minimal Spanning Tree* (MST). A MST é definida, na teoria dos grafos, como um conjunto de arcos que unem todos os pontos de um conjunto, com a menor soma possível dos valores dos arcos.

Os arcos das árvores são traçados de forma a conectarem sempre as distâncias mais curtas entre cada par de ações, estas representadas em cada vértice pelos símbolos (*ticks*) com os quais suas ações são negociadas na bolsa (vide Anexo A). Assim, com o ordenamento crescente destas distâncias traça-se a árvore. Por exemplo, para o ano de 2002 e tendo como base de cálculo a evolução dos preços das ações, o primeiro arco mostrará a  $D_{REMC-ALA} = 0,18446$  (distância entre as empresas REMC e ALA); o segundo, a  $D_{ANDW-ALA} = 0,25018$ , conecta a empresa ANDW ao par anterior. O próximo par será  $D_{SYMM-REMC} = 0,26126$ , também conectado ao primeiro grupo, através da empresa REMC. E assim por diante. A Figura 3.28 mostra a MST para o ano de 2002, utilizando como base de cálculo (a) a evolução de preços e (b) a diferença logarítmica de preços das ações. O programa utilizado para gerar os gráficos foi o Pajek (2003). Os diagramas dos demais anos são apresentados no Apêndice C (Figuras C1.(a) até C.1.(q), para a evolução de preço; e Figuras C2.(a) até C.2.(q), para as diferenças logarítmicas diárias de preços).

Outra maneira de se visualizar a estrutura hierárquica do grupo foi gerar os dendrogramas para as mesmas matrizes de distâncias. As Figuras 3.29 e 3.30 apresentam os dendrogramas, para o ano de 2002, utilizando para base de cálculo os preços das ações e as diferenças diárias de preços, respectivamente. Os valores nas ordenadas expressam as distâncias entre as ações e, na abscissa, os símbolos das empresas. Os dendrogramas dos demais anos são apresentados no Apêndice C (Figuras C3.(a) até C.3.(q) para a evolução dos preços; e Figuras C4.(a) até C.4.(q) para a variação logarítmica diária dos preços).

Os resultados mostram que o setor aeroespacial é suficientemente coeso nas atividades produtivas, com empresas atuando tanto no segmento de satélites quanto no de aeronáutica<sup>33</sup>. Mesmo assim é possível, nos anos mais recentes, perceber um agrupamento das empresas segundo suas atividades produtivas, tanto analisando a partir da evolução dos preços quanto pelas diferenças logarítmicas de preços. Por exemplo, na parte inferior da 3.28.(a), e no canto superior direito da 3.28.(b) estão aglutinadas predominantemente as empresas ligadas ao segmento de satélite, tais como: ALA, ATS, BCE, BSY, CAMP, CMTL, DISH, DT, ERICY, GCOM, GMH, HLIT, IDA, INLK, ISYS, KPN, KVHI, NSAT, NIPNY, PGTV, QCOM, REMC, RFMD, SATC, T, TV, VSAT etc, e algumas poucas empresas do segmento aeronáutico. No outro lado de ambas as Figuras predominam as empresas do setor aeronáutico, tais como: AIR, AVL, BEAV, ERJ, GD, GY, KAMNA, PCP, SMU, SQA\_A, TGI, UDI, UTX, WGOV. As demais empresas têm atividade produtiva ligada a ambos os segmentos ou não foi possível a classificação. Nas Figuras 3.29 e 3.30 é possível verificar a distância entre cada par de ações e visualizar também o agrupamento citado.

O ano de 2002 é o que possui o agrupamento mais visível entre os anos estudados, possivelmente devido à reestruturação do setor ocorrida após o atentado de setembro/2001. Nos demais anos, verificou-se que esta divisão só é mais evidente de 1996 em diante. Quanto mais recente o ano, mais claro a individualização dos grupos. Isso ocorre porque a classificação das atividades produtivas das empresas foi realizada com base em dados recentes, posterior a 2003, e não refletem necessariamente as atividades das empresas nos primeiros anos estudados, pois é comum as empresas diversificarem suas atividades produtivas ou então definir um nicho de atuação. Além disso, a partir de 1996, ocorre um aumento do número de empresas que operam no segmento satélite (vide Figura 2.2).

---

<sup>33</sup> A classificação das empresas segue a divisão: (A) empresas que atuam predominantemente no segmento aeronáutico (estruturas, equipamentos e serviços); (S) empresas que atuam no segmento Satélite (equipamentos e serviços); e (A-S) empresas que atuam em ambos os segmentos. A classificação foi feita analisando a descrição da atividade produtiva descrita no Anexo A e, com mais detalhes, nos *sites* das empresas. Em alguns casos, não ficou claro em qual segmento a empresa atua predominantemente ou se em ambos e, portanto, não foi classificada.

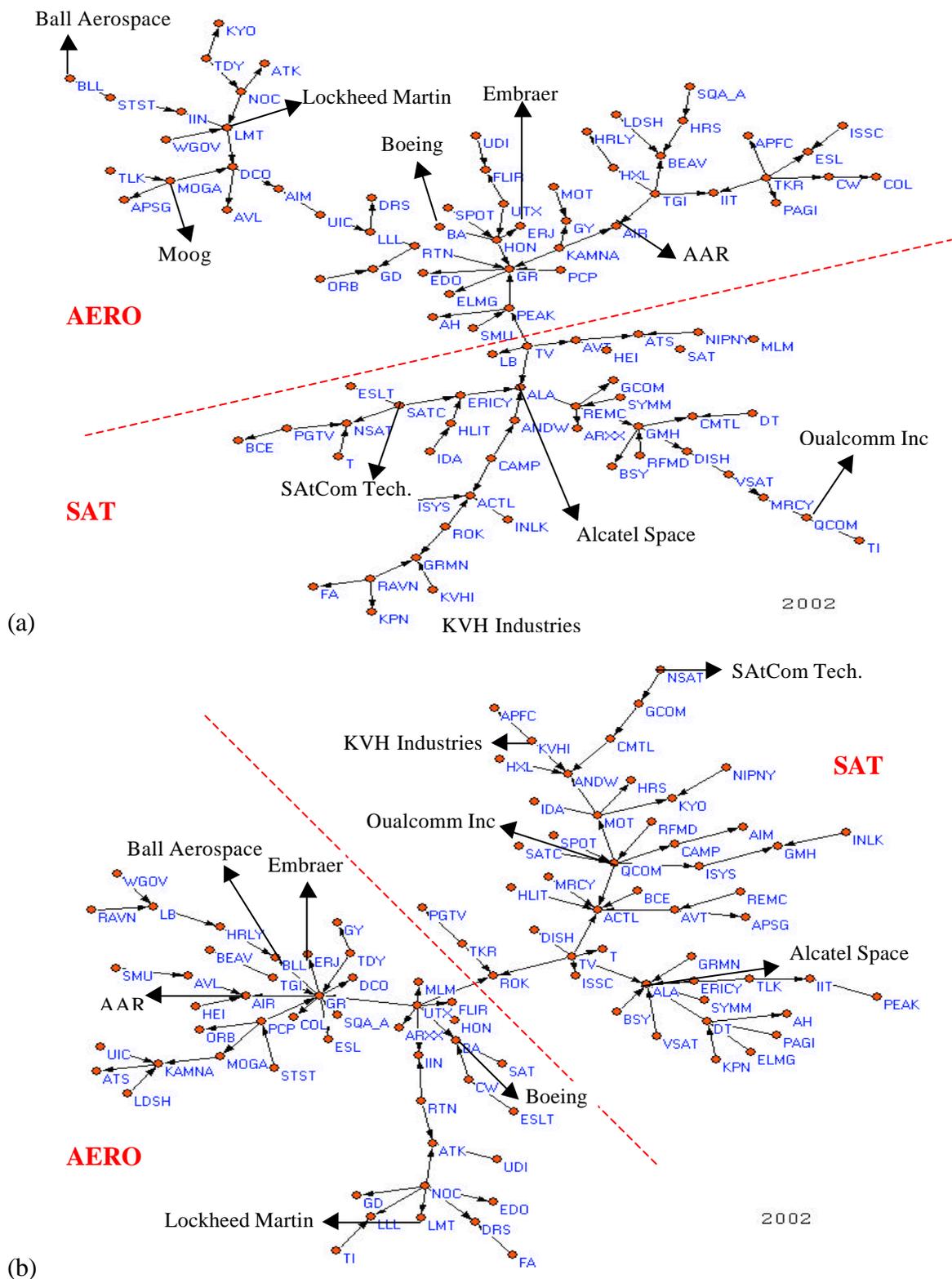


FIGURA 3.28 – MST para o ano de 2002, calculadas com base (a) na evolução dos preços das ações; e (b) nas diferenças diárias de preços (S) das ações.

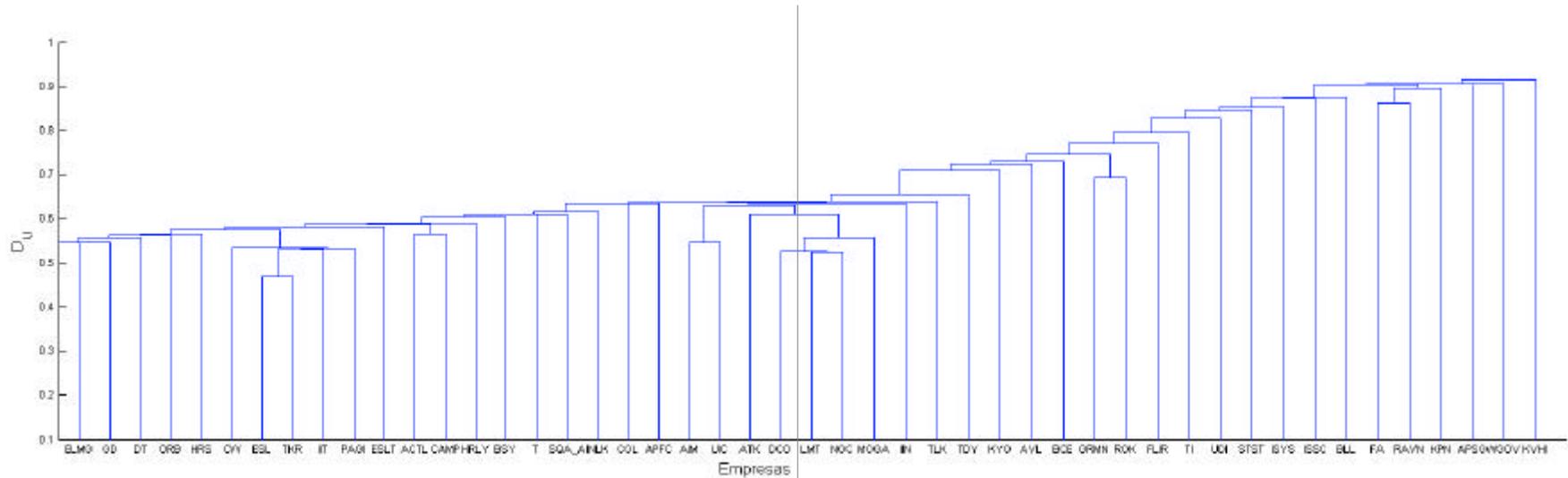
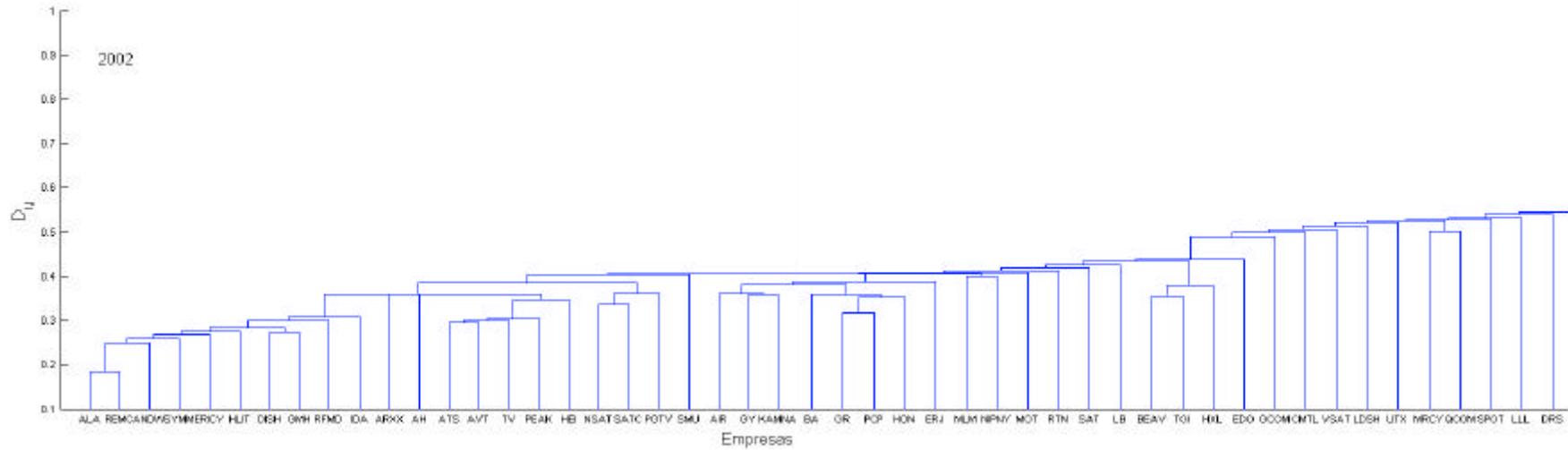
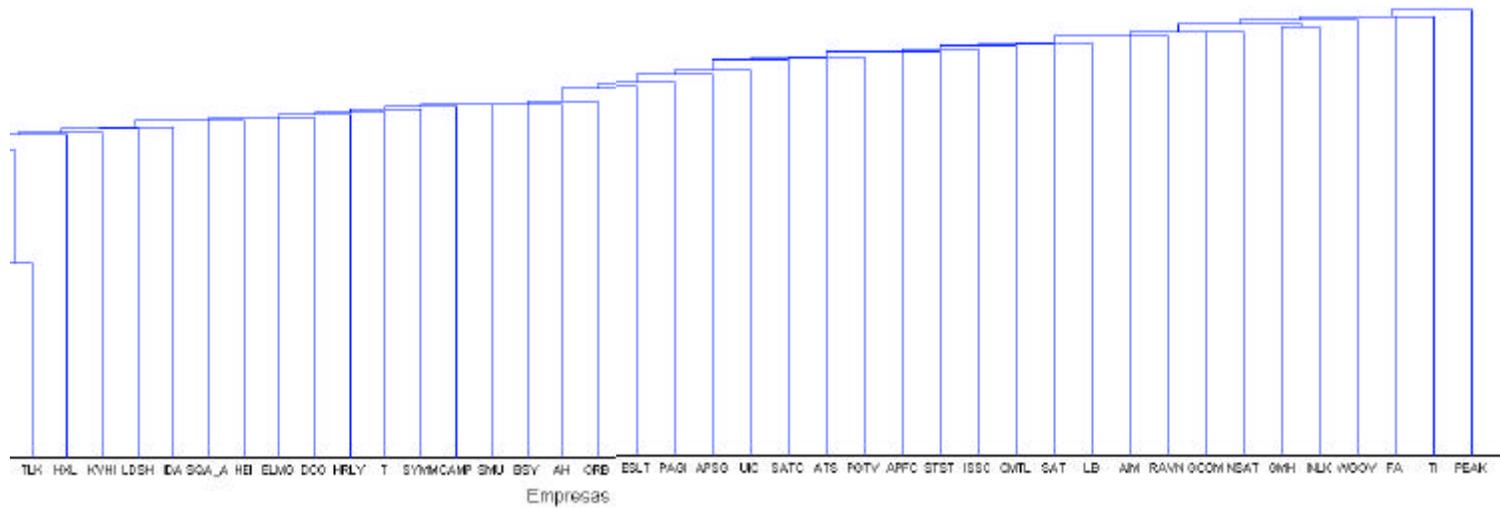
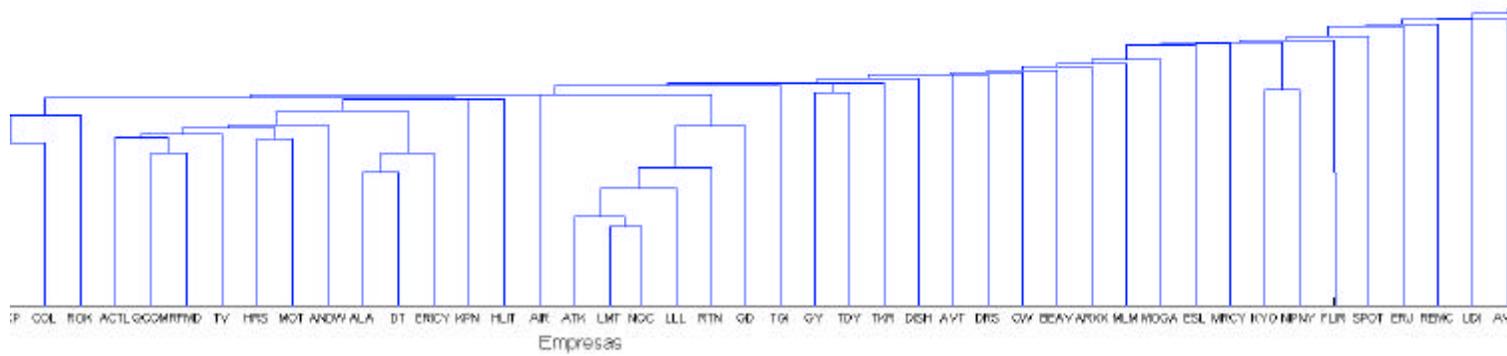


FIGURA 3.29 – Dendrograma utilizando a evolução dos preços como base de cálculo para o ano de 2002.

FIGURA 3.30 –  
Dendrograma utilizando a  
diferença diária de preços  
(*S*) como base de cálculo  
para o ano de 2002.



### 3.4 - Variedade do Setor Aeroespacial

Até agora foram estudadas as propriedades estatísticas da série temporal do índice CASI e das ações que o compõem. Na Seção anterior, mostrou-se que as séries temporais dos ativos possuem correlação entre si, principalmente devido às informações econômicas presentes nas séries. Isso possibilitou compreender a estrutura hierárquica do setor aeroespacial e desenvolver a classificação do conjunto de ações estudadas. A volatilidade, variável fundamental para a modelagem dos mercados, principalmente pela sua forte relação com a medida de risco, foi apresentada na Seção 3.2.

Nesta Seção, o objetivo é entender o comportamento diário do conjunto de ações do índice CASI, através do cálculo da volatilidade diária entre as ações que compõem o CASI. Esta medida é chamada de variedade e mostra a variabilidade do comportamento observado entre as ações, no caso a variabilidade diária do setor aeroespacial, em um determinado dia (Lillo e Mantegna, 2001). Este estudo é importante para compreender como as ações interagem entre si, principalmente em dias de grande volatilidade.

A variedade é calculada através do desvio-padrão dos retornos das ações em um dia (Lillo e Mantegna, 2001)

$$\mathbf{m}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (3.24)$$

$$\mathbf{s}(t) = \left( \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (S_i(t) - \mathbf{m}(t))^2 \right)^{1/2} \quad (3.25)$$

onde:

$n$  é o número de empresas que compõem o índice;

$S_i$  é o retorno da ação  $i$ , no dia  $t$ .

A Figura 3.31 apresenta a série temporal da variedade das ações que compõem o CASI nos 17 anos estudados. Pode-se perceber alguns *clusters* de variabilidade das ações, por

exemplo, no final de 1987 com a ocorrência do *mini-crash*, a crise da Rússia no final de agosto de 1998, e o atentado em set./2001. Nos últimos anos, de 2002 a 2004, observa-se também uma variabilidade maior, em particular devido à crise das empresas “ponto.com”. Alguns outros pontos de variabilidade são variações do próprio setor.

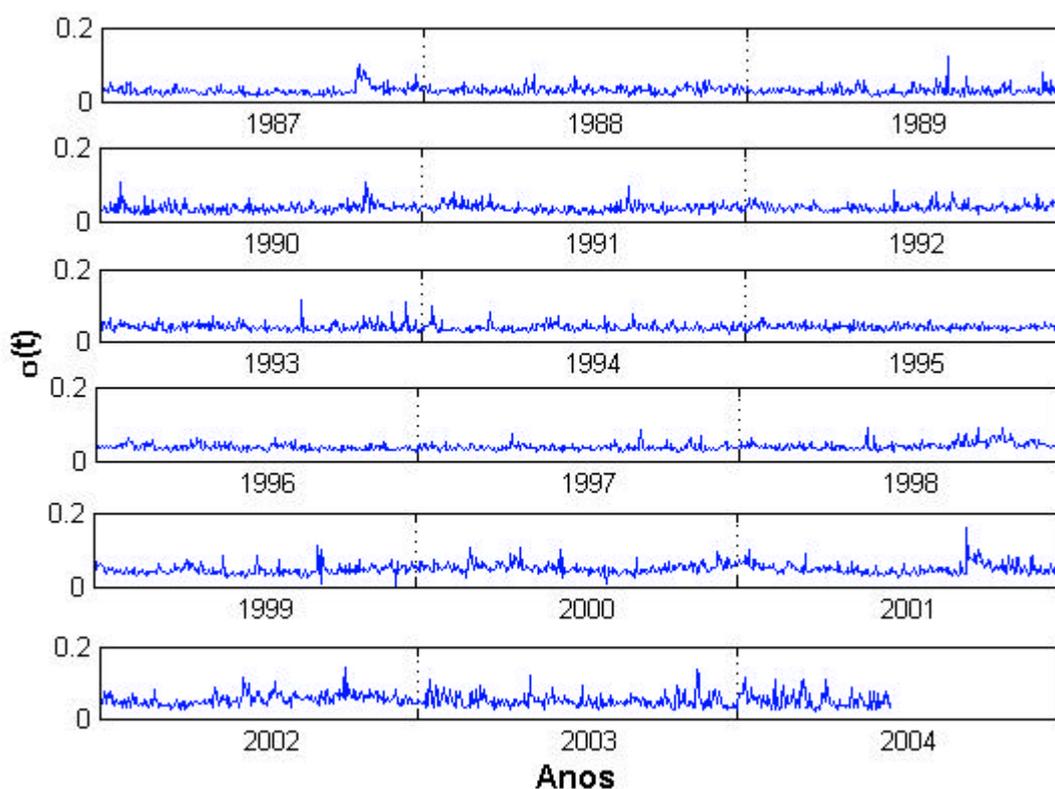


FIGURA 3.31 – Série temporal da variedade das empresas do setor aeroespacial que compõem o índice CASI.

Outro estudo realizado foi comparar a variedade calculada com os dados empíricos e aquela obtida com dados gerados através do modelo CAPM – *Capital Asset Pricing Model*, descrito no primeiro Capítulo. Para tanto, foram gerados vetores de retornos para cada ação utilizando o modelo CAPM, dado pela Equação 1.9:  $S_i = \mathbf{a}_i + \mathbf{b}_i * S_M + \mathbf{e}_i$ . O ruído,  $\mathbf{e}_i$ , tem uma distribuição gaussiana de média zero e variância  $\mathbf{s}^2_{\mathbf{e}(i)}$ . As estimativas para os parâmetros  $\mathbf{a}_i$ ,  $\mathbf{b}_i$  e  $\mathbf{s}^2_{\mathbf{e}(i)}$  foram obtidas pelo método dos mínimos quadrados (Fabozzi e Modigliani, 1996). Os valores médios destes parâmetros são mostrados na Tabela 3.4. O mercado de referência utilizado foi o índice S&P500. Com

os retornos gerados dos modelos, foram então calculadas a média,  $\mathbf{m}(t)$ , e a variedade,  $\mathbf{s}(t)$ , com as Equações 3.24 e 3.25 deste mercado fictício e então comparados com os dados reais.

TABELA 3.4 – Valores Médios dos Parâmetros para o Cálculo do CAPM

Parâmetros	Média	Desvio-padrão
$\mathbf{a}_i$	$-1,26 \times 10^{-4}$	$8,88 \times 10^{-4}$
$\mathbf{b}_i$	$6,26 \times 10^{-1}$	$4,06 \times 10^{-1}$
$\mathbf{e}_i$	$2,31 \times 10^{-3}$	$8,47 \times 10^{-3}$

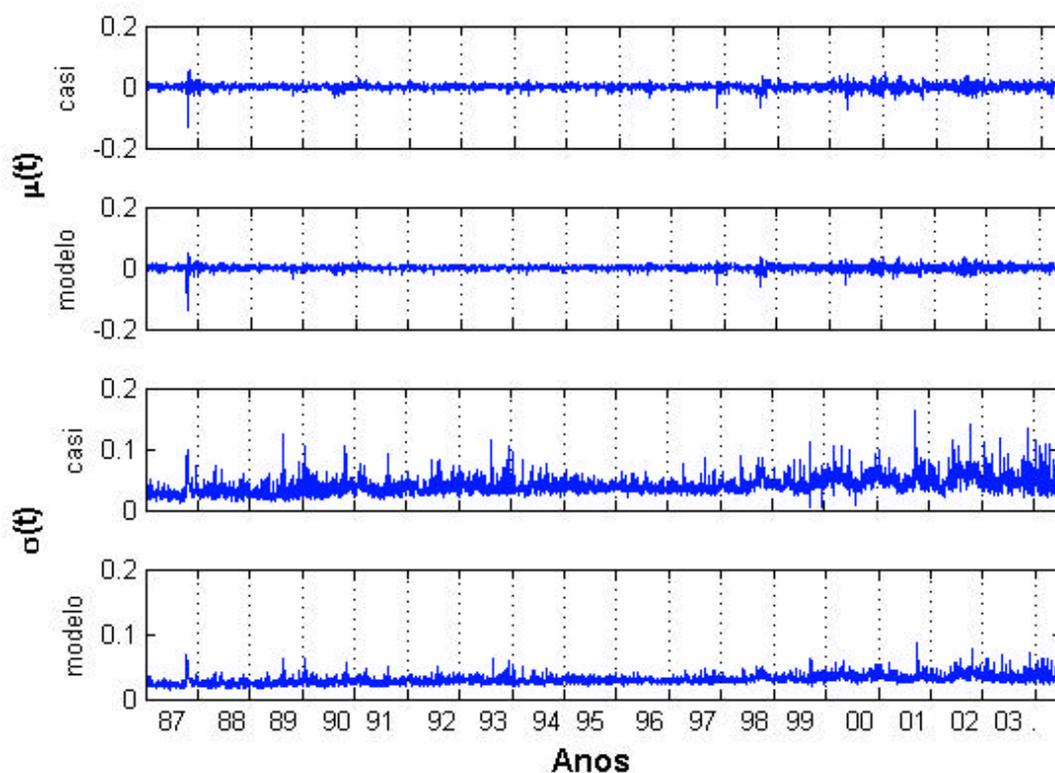


FIGURA 3.32 – Série temporal da média,  $\mathbf{m}(t)$ , e da variedade,  $\mathbf{s}(t)$ , dos retornos das empresas do CASI e dos dados gerados pelo modelo CAPM.

Os resultados são mostrados na Figura 3.32. A série temporal da média,  $\mathbf{m}(t)$ , para os dados reais (primeiro gráfico) e para os dados fictícios (segundo gráfico) apresentam valores próximos, mostrando que o modelo CAPM descreve bem os retornos médios da carteira simulada – CASI. Quanto à variedade,  $\mathbf{s}(t)$ , terceiro gráfico para os dados reais

e quarto gráfico para os dados gerados, o modelo não descreve muito bem, sendo que os dados reais são mais dinâmicos e complexos do que aqueles gerados pelo modelo. A série temporal da variedade dos dados reais é não estacionária, enquanto que a série temporal dos dados gerados pelo modelo praticamente o é. Desta forma, percebe-se que o modelo CAPM não é adequado para mostrar as propriedades estatísticas diárias, em especial, a variedade, de uma carteira de ações, uma vez que o modelo não reproduz a volatilidade em dias de *crash*.

As Figuras 3.33, 3.34 e 3.35 mostram o quadrado da variedade,  $\sigma^2(t)$ , em função da média,  $\mu(t)$ , para cada dia no período estudado (jan./1987 a jun./2004), para o conjunto total das empresas que compõem o CASI (Figura 3.33), para as empresas pertencentes ao sub setor aeronáutico (Figura 3.34) e para as empresas pertencentes ao sub setor satélite (Figura 3.35). Os pontos em azul são os valores obtidos com os valores empíricos, os círculos em vermelhos são aqueles obtidos com o modelo CAPM. A linha tracejada em preto representa o valor teórico dos dois primeiros momentos do modelo CAPM para o tempo  $t$ , e é obtido através das fórmulas (Lillo e Mantegna, 2001):

$$[\mathbf{m}(t)] = \langle \mathbf{a}_i \rangle + \langle \mathbf{b}_i \rangle [R_M(t)] \quad (3.26)$$

$$[\mathbf{s}^2(t)] = \langle \Delta \mathbf{a}_i^2 \rangle + \langle \Delta \mathbf{b}_i^2 \rangle [R_M^2(t)] + \langle \mathbf{s}_{e_i}^2 \rangle \quad (3.27)$$

onde os valores em  $[\ ]$  significam os valores médios no tempo  $t$  e os valores em  $\langle \rangle$  são os valores médios do conjunto ao longo do período;

Os valores dos quadrados das diferenças das variáveis,  $\mathbf{D}x^2$ , é dado por:

$$\langle \Delta x_i^2 \rangle = \langle (x_i - \langle x_i \rangle)^2 \rangle$$

$$[\Delta x(t)^2] = [(x(t) - [x(t)])^2]$$

Os resultados obtidos com o modelo CAPM apresentam uma combinação entre os dados reais e o modelo teórico. A variedade apresentada pelo conjunto total das ações

que compõem o CASI é muito similar àquela apresentada pelo sub-setor satélite, enquanto que a apresentada pelo sub-setor aeronáutica é ligeiramente menor. Isso parece indicar maior homogeneidade entre estas empresas do que no sub-setor satélites.

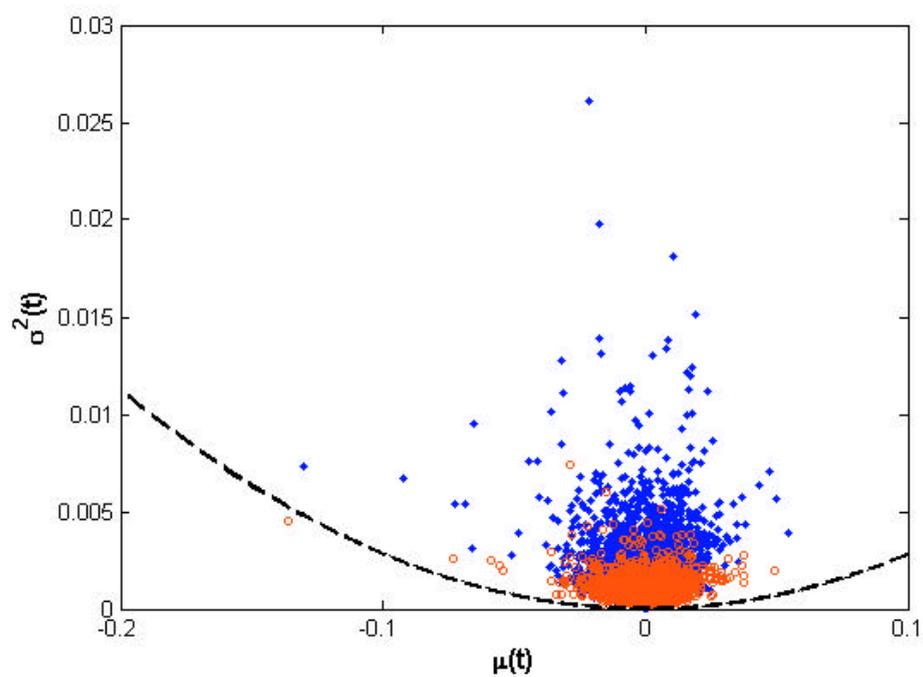


FIGURA 3.33 – Quadrado da variedade em função da média para as empresas componentes do CASI.

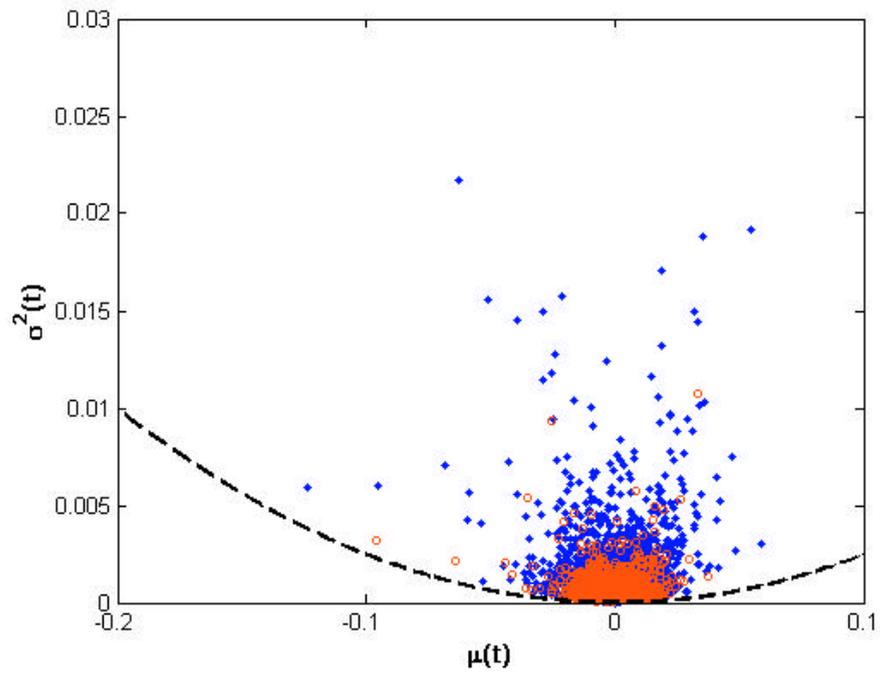


FIGURA 3.34 – Quadrado da variedade em função da média para as empresas componentes do CASI-Aero.

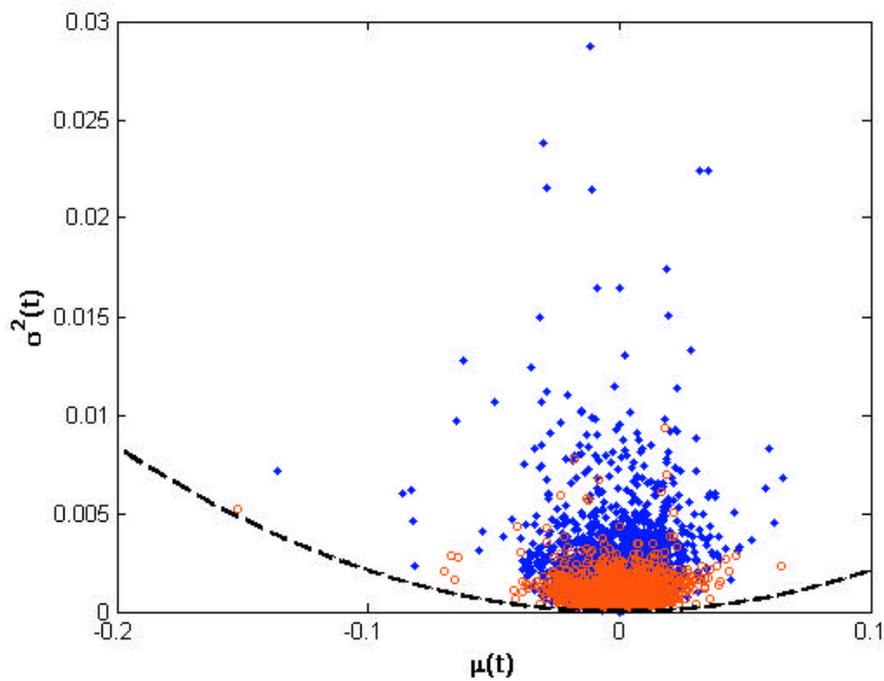


FIGURA 3.35 – Quadrado da variedade em função da média para as empresas componentes do CASI-Sat.



## CAPÍTULO 4

### MODELO VALUE-AT-RISK

No último Capítulo, foram apresentadas as características estatísticas do índice CASI. Verificou-se que a série temporal da variação de preços apresenta características não-gaussianas, como é geralmente utilizado nos modelos (por simplificação), e que, na realidade, pode ser melhor modelada por distribuições com asas mais largas, como a distribuição de Tsallis. Com estes resultados encontrados, o modelo de gerenciamento de risco foi desenvolvido, a partir de um modelo preexistente conhecido como *Value at Risk* – VaR, relaxando a sua hipótese básica de normalidade. Desta forma, neste Capítulo, é introduzido o modelo VaR, sua definição, como é geralmente utilizado, suas metodologias de cálculo, a relaxação da premissa básica de normalidade e os resultados encontrados.

#### 4.1 - Histórico e Definição

Nas últimas décadas, a disponibilidade de informações e o acesso a diversos mercados, assim como o aumento no número de instrumentos financeiros tornou o mercado financeiro mais complexo. A popularização da *internet* e o acesso às transações *online* possibilitaram o acesso de investidores não institucionais a estes instrumentos e, por conseguinte, mais expostos a risco. Paralelamente, também as instituições financeiras e os fundos governamentais ficaram mais expostos ao risco inerente da nova estrutura do mercado. A falência do Banco Barings, em 1995<sup>34</sup>, e no Brasil, a quebra dos Bancos Marka e Fonte Cindam, no início de 1999, são exemplos que evidenciam os riscos a que estão expostos os participantes dos mercados financeiros mais complexos. Entretanto, os instrumentos de gerenciamento e controle de risco não evoluíram tão intensamente quanto os financeiros.

---

<sup>34</sup> Segundo Jorion (1997), o Banco Barings, com 233 anos de existência, faliu da noite para o dia em função de um único operador. Nicholas Leeson era o controlador da mesa de operações e da retaguarda do banco e, em função dessa centralização de poderes, perdeu US\$1,3 bi. em derivativos evaporando todo o capital acionário do Barings. O autor também relaciona outras perdas em instituições financeiras e fundos governamentais ocorridos na década de 90.

Como citado no primeiro Capítulo, a primeira medida explícita de risco surgiu na Teoria da Carteira, desenvolvida por Markowitz em 1952, quando definiu a volatilidade, dada como o desvio padrão dos retornos de um ativo, como o risco do mesmo. Após o trabalho de Markowitz, nenhum acréscimo significativo surgiu no campo específico da mensuração de risco<sup>35</sup>. Somente nos últimos anos que a necessidade de quantificar o risco de uma carteira, oriundo das oscilações dos preços dos ativos financeiros, tem se tornado o centro de discussões por parte das autoridades regulamentadoras do sistema financeiro. Dentro deste contexto, o conceito de VaR vem ganhando cada vez mais importância.

Historicamente, não é simples individualizar a origem do VaR. Se partirmos da idéia do uso do cálculo do VaR para obter o limite de capital mínimo requerido para provisão de perdas potenciais, como definido no Acordo da Basileia, as raízes do VaR remontam a 1922 quando a bolsa de Nova York (NYSE) começou a exigir margens de capital mínimo das empresas operadoras como garantia para eventuais perdas (Holton, 2002). Entretanto, a idéia de relacionar retorno mínimo a um nível de confiança, considerando que os retornos dos ativos pertencentes a uma carteira sejam normalmente distribuídos, foi proposta por Baumol (1963). Muito embora o autor não o tenha denominado de VaR, Baumol apresenta, neste trabalho, um critério alternativo para seleção de carteiras eficientes, baseado na relação nível de confiança e retorno mínimo, o qual chamou de  $(E, L)$ , onde  $E$  representa o retorno esperado e  $L = E - K\sigma$  o limite de confiança mínimo.

No final da década de 80, as autoridades regulamentadoras, reconhecendo a ameaça sistemática trazida pelo crescimento e complexidade dos mercados de derivativos, começaram a criar uma legislação própria para o gerenciamento e controle de risco. Em 1988, o Comitê da Basileia<sup>36</sup> emitiu o 1º Acordo de Capitais da Basileia. Este acordo,

---

<sup>35</sup> Na realidade, os modelos que surgiram referem-se à precificação de derivativos, sendo que o mais conhecido é o modelo Black-Scholes, para opções. Muito embora estes modelos possam ser usados como instrumentos para minimizar o risco em uma operação (uma vez que eles fornecem o preço justo de um derivativo, ao compará-lo com o preço de mercado, o analista pode decidir efetuar ou não a operação), eles não são uma medida de risco propriamente dita.

<sup>36</sup> O Comitê da Basileia de Supervisão Bancária foi criado sob a supervisão do BIS pelos países membros do G10 – Alemanha, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, França, Holanda, Itália, Reino Unido, Suécia e

assinado pelos países pertencentes ao G10 (o Brasil aderiu ao Acordo em 1994 – Resolução 2.099 de 16/08/1994 – Fortuna, 1999), cobria um conjunto de exigências de capital mínimo para os bancos se protegerem contra o risco de inadimplência, basicamente de risco de crédito (Holton, 2002). O objetivo foi estabelecer um índice mínimo de solvabilidade (*BIS ratio* ou *Cooke ratio*) para controle do nível de alavancagem da instituição. O patamar estabelecido foi de 8% de reservas de capital contra os riscos dos ativos dos bancos, diferenciando-os porém em quatro classes e atribuindo pesos de risco diferentes a cada um, ou seja, diferentes intensidades com as quais aquela cobertura seria necessária. Ainda, estabelecia limites para posições de grande risco, definido como aquelas que excedessem a 10% do capital do banco (Jorion, 1997).

Entretanto, o acordo firmado em 1988 não contabilizava o risco de mercado e nem considerava o efeito da diversificação dos ativos em uma carteira, que, conforme visto na Teoria da Carteira, altera o risco total da mesma. Em 1993, a União Européia, com o objetivo de implementar o mercado comum e igualar os diferentes modelos financeiros existentes entre seus países membros, aprovou o *‘The Capital Adequacy Directive’* (CAD) – EC/93/6, o qual estabelecia que “instituições financeiras quantificassem o risco em base agregada e estabelecessem reservas para cobrir potenciais perdas as quais poderiam advir das suas posições no mercado” (Frain e Meegan, 1996). Neste mesmo ano, uma emenda foi realizada no Acordo da Basiléia a qual estabeleceu uma metodologia específica para o cálculo do risco de mercado, chamado de Modelo Padrão. Neste modelo, os níveis de risco das carteiras são calculados individualmente (risco das taxas de juros, risco de taxa de câmbio, risco das ações e risco de *commodities*) e são depois somados em um único número (Jorion, 1997). O CAD e o Acordo da Basiléia possuíam basicamente as mesmas diretrizes, ou seja, exigência de que as instituições financeiras quantificassem e divulgassem suas exposições aos riscos de mercado em base agregada (Frain e Meegan, 1996).

---

Suíça – mais Luxemburgo e Japão, e englobava representantes dos Bancos Centrais e autoridades, para resolver problemas inter-jurisdicional. Posteriormente, o Comitê ampliou suas atividades garantir a supervisão ampla dos bancos internacionais.

Paralelamente, o G-30<sup>37</sup> divulgou, em 1993, o documento *Derivatives Practices and Principles*, também conhecido como *G-30 Report*. Este documento foi resultado de um estudo elaborado pelo G-30, coordenado pelo então presidente do banco J.P.Morgan Dennis Weatherstone, e incluía recomendações para o gerenciamento das posições dos operadores de derivativos e de controle de risco, incluindo a recomendação da avaliação diária das posições em aberto utilizando a marcação a mercado e que o risco pode ser contabilizado utilizando uma combinação do VaR e do *stress testing*. Este foi o primeiro documento publicado que explicitamente nomeou o VaR (Holton, 2002). A partir deste documento, o banco J.P.Morgan publicou, em 1994, uma metodologia detalhada e completa, usada pelo banco para o cálculo do VaR e disponibilizou gratuitamente um amplo conjunto de dados para quem quisesse usá-lo (Frain e Meegan, 1996). Este foi o início da popularização do VaR.

Em 1995, o Comitê da Basileia, percebendo que as instituições financeiras haviam desenvolvido modelos mais sofisticados de mensuração de risco, apresentou um novo adendo no Acordo da Basileia estabelecendo as premissas de modo a permitir que as instituições financeiras pudessem desenvolver e utilizar os seus próprios modelos internos para o cálculo das exigências mínimas de capital, os quais ficaram conhecidos como Modelos Internos (Jorion, 1997). A base proposta nestes modelos internos é a estrutura do VaR, onde o volume de capital necessário é definido a partir da previsão de perdas potenciais da instituição – com grau de confiança de 99% – para um dado período de tempo – dez dias. A proposta permitia que a instituição financeira escolhesse entre o Modelo Padrão e o Modelo Interno e se tornou efetiva a partir de 1998 (Milone e Famá, 2001).

Em abril de 2003, foi anunciado o 2º Acordo de Capitais da Basileia (BIS, 2004). O acordo se baseia em três pilares: requerimentos mínimos de capital – relativo ao capital mínimo, mais sensível ao risco; supervisão regulatória – exige que o regulador (o Banco Central, no Brasil) monitore constantemente os níveis de reservas e intervenha quando for desobedecido o nível mínimo; e disciplina de mercado - para melhorar a

---

<sup>37</sup> G-30 é uma organização sem fins lucrativos, fundada em 1978 por executivos sêniores, autoridades reguladoras do sistema financeiros e acadêmicos.

transparência das instituições financeiras. As instituições bancárias terão ainda de readequar seus processos de análise de risco operacional. Isto significa aprofundar em metodologias e critérios que examinam a exposição do banco ao risco-país, monetário, cambial, tecnológico, político e de terrorismo (BIS, 2004).

Nos últimos anos, o uso dos modelos VaR cresceu rapidamente e grandes instituições financeiras empregam a metodologia VaR para gerenciar suas operações de risco. Grande parte da sua popularidade vem do fato do VaR “permitir incluir muitos ativos os quais estão expostos a outras fontes de risco além da taxa de juro e fornecer em um único número a exposição ao risco de mercado de uma carteira” (Jorion, 1997).

O VaR é um método de mensuração de risco que utiliza técnicas estatísticas padrões e que procura medir qual a máxima perda possível (em valor) que se pode incorrer com um determinado ativo, com uma determinada probabilidade (ex.: 95%, 97,5%, 99% etc.), dentro de um horizonte de tempo (J.P.Morgan, 1996). Por exemplo, o VaR diário para uma determinada carteira é \$ 2 milhões, com 95% nível de confiança. Isso significa que, se não houver variações abruptas nas condições do mercado – hipótese de normalidade, as perdas diárias excederão aos \$ 2 milhões em, no máximo, 5% das vezes.

Desta definição, tem-se dois conceitos que são importantes no VaR (Jorion, 1997):

- o horizonte de tempo, ou seja, o período escolhido para a análise, *holding period*;
- existe uma probabilidade de perda implícita que é medida à esquerda da distribuição ou da combinação de distribuições assumidas. Este resultado pode ser observado inversamente através do grau de confiança com que se analisa o VaR.

Formalmente, o VaR pode ser definido como (Jorion, 1997):

$$P[S_c(\Delta t) \leq -S^*] = F_S(-S^*) = \int_{-\infty}^{S^*} f(S) dS = 1 - \alpha \quad (4.1)$$

onde:

$S_c$  representa a variação da carteira;

$Dt$  é o horizonte de tempo;

$S^*$  representa o valor de corte (ou o menor valor de  $S$ , dado o nível de confiança  $\alpha$ ) que representa o VaR;

$F(S)$  é a função distribuição acumulada de  $S$ ;

$f(S)$  é a função distribuição de  $S$ ;

$\alpha$  é o nível de confiança escolhido.

De um modo geral, a Equação 4.1 diz que de,  $-\infty$  até  $S^*$ , a soma da probabilidade deve ser  $(1 - \alpha)$ . Existem diferentes metodologias de cálculo do VaR e são normalmente agrupadas em duas categorias principais: métodos paramétricos e métodos não paramétricos. A seguir é feita uma breve descrição das principais metodologias desenvolvidas para o cálculo do VaR.

#### **4.2 - Metodologias de Cálculo do VaR**

As técnicas tradicionais de calcular o VaR se dividem em modelos analíticos (paramétricos), simulação histórica (modelo empírico), simulação de Monte-Carlo (simulação estocástica) e *stress-testing* (análise de cenário) (Khindanova, 1998). A metodologia paramétrica ou analítica envolve hipóteses sobre a distribuição dos retornos dos fatores de risco. Assim, se as variações de preços são caracterizadas por uma distribuição paramétrica, por exemplo a Gaussiana, então o VaR pode ser calculado como uma função dos parâmetros a volatilidade, das correlações e de parâmetros que caracterizam a distribuição. A abordagem paramétrica simplifica os cálculos do VaR ao assumir uma distribuição para a taxa de retorno dos ativos (J.P.Morgan, 1996). O modelo mais conhecido é chamado de variância-covariância, que utiliza como base a distribuição Gaussiana. Os métodos não paramétricos ou de simulação consistem das metodologias que não estabelecem qualquer pressuposto quanto à distribuição das taxas de retorno dos fatores de risco. Estes metodologias subdividem-se principalmente em:

simulação histórica e simulação de Monte Carlo (Jorion, 1997). E a análise *stress-testing* analisa os cenários para determinar qual a possibilidade de perda.

Estas abordagens são complementares, mas cada uma oferece uma visão diferente do risco de uma carteira, possuindo vantagens e desvantagens. A seguir é feita uma breve descrição das três principais metodologias de cálculo do VaR: analítica (covariância-variância), simulação histórica, simulação de Monte Carlo e do método *stress-testing*.

#### 4.2.1 - Metodologia Variância-Covariância

Esta metodologia de cálculo é baseada na análise das volatilidades e das correlações entre as diferentes exposições ao risco da carteira. O cálculo envolve selecionar um conjunto de fatores de risco de mercado e sistematicamente medir o nível de preços, volatilidade e correlações do mercado. Fatores de risco de mercado referem-se a qualquer fator que possa afetar o valor de mercado de uma carteira.

Para um único ativo e um único fator de risco e assumindo que as variações de preço deste ativo são normalmente distribuídas com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ , o cálculo do VaR é o mesmo que calcular o percentil desejado da distribuição normal padrão (Khindanova, 1998):

$$1 - \alpha = \int_{-\infty}^{S^*} f(S) dS = \int_{-\infty}^{z_{1-\alpha}} \Phi(z) dz = N(z_{1-\alpha}) \quad (4.2)$$

onde:

$\Phi(z)$  é a função densidade normal padrão;

$N(z)$  é a função densidade acumulada padrão;

$z_{1-\alpha} = (S^* - \mathbf{m}) / \mathbf{s}$  é o retorno normalizado para o nível de confiança escolhido.

Considerando que  $\mathbf{m} \cong 0$ , então:

$$VaR_i = -V_{0i} * z_{1-\alpha} * \mathbf{s}_i \quad (4.3)$$

onde  $V_{0i}$  é o valor inicial do ativo.

Como um exemplo simples (ver J.P.Morgan, 1996), suponha uma empresa que esteja posicionada no mercado de câmbio em US\$ 40 milhões e deseja o VaR para um dia, dado que existe 5% de probabilidade de a perda ser maior que o projetado. A exposição ao risco desta empresa é a sua posição em reais. Se a taxa de câmbio for 3,0 R\$/USD, o valor de mercado, em reais é R\$ 120 milhões.

Supondo que o desvio-padrão da taxa câmbio R\$/US\$ seja 0,09. Sobre a suposição do RiskMetrics de que os retornos são normalmente distribuídos, o VaR é dado por:  $-V_{0i} \times 1,65 \times \sigma$ . Assim,  $\text{VaR} = -0,09 \times 1,65 \times 120 \text{ milhões} = \text{R\$ } -17.820.000$ . Esta é a perda máxima que esta empresa espera incorrer mantendo sua posição no mercado por um dia, com 95% de confiança.

Para uma carteira, o cálculo do VaR se faz decompondo os ativos “em blocos”, os quais dependem de um número de fatores de risco. As exposições dos papéis que pertencem à carteira são agrupadas em categorias. Assim, o risco total da carteira é construído baseado nos fatores de risco e suas correlações (Los, 2001):

$$\text{VaR}_c = V_{0c} * z_{1-\alpha} * \mathbf{s}_c \quad (4.4)$$

onde:

$V_{0c}$  é o valor inicial da carteira.

$\mathbf{s}_c$  é a variância da carteira dada pela Equação 1.6.

Dentro deste modelo, dois métodos podem ser usados para calcular a matriz de covariância  $\Sigma$ . O primeiro refere-se à análise da variação temporal dos dados históricos e o segundo desenvolve o cálculo da volatilidade através do método implícito (para maiores detalhes ver Hull, 1993).

A vantagem do método paramétrico, com as hipóteses simplificadoras apresentadas, é a sua facilidade de aplicação prática, pois, ao assumir que a rentabilidade da carteira tem

uma distribuição Gaussiana, é possível deduzir o valor do VaR através da estimação dos parâmetros desta distribuição. Há a possibilidade de assumir outros tipos de distribuição de probabilidade para os retornos dos ativos (Hendricks, 1996).

As desvantagens deste método são, quando assumido o comportamento gaussiano para as variações de preços, não levar em conta a ocorrência de acontecimentos extremos, isto é, a possibilidade de a distribuição do ativo possuir asas mais largas do que a distribuição normal. Ainda, a utilização deste método para carteiras mais complexas e que incluam instrumentos não lineares pode produzir resultados enviesados (Frain e Meegan, 1996).

#### **4.2.2 - Simulação Histórica**

O método de Simulação Histórica é baseado na informação de períodos passados e assume que quaisquer que tenham sido os fatores que geraram o risco no passado, estes se mantêm no presente, aproveitando a sua função de distribuição para a construção de cenários para o comportamento dos ativos de uma carteira e posteriormente calcular o VaR. Assim, este modelo não assume a premissa de normalidade, como o modelo de covariância-variância, e por isso permite uma aproximação maior das tendências dos preços reais (Milone e Famá, 2001).

Essencialmente, esta abordagem consiste na utilização das observações das variações históricas para construir uma distribuição de possíveis perdas e ganhos de uma carteira, e calcular o VaR como o valor da perda que poderá ser excedida em  $1 - \alpha$  grau de confiança predeterminado (Hendricks, 1996).

A vantagem deste método é que permite relações não lineares e também distribuições das taxas de retorno não normais; não é necessário calcular desvios padrões e correlações ou assumir que os rendimentos dos títulos seguem uma distribuição normal para calcular um valor para o VaR de uma carteira; permite a obtenção direta de um pior cenário, ou seja, é possível obter um valor máximo de perda (Frain e Meegan, 1996).

Entretanto, a simulação histórica admite o passado como a melhor forma de prever o futuro, não levando em conta períodos de grande volatilidade como os chamados eventos únicos; os resultados obtidos para o VaR através deste método variam muito com o período de amostragem sendo esta influenciada pelo maior ou menor número de observações; os pesos dos ativos na carteira são constantes para todo o painel de observações e não é admitida a existência de reajustamentos na composição da carteira (Hendricks, 1996).

#### **4.2.3 - Simulação de Monte Carlo**

O método de simulação de Monte Carlo consiste na geração aleatória de cenários, utilizando os dados históricos apenas para determinar os parâmetros de risco (volatilidade, correlações etc.). A idéia básica é simular um grande número de possíveis comportamentos dos fatores de risco que são utilizados para construir cenários de perdas e ganhos de uma carteira e a correspondente função distribuição (Jorion, 1997).

A metodologia básica para o cálculo do VaR utilizando a simulação de Monte Carlo baseia-se nos seguintes passos (Saliby e Araújo, 2001):

- estima-se os parâmetros de risco (volatilidade e correlações) e os fatores que influenciam o valor da carteira;
- através de um modelo estocástico, os preços futuros de cada ativo e dos fatores de risco da carteira são simulados;
- calcula-se o valor da carteira para cada cenários simulados.

Estes passos são repetidos até ter um número de amostras suficiente para que se possa gerar uma distribuição dos possíveis valores da carteira. A partir da distribuição obtida com as simulações e de acordo com o nível de confiança desejado, calcula-se o VaR.

Muito embora, este método exija recursos computacionais elevados, suas vantagens residem no fato de permitir a incorporação de alterações temporais da volatilidade, asas largas das distribuições e eventos extremos, além de permitir avaliar carteiras

complexas e simulação de vários cenários ao longo do horizonte temporal requerido (Jorion, 1997).

#### 4.2.4 - Avaliação *Stress-testing*

A avaliação *stress-testing* (teste de *stress*) consiste em simular o que ocorreria com a carteira se os ativos oscilassem de maneira expressiva. O teste de *stress* é usado como uma ferramenta complementar aos modelos VaR apresentados para a avaliação do risco de mercado, o primeiro refletindo o “risco numa situação de crise” e o segundo o “risco do cotidiano” (Frain e Meegan, 1996).

Resumidamente, e não considerando as especificidades de cada instituição, os modelos de *stress-testing* convencionais podem ser resumidos em três etapas básicas (Vieira Neto e Urban, 1999):

- o Comitê de Risco da instituição se reúne e define um conjunto de “cenários<sup>38</sup> de crise”;
- o valor da carteira cujo risco de mercado se quer analisar é recalculado em cada um dos cenários estipulados pelo Comitê de Risco;
- finalmente, escolhe-se o cenário correspondente à maior perda hipotética para a carteira. A magnitude desta perda é definida como sendo o risco de mercado da carteira em termos do modelo de *stress*.

Em contraposição aos modelos de VaR, que em geral trabalham com volatilidades e correlações históricas, é comum que os cenários definidos nos modelos de *stress* representem situações extremas e distantes do cotidiano. Normalmente, há, pelo menos, dois cenários, sendo um totalmente otimista (*bullish*) e outro totalmente pessimista (*bearish*). Enquanto os modelos de *stress-testing*, por um lado, ganham por não se prenderem a evoluções históricas de variáveis macroeconômicas, por outro a escolha dos cenários envolve um alto grau de subjetividade (Vieira Neto e Urban, 1999).

---

<sup>38</sup> Neste caso, o cenário equivale a uma determinada combinação de preços e taxas de juros.

### 4.3 - VaR e Tsallis – VaR<sub>q</sub>

Como apresentado o item anterior, calcular o VaR paramétrico envolve, na realidade, determinar a melhor distribuição das variações de preços de um ativo (ou carteira). No Capítulo três, foi sugerida a distribuição de Tsallis para estimar as variações de preços do CASI. Nesta Seção, será apresentado o VaR utilizando esta distribuição como base do cálculo. A função distribuição a ser utilizada é apresentada pela Equação 3.18. A forma desta distribuição é definida por dois parâmetros,  $q$  e  $\mathbf{b}$ , sendo que  $q$  é função de  $Dt$  e  $\mathbf{b} = 1/((5 - 3 * q))$ , para variância igual a um.

Desta forma, o VaR<sub>q</sub> pode ser calculado utiliza-se as Equações 3.18 e 4.1:

$$Z_q^{-1} \int_{-\infty}^{S^*} [1 - \mathbf{b}(1 - q)S^2]^{1/(1-q)} dS = 1 - \mathbf{a} \quad (4.5)$$

Resolvendo a integral tem-se:

$$1 - \mathbf{a} = S^* \text{hipergeom} \left( \left[ \frac{1}{2}, -\frac{1}{1-q} \right], \left[ \frac{3}{2} \right], -\mathbf{b} * S^{2 * (q-1)} \right) * Z_q^{-1} \quad (4.6)$$

onde

$Z_q^{-1}$  é uma constante de normalização dada pela Equação 3.19;

*hipergeom* é uma função hipergeométrica que é dada por (Rainville, 1960):

$$F(a, b; c; f) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(a)_k (b)_k f^k}{(c)_k k!} = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\prod_{i=1}^p \left[ \frac{\Gamma(\mathbf{a}_i + k)}{\Gamma(\mathbf{a}_i)} \right] * f^k}{\prod_{j=1}^r \left[ \frac{\Gamma(\mathbf{c}_j + k)}{\Gamma(\mathbf{c}_j)} \right] * k!} \right) \quad (4.7)$$

onde,  $\alpha$  assume os valores de  $a$  e  $b$ .

Os valores dos parâmetros da função da Equação 4.6 são:

$$a = 1/2; \quad b = -1/(q-1); \quad c = 3/2; \quad k \geq 1; \quad p = 2; \quad r = 1; \quad f = -\mathbf{b} * S^{2 * (q-1)}.$$

Assim, a Equação 4.6 torna-se:

$$1 - \mathbf{a} = Z_q^{-1} * S * \left[ 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2} + k\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} * \frac{\Gamma\left(\frac{1}{(q-1)} + k\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{(q-1)}\right)} * (-\mathbf{b} * S^2 * (q-1))^k}{\frac{\Gamma\left(\frac{3}{2} + k\right)}{\Gamma\left(\frac{3}{2}\right)} * k!} \right]$$

ou então,

$$1 - \mathbf{a} = Z_q^{-1} * S * \left[ 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2} + k\right) * \Gamma\left(\frac{1}{(q-1)} + k\right) * (-\mathbf{b} * S^2 * (q-1))^k}{2 * \Gamma\left(\frac{1}{(q-1)}\right) * \Gamma\left(\frac{3}{2} + k\right) * k!} \right] \quad (4.8)$$

### 4.3.1 - Análise dos Resultados

A análise do modelo VaRq (Equação 4.6) se deu através da comparação entre modelos paramétricos utilizando como base a distribuição Gaussiana (método tradicional de variância-covariância, que neste item será chamado de VaR<sub>G</sub>), e a distribuição de Levy - VaR<sub>L</sub> (utilizando o programa “stable.exe”, desenvolvido por Nolan, P. para gerar a função acumulada de distribuição). Para calcular os valores do VaRq utilizou-se a função *fsolve* do Matlab.

O primeiro passo foi analisar o comportamento das funções distribuições acumuladas das distribuições de Levy, Tsallis e Gaussiana em relação aos dados empíricos do CASI e verificar o efeito da escolha de uma distribuição mais adequada ao comportamento das diferenças de preços sobre o cálculo do VaR paramétrico. A Figura 4.1 mostra, em escala linear-logarítmica, as funções densidades acumuladas dos retornos normalizados do CASI e as distribuições acumuladas de Tsallis (vermelho), de Levy (rosa) e Gaussiana (verde) para  $\Delta t = 1$  dia; e a Figura 4.2 mostra, em escala linear-

linear, as mesmas curvas com maior detalhe para os níveis de confiança entre 95% a 99,9%. Os parâmetros para as distribuições foram  $q = 1,49$  (para a distribuição de Tsallis);  $\alpha = 1,5$  e  $\gamma = 0,5$  (vide Figura 3.5). Pode-se perceber que, até o nível de confiança 97,5%, as três distribuições estão próximas dos dados reais. A partir de então, em especial para níveis de confiança mais altos, acima de 99%, a distribuição Gaussiana começa a divergir dos dados reais e subestima o risco, enquanto que a distribuição de Levy tende a superestimar o risco, o que leva a alocação de capital indevido.

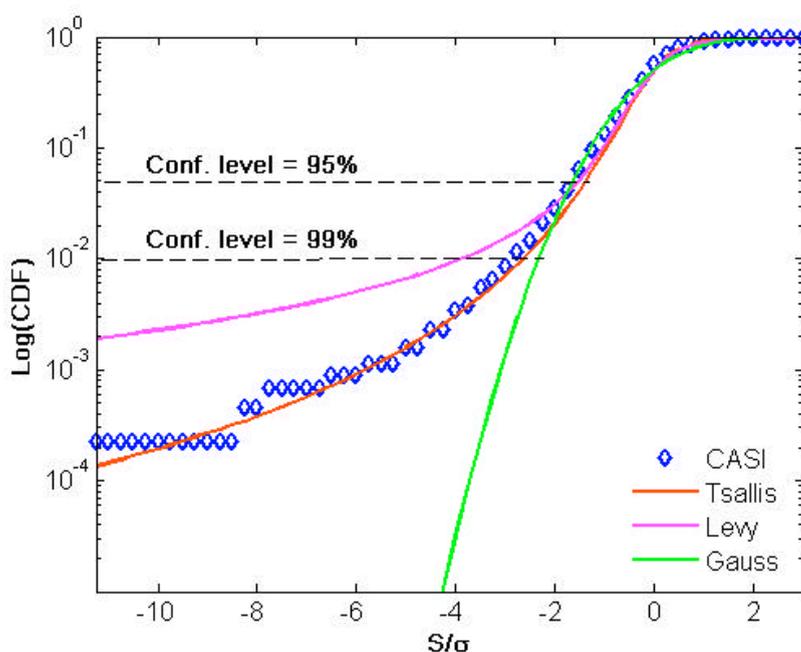


FIGURA 4.1 – Função densidade acumulada de probabilidade dos dados reais do CASI (losango azul); Tsallis (vermelha); Gaussiana (verde); e Levy (rosa).

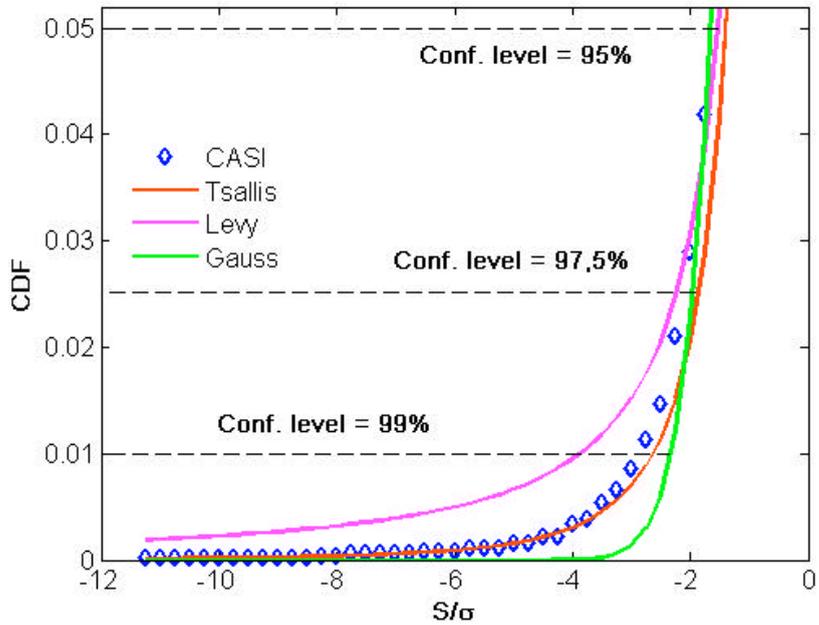


FIGURA 4.2 – Função densidade acumulada de probabilidade em escala semi-logarítmica dos dados reais do CASI (losango azul); Tsallis (vermelha); Gaussiana (verde); e Levy (rosa).

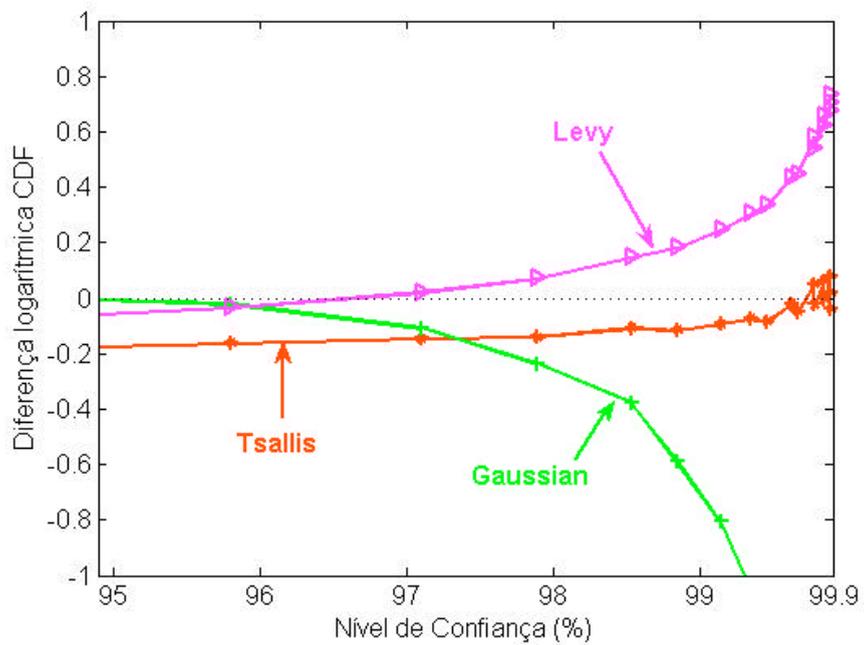


FIGURA 4.3 – Diferenças logarítmicas dos quantis entre as distribuições Tsallis (vermelho), Levy (rosa) e Gaussiana (verde) e os dados do CASI.

Esta comparação é melhor visualizada na Figura 4.3 e na Tabela 4.1 que mostram a diferença entre os quantis dos dados do CASI e as distribuições Tsallis, Levy e Gaussiana em função do nível de confiança. Até o nível de confiança igual até 97,5%, os valores não diferem muito e todos estão próximos da variação negativa real do mercado. A partir deste nível, o resultado do  $VaR_L$  começa a distanciar dos dados reais. Isso porque, mesmo com a ocorrência de variações abruptas nos preços de um ativo, estas não são infinitas para serem representadas por uma distribuição que assume esta possibilidade. O  $VaR_G$ , por sua vez, começa a subestimar o risco. Neste aspecto, a utilização da distribuição de Tsallis no cálculo do risco possibilita que este seja melhor determinado e com uma maior precisão em relação aos métodos padrões de cálculo do VaR. Ainda, o uso desta distribuição permite manter a simplicidade do método variância-covariância, muito utilizado pelo mercado, uma vez que o VaR pode ser determinado pela Equação 4.6. A Tabela 4.2 apresenta os valores que  $S^*$  normalizado assume para cada valor de  $q$ , considerando os níveis de confianças 95%, 97,5%, 99% e 99,9%. Os valores na primeira coluna referem-se ao parâmetro  $q$  da distribuição de Tsallis e as demais colunas são os valores da variável  $S$ , de acordo com o nível de confiança desejado.

TABELA 4.1 – Valores Médios de VaR Diários e Diferenças com os Valores Reais

NC	Dados	VaR <sub>q</sub>		VaR <sub>G</sub>		VaR <sub>L</sub>	
		valor médio	diferença	valor médio	diferença	valor médio	diferença
95%	-22.227	-19.845	-2.382	-23.740	1,513	-20.143	-2,084
97,5%	-29.509	-26.288	-3.221	-27.739	-1,770	-33.966	4,457
99,0%	-43.013	-38.813	-4.201	-34.387	-8,626	-57.558	14,544
99,9%	-76.376	-79.583	3.207	-48.116	-28,260	-163.862	87,486

TABELA 4.2 – Valores de  $S^*$  para diferentes  $q$ 's

$q$	Nível de confiança				$q$	Nível de confiança			
	0,05	0,025	0,01	0,001		0,05	0,025	0,01	0,001
1,01	-1,64422	-1,96190	-2,33335	-3,10280	1,35	-1,54970	-1,98601	-2,61849	-4,53744
1,02	-1,64353	-1,96394	-2,34052	-3,12820	1,36	-1,54238	-1,98254	-2,62555	-4,59788
1,03	-1,64279	-1,96597	-2,34781	-3,15434	1,37	-1,53453	-1,97923	-2,63212	-4,65874
1,04	-1,64198	-1,96799	-2,35521	-3,18122	1,38	-1,52613	-1,97462	-2,63812	-4,72005
1,05	-1,64110	-1,96999	-2,36272	-3,20888	1,39	-1,51711	-1,96931	-2,64347	-4,78162
1,06	-1,64016	-1,97197	-2,37035	-3,23734	1,40	-1,50744	-1,96324	-2,64806	-4,84324
1,07	-1,63914	-1,97393	-2,37809	-3,26662	1,41	-1,49705	-1,95633	-2,65178	-4,90468
1,08	-1,63804	-1,97586	-2,38594	-3,29676	1,42	-1,48589	-1,94848	-2,65449	-4,96563
1,09	-1,63686	-1,97775	-2,39390	-3,32777	1,43	-1,47389	-1,93960	-2,65605	-5,02578
1,10	-1,63560	-1,97961	-2,40197	-3,35969	1,44	-1,46097	-1,92959	-2,65629	-5,08472
1,11	-1,63423	-1,98143	-2,41014	-3,39254	1,45	-1,44705	-1,91831	-2,65502	-5,14200
1,12	-1,63277	-1,98319	-2,41843	-3,42635	1,46	-1,43204	-1,90563	-2,65201	-5,19708
1,13	-1,63120	-1,98491	-2,42681	-3,46116	1,47	-1,41583	-1,89139	-2,64702	-5,24934
1,14	-1,62952	-1,98656	-2,43529	-3,49698	1,48	-1,39829	-1,87541	-2,63975	-5,29804
1,15	-1,62772	-1,98814	-2,44387	-3,53386	1,49	-1,37930	-1,85748	-2,62988	-5,34235
1,16	-1,62580	-1,98965	-2,45254	-3,57181	1,50	-1,35870	-1,83738	-2,61702	-5,38123
1,17	-1,62374	-1,99108	-2,46129	-3,61088	1,51	-1,33631	-1,81483	-2,60072	-5,41352
1,18	-1,62153	-1,99241	-2,47012	-3,65109	1,52	-1,31193	-1,78951	-2,58045	-5,43781
1,19	-1,61917	-1,99364	-2,47902	-3,69248	1,53	-1,28531	-1,76106	-2,55560	-5,45243
1,20	-1,61665	-1,99475	-2,48798	-3,73507	1,54	-1,25618	-1,72903	-2,52542	-5,45537
1,21	-1,61396	-1,99574	-2,49700	-3,77890	1,55	-1,22419	-1,69291	-2,48904	-5,44424
1,22	-1,61108	-1,99658	-2,50605	-3,82399	1,56	-1,18895	-1,65207	-2,44538	-5,41608
1,23	-1,60801	-1,99728	-2,51514	-3,87038	1,57	-1,14995	-1,60574	-2,39314	-5,36726
1,24	-1,60472	-1,99780	-2,52423	-3,91810	1,58	-1,10657	-1,55295	-2,33066	-5,29326
1,25	-1,60121	-1,99814	-2,53333	-3,96717	1,59	-1,05802	-1,49247	-2,26626	-5,18827
1,26	-1,59746	-1,99827	-2,54240	-4,01763	1,60	-1,00325	-1,42268	-2,17705	-5,04470
1,27	-1,59346	-1,99818	-2,55144	-4,06950	1,61	-0,94084	-1,34139	-2,06893	-4,85231
1,28	-1,58918	-1,99784	-2,56040	-4,12281	1,62	-0,86874	-1,24543	-1,93652	-4,59656
1,29	-1,58460	-1,99724	-2,56927	-4,17757	1,63	-0,78378	-1,12999	-1,77158	-4,25553
1,30	-1,57971	-1,99633	-2,57803	-4,23380	1,64	-0,68054	-0,98684	-1,56026	-3,79258
1,31	-1,57449	-1,99507	-2,58662	-4,29152	1,65	-0,54801	-0,79931	-1,27470	-3,13510
1,32	-1,56890	-1,99344	-2,59502	-4,35075	1,66	-0,35313	-0,51818	-0,83368	-2,07446
1,33	-1,56293	-1,99141	-2,60318	-4,41148	1,35	-1,54970	-1,98601	-2,61849	-4,53744
1,34	-1,55654	-1,98895	-2,61102	-4,47371	1,36	-1,54238	-1,98254	-2,62555	-4,59788

A seguir é feita uma avaliação do desempenho dos diferentes métodos com relação a uma carteira hipotética – valor de \$1.000.000,00 investido no índice CASI. O objetivo é destacar as principais diferenças nos resultados alcançados pelos diferentes métodos – Gaussiana, Levy e Tsallis – e testar a aplicabilidade do método VaRq para o gerenciamento de risco para uma carteira. Esta comparação foi realizada de duas formas: na primeira, escolheu-se cinco dias (27/out./1997, 04/fev./2000, 13/mar./2001, 17/set.2001 e 19/nov./2002) de grande variação negativa no mercado, acima 5%, de forma a verificar a eficácia dos métodos em estimar perdas potenciais advindas destas oscilações e com qual nível de confiança (NC), variando também o horizonte de tempo; e, na segunda, acompanhou-se dois meses de negociação (mar. e abr./2003) do índice CASI e foram avaliados os desempenhos do VARq e do método VaRG, em dias de estado “normal”<sup>39</sup> de mercado.

Os resultados são apresentados nas Tabelas 4.2 a 4.6. A primeira coluna representa o dia em que ocorreu a oscilação, a segunda coluna a variação ocorrida no dia, nas colunas quatro a sete são apresentados os valores dos VaRs calculados pelos métodos apresentados na coluna três. A Tabelas 4.3 e 4.4 mostram os resultados alcançados para o horizonte de tempo de um e três dias, respectivamente. Como observado nos gráficos, até o nível de confiança de 97,5% os valores calculados pelos diferentes métodos não diferem muito e nenhum deles se aproxima da oscilação ocorrida no dia. Com NC igual a 99%, os valores começam a divergir, mas ainda longe da variação diária. Com o NC mais alto, 99,9%, o VaRq se aproxima da variação diária, sendo que a distribuição de Levy já diverge neste ponto superestimando o valor da perda em potencial e a Gaussiana, por sua vez, subestima este valor.

À medida que o horizonte de tempo alarga – Tabela 4.5 a Tabela 4.7, os valores VaR calculados aumentam significativamente. Isto é consistente com o fato de que a volatilidade aumenta quando aumenta o horizonte de tempo, como visto nas Figuras 3.12 e 3.13 e Tabelas 3.2 e 3.3. O mesmo ocorre com os valores do VaR para níveis de confiança maiores. Estes são superiores aos de níveis de confiança mais baixos, em

---

<sup>39</sup> A definição do que é uma situação normal de é muito relativa. Em geral, utiliza-se essa expressão para designar oscilações “suaves” no mercado em contrapartida a movimentações bruscas e mais abruptas.

concordância com a definição do próprio VaR, que passa nestes casos a considerar a ocorrência de perdas maiores, mas não tão frequentes, como, por exemplo, para 1% do tempo. Entretanto, vale ressaltar que à medida que o horizonte de tempo se alonga, os valores calculados para o VaR que melhor espelham a variação são aqueles com níveis de confiança mais baixos.

TABELA 4.3 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 1 dia

Data	Varição da carteira	Método	Var 95,0%	VaR 97,5%	VaR 99,0%	VaR 99,9%
27/out/1997	-68.800	VaR <sub>Q</sub>	-15.995	-21.522	-30.696	-63.508
		VaR <sub>G</sub>	-19.405	-23.051	-27.403	-37.987
		VaR <sub>L</sub>	-16.465	-26.344	-45.867	-202.285
4/fev/2000	-78.600	VaR <sub>Q</sub>	-16.836	-22.628	-32.499	-74.791
		VaR <sub>G</sub>	-20.605	-24.476	-29.096	-40.335
		VaR <sub>L</sub>	-17.211	-28.097	-48.702	-214.654
13/mar/2001	-61.050	VaR <sub>Q</sub>	-18.052	-24.450	-35.007	-72.547
		VaR <sub>G</sub>	-22.167	-26.332	-31.303	-43.394
		VaR <sub>L</sub>	-18.589	-30.228	-52.395	-231.077
17/set/2001	-54.300	VaR <sub>Q</sub>	-19.640	-26.095	-36.396	-77.599
		VaR <sub>G</sub>	-22.662	-26.919	-32.001	-44.362
		VaR <sub>L</sub>	-19.228	-30.559	-52.602	-236229
19/nov/2002	-101.200	VaR <sub>Q</sub>	-20.020	-26.864	-37.468	-79.178
		VaR <sub>G</sub>	-23.329	-27.712	-32.944	-45.669
		VaR <sub>L</sub>	-19.737	-31.813	-54.435	-243.190

TABELA 4.4 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 3 dias

Data	Varição da carteira	Método	Var 95,0%	VaR 97,5%	VaR 99,0%	VaR 99,9%
27/out/1997	-103.146	VaR <sub>Q</sub>	-30.675	-40.417	-55.030	-109.851
		VaR <sub>G</sub>	-34.199	-40.624	-48.293	-66.947
		VaR <sub>L</sub>	-31.504	-46.635	-80.834	-356.498
4/fev/2000	43.899	VaR <sub>Q</sub>	-31.633	-41.780	-57.514	-119.086
		VaR <sub>G</sub>	-35.726	-42.438	-50.449	-69.936
		VaR <sub>L</sub>	-33.128	-48.717	-84.443	-372.415
13/mar/2001	-102.168	VaR <sub>Q</sub>	-34.203	-45.174	-62.186	-119.038
		VaR <sub>G</sub>	-38.628	-45.886	-54.548	-75.617
		VaR <sub>L</sub>	-35.819	-52.675	-91.303	-402.669
17/set/2001	-69.427	VaR <sub>Q</sub>	-35.250	-46.388	-63.522	-120.197
		VaR <sub>G</sub>	-39.462	-46.876	-55.725	-77.249
		VaR <sub>L</sub>	-36.592	-53.811	-92.077	-411.357
19/nov/2002	-110.820	VaR <sub>Q</sub>	-36.261	-47.718	-65.344	-123.645
		VaR <sub>G</sub>	-40.594	-48.220	-57.323	-79.465
		VaR <sub>L</sub>	-37.641	-54.125	-93.980	-418.236

TABELA 4.5 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 10 dias

Data	Varição da carteira	Método	Var 95,0%	VaR 97,5%	VaR 99,0%	VaR 99,9%
27/out/1997	-117.501	VaR <sub>q</sub>	-55.333	-71.594	-95.651	-171.135
		VaR <sub>G</sub>	-59.824	-71.064	-84.479	-117.111
		VaR <sub>L</sub>	-55.111	-81.579	-139.590	-623.623
4/fev/2000	81.056	VaR <sub>q</sub>	-58.061	-75.124	-100.367	-179.574
		VaR <sub>G</sub>	-62.774	-74.568	-88.645	-122.885
		VaR <sub>L</sub>	-58.209	-84.840	-144.570	-654.372
13/mar/2001	-60.278	VaR <sub>q</sub>	-63.350	-82.233	-110.384	-199.668
		VaR <sub>G</sub>	-68.900	-81.844	-97.295	-134.876
		VaR <sub>L</sub>	-67.229	-100.218	-179.557	-718.226
17/set/2001	-183.562	VaR <sub>q</sub>	-65.387	-84.602	-113.029	-202.229
		VaR <sub>G</sub>	-70.694	-83.976	-99.828	-138.388
		VaR <sub>L</sub>	-68.980	-104.113	-184.232	-736.929
19/nov/2002	-138.742	VaR <sub>q</sub>	-66.318	-85.807	-114.639	-205.109
		VaR <sub>G</sub>	-71.700	-85.171	-101.250	-140.359
		VaR <sub>L</sub>	-69.962	-105.595	-186.856	-747.422

TABELA 4.6 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 30 dias

Data	Varição da carteira	Método	Var 95,0%	VaR 97,5%	VaR 99,0%	VaR 99,9%
27/out/1997	-72.235	VaR <sub>q</sub>	-93.810	-119.528	-156.247	-264.784
		VaR <sub>G</sub>	-99.036	-117.642	-139.851	-193.870
		VaR <sub>L</sub>	-99.036	-144.652	-204.074	-660.238
4/fev/2000	115.275	VaR <sub>q</sub>	-103.530	-132.291	-173.667	-297.560
		VaR <sub>G</sub>	-109.747	-130.366	-154.976	-214.837
		VaR <sub>L</sub>	-109.747	-159.631	-226.145	-731.644
13/mar/2001	-193.674	VaR <sub>q</sub>	-114.403	-146.613	-193.304	-334.966
		VaR <sub>G</sub>	-121.808	-144.693	-172.007	-238.448
		VaR <sub>L</sub>	-121.808	-177.175	-250.997	-812.051
17/set/2001	-218.011	VaR <sub>q</sub>	-117.487	-150.125	-197.079	-337.675
		VaR <sub>G</sub>	-124.542	-147.940	-175.868	-243.800
		VaR <sub>L</sub>	-124.542	-181.151	-256.631	-830.277
19/nov/2002	20.312	VaR <sub>q</sub>	-118.167	-150.994	-198.220	-339.629
		VaR <sub>G</sub>	-125.262	-148.796	-176.886	-245.210
		VaR <sub>L</sub>	-125.262	-182.959	-258.116	-835.082

TABELA 4.7 – Valores do VaR – Horizonte de tempo: 100 dias

Data	Variação da carteira	Método	Var 95,0%	VaR 97,5%	VaR 99,0%	VaR 99,9%
27/out/1997	-87.683	VaR <sub>Q</sub>	-161.365	-202.350	-258.377	-412.107
		VaR <sub>G</sub>	-167.091	-198.484	-235.953	-327.093
		VaR <sub>L</sub>	-161.015	-197.471	-248.105	-607.604
4/fev/2000	529.363	VaR <sub>Q</sub>	-194.358	-245.616	-317.185	-520.901
		VaR <sub>G</sub>	-203.006	-241.146	-286.669	-397.399
		VaR <sub>L</sub>	-193.163	-239.916	-302.663	-738.203
13/mar/2001	-204.299	VaR <sub>Q</sub>	-225.171	-285.319	-369.918	-613.740
		VaR <sub>G</sub>	-235.970	-280.304	-333.218	-461.929
		VaR <sub>L</sub>	-221.669	-278.874	-314.627	-829.470
17/set/2001	-289.177	VaR <sub>Q</sub>	-229.006	-289.402	-373.729	-613.761
		VaR <sub>G</sub>	-239.195	-284.135	-337.773	-468.243
		VaR <sub>L</sub>	-224.699	-282.685	-359.518	-840.808
19/nov/2002	-159.433	VaR <sub>Q</sub>	-234.454	-295.507	-380.143	-618.104
		VaR <sub>G</sub>	-244.130	-289.997	-344.741	-477.903
		VaR <sub>L</sub>	-230.814	-288.518	-366.935	-858.155

Por fim, deve-se evidenciar que em apenas três casos (27/out/1997, 04/fev/2000 e 19/nov/2002, todos para o horizonte de tempo de um dia), a queda no mercado foi superior ao estimado pelo VaR<sub>Q</sub> para o NC 99,9%. Destes, os valores estimados para 27/out/1997 (-\$63.508), 04/fev/2000 (-\$74.791) foram próximos da variação do mercado no dia (-\$69.000 e -\$78.000, respectivamente). No caso da estimativa do VaR<sub>G</sub>, nove variações negativas foram muito acima do VaR<sub>G</sub> e oito acima do VaR utilizando como base a distribuição de Levy.

Os períodos selecionados acima apresentaram grande variabilidade no mercado. O interesse agora é verificar o desempenho do VaR<sub>Q</sub> em uma seqüência de dias independente de as variações serem abruptas ou não. Para esta análise foi selecionado o período de março//2003 a junho de 2004 e calculou-se a variação dia a dia de uma carteira com aplicação inicial de \$ 1 milhão e as estimativas do VaR<sub>Q</sub> e VaR<sub>G</sub>, para cada dia. Os resultados podem ser vistos na Tabela 4.8, onde a primeira coluna apresenta a data de operação, a segunda e a terceira colunas trazem o valor da carteira e a sua variação no dia, respectivamente; as colunas quatro a seis são os valores do VaR<sub>Q</sub> para três níveis de confiança (95%, 97,5% e 99%) para cada dia; e as colunas sete a nove trazem os valores do VaR<sub>G</sub> diários para os mesmos níveis de confiança. Este foi um período sem quedas abruptas como nos períodos selecionados acima. Desta forma,

apenas em seis dias a perda real da carteira superou a prevista pelo VaRq, com NC igual a 95%. Mais importante, a estimativa de perda do VaRq foi mais condizente com a apresentada pelo mercado, o que evita alocação de recursos para provisão de perda além do necessário.

Em linhas gerais, pode-se concluir destes resultados que eventos extremos (grandes variações no preço de um ativo) ocorrem mais frequentemente do que o previsto pela distribuição Gaussiana. Ainda, estas variações não são infinitas nem tão frequentes que justifique o uso de uma distribuição que tenha o segundo momento infinito. Outro ponto a destacar é o uso de um índice representando uma carteira. Procedendo desta forma, tem-se a vantagem de se analisar uma carteira como um ativo, o que diminui o custo do cálculo, sendo que a relação entre os ativos é preservada no cálculo do índice.

TABELA 4.8 – Valores de VaR<sub>q</sub> e VaR<sub>G</sub> para um Período Sequencial de Negociação.

Data	Valor da Carteira	Variação	VaR <sub>q</sub> 95%	VaR <sub>q</sub> 97,5%	VaR <sub>q</sub> 99%	VaR <sub>G</sub> 95%	VaR <sub>G</sub> 97,5%	VaR <sub>G</sub> 99%
28-Feb-03	1.000.000		-19.944	-26.749	-37.651	-23.534	-27.956	-33.233
3-Mar-03	993.918	-6.082	-19.821	-26.584	-37.418	-23.389	-27.783	-33.028
4-Mar-03	981.525	-12.393	-19.573	-26.252	-36.951	-23.096	-27.436	-32.615
5-Mar-03	988.403	6.877	-19.708	-26.433	-37.206	-23.256	-27.625	-32.840
6-Mar-03	971.467	-16.936	-19.372	-25.982	-36.571	-22.859	-27.154	-32.279
7-Mar-03	966.627	-4.839	-19.273	-25.849	-36.385	-22.743	-27.015	-32.115
10-Mar-03	936.535	-30.093	-18.682	-25.057	-35.269	-22.045	-26.187	-31.130
11-Mar-03	927.747	-8.787	-18.506	-24.820	-34.935	-21.837	-25.939	-30.836
12-Mar-03	930.098	2.351	-18.550	-24.880	-35.020	-21.889	-26.002	-30.911
13-Mar-03	963.593	33.496	-19.230	-25.792	-36.304	-22.692	-26.955	-32.044
14-Mar-03	979.559	15.966	-19.550	-26.220	-36.907	-23.069	-27.403	-32.576
17-Mar-03	1.020.408	40.849	-20.383	-27.338	-38.480	-24.052	-28.571	-33.965
18-Mar-03	1.022.152	1.744	-20.415	-27.381	-38.541	-24.090	-28.616	-34.018
19-Mar-03	1.022.344	192	-20.417	-27.383	-38.543	-24.092	-28.618	-34.021
20-Mar-03	1.020.252	-2.092	-20.372	-27.324	-38.460	-24.040	-28.556	-33.947
21-Mar-03	1.032.960	12.708	-20.626	-27.663	-38.938	-24.338	-28.911	-34.369
24-Mar-03	1.005.797	-27.163	-20.089	-26.944	-37.925	-23.706	-28.159	-33.475
25-Mar-03	1.015.007	9.210	-20.286	-26.929	-38.127	-23.921	-28.415	-33.779
26-Mar-03	1.010.654	-4.354	-20.197	-26.810	-37.959	-23.816	-28.290	-33.631
27-Mar-03	1.011.444	790	-20.210	-26.828	-37.984	-23.831	-28.309	-33.653
28-Mar-03	1.005.148	-6.295	-20.083	-26.659	-37.744	-23.681	-28.130	-33.440
31-Mar-03	985.961	-19.188	-19.701	-26.152	-37.027	-23.231	-27.596	-32.805
1-Apr-03	997.478	11.517	-19.057	-26.457	-37.458	-23.501	-27.917	-33.187
2-Apr-03	1.013.813	16.335	-19.369	-26.891	-38.073	-23.887	-28.375	-33.732
3-Apr-03	1.008.659	-5.154	-19.269	-26.751	-37.875	-23.763	-28.228	-33.557
4-Apr-03	1.013.256	4.596	-19.354	-26.870	-38.044	-23.869	-28.353	-33.706
7-Apr-03	1.026.735	13.480	-19.612	-27.227	-38.549	-24.186	-28.730	-34.154
8-Apr-03	1.019.346	-7.389	-19.469	-27.029	-38.268	-24.010	-28.521	-33.905
9-Apr-03	1.010.202	-9.144	-19.293	-26.784	-37.922	-23.793	-28.263	-33.598
10-Apr-03	1.004.434	-5.769	-19.181	-26.629	-37.702	-23.654	-28.098	-33.403
11-Apr-03	995.535	-8.898	-19.009	-26.391	-37.365	-23.443	-27.847	-33.104
14-Apr-03	1.011.552	16.017	-19.316	-26.816	-37.967	-23.821	-28.296	-33.638
15-Apr-03	1.021.083	9.530	-19.496	-27.067	-38.322	-24.044	-28.561	-33.953
16-Apr-03	1.019.186	-1.897	-19.458	-27.014	-38.247	-23.996	-28.505	-33.885
17-Apr-03	1.030.957	11.771	-19.682	-27.324	-38.687	-24.272	-28.832	-34.275
21-Apr-03	1.030.477	-479	-19.670	-27.308	-38.664	-24.258	-28.816	-34.255
22-Apr-03	1.058.725	28.248	-20.216	-28.066	-39.736	-24.931	-29.615	-35.205
23-Apr-03	1.070.582	11.856	-20.441	-28.379	-40.180	-25.209	-29.945	-35.598
24-Apr-03	1.059.993	-10.589	-20.238	-28.096	-39.780	-24.958	-29.647	-35.244
25-Apr-03	1.048.712	-11.281	-20.021	-27.796	-39.354	-24.691	-29.330	-34.867
28-Apr-03	1.066.652	17.941	-20.365	-28.273	-40.029	-25.115	-29.833	-35.465

(continua)

TABELA 4.8 - Continuação

Data	Valor da Carteira	Variação	VaRq 95%	VaRq 97,5%	VaRq 99%	VaRG 95%	VaRG 97,5%	VaRG 99%
29-Apr-03	1.074.391	7.739	-20.511	-28.475	-40.316	-25.295	-30.047	-35.719
30-Apr-03	1.073.028	-1.363	-20.482	-28.436	-40.260	-25.259	-30.005	-35.669
1-May-03	1.068.502	-4.526	-20.393	-28.313	-40.086	-25.150	-29.875	-35.515
2-May-03	1.090.595	22.093	-20.818	-28.902	-40.920	-25.673	-30.497	-36.254
5-May-03	1.090.569	-26	-20.815	-28.898	-40.914	-25.670	-30.492	-36.249
6-May-03	1.106.760	16.191	-21.124	-29.327	-41.522	-26.051	-30.945	-36.787
7-May-03	1.092.975	-13.785	-20.860	-28.961	-41.004	-25.726	-30.559	-36.328
8-May-03	1.080.677	-12.298	-20.625	-28.634	-40.540	-25.435	-30.214	-35.918
9-May-03	1.097.470	16.792	-20.945	-29.079	-41.171	-25.831	-30.684	-36.476
12-May-03	1.114.354	16.884	-21.268	-29.527	-41.805	-26.229	-31.157	-37.038
13-May-03	1.114.610	257	-21.270	-29.530	-41.810	-26.232	-31.160	-37.042
14-May-03	1.120.980	6.369	-21.390	-29.696	-42.044	-26.379	-31.335	-37.250
15-May-03	1.131.070	10.091	-21.581	-29.961	-42.420	-26.614	-31.615	-37.583
16-May-03	1.129.765	-1.305	-21.553	-29.923	-42.366	-26.580	-31.574	-37.535
19-May-03	1.096.666	-33.099	-20.930	-29.058	-41.141	-25.812	-30.662	-36.450
20-May-03	1.101.972	5.306	-21.029	-29.195	-41.336	-25.934	-30.807	-36.622
21-May-03	1.106.919	4.947	-21.121	-29.323	-41.517	-26.048	-30.942	-36.783
22-May-03	1.115.740	8.821	-21.288	-29.555	-41.844	-26.253	-31.186	-37.073
23-May-03	1.122.172	6.432	-21.408	-29.722	-42.081	-26.402	-31.362	-37.283
27-May-03	1.140.553	18.381	-21.760	-30.210	-42.772	-26.835	-31.877	-37.895
28-May-03	1.142.549	1.995	-21.795	-30.259	-42.842	-26.879	-31.929	-37.957
29-May-03	1.150.608	8.060	-21.947	-30.470	-43.140	-27.066	-32.151	-38.221
30-May-03	1.169.788	19.180	-22.314	-30.979	-43.861	-27.519	-32.689	-38.859
2-Jun-03	1.178.253	8.466	-22.473	-31.200	-44.174	-27.715	-32.922	-39.137
3-Jun-03	1.174.173	-4.080	-22.393	-31.089	-44.016	-27.616	-32.805	-38.997
4-Jun-03	1.191.222	17.049	-22.718	-31.540	-44.656	-28.017	-33.281	-39.564
5-Jun-03	1.199.498	8.276	-22.874	-31.756	-44.962	-28.209	-33.509	-39.835
6-Jun-03	1.197.757	-1.741	-22.838	-31.706	-44.891	-28.165	-33.456	-39.772
9-Jun-03	1.178.554	-19.204	-22.473	-31.199	-44.173	-27.714	-32.921	-39.136
10-Jun-03	1.193.866	15.312	-22.764	-31.604	-44.746	-28.074	-33.348	-39.643
11-Jun-03	1.218.399	24.533	-23.235	-32.257	-45.671	-28.654	-34.038	-40.463
12-Jun-03	1.222.089	3.689	-23.302	-32.351	-45.804	-28.738	-34.137	-40.581
13-Jun-03	1.206.295	-15.794	-23.001	-31.932	-45.211	-28.366	-33.695	-40.056
16-Jun-03	1.230.461	24.167	-23.464	-32.576	-46.122	-28.937	-34.374	-40.863
17-Jun-03	1.232.032	1.571	-23.491	-32.614	-46.175	-28.971	-34.414	-40.910
18-Jun-03	1.248.461	16.429	-23.804	-33.048	-46.790	-29.356	-34.872	-41.455
19-Jun-03	1.243.016	-5.445	-23.698	-32.900	-46.581	-29.225	-34.716	-41.270
20-Jun-03	1.242.317	-699	-23.682	-32.878	-46.549	-29.205	-34.692	-41.241
23-Jun-03	1.212.316	-30.000	-23.115	-32.091	-45.436	-28.507	-33.863	-40.255
24-Jun-03	1.212.866	550	-23.123	-32.102	-45.451	-28.516	-33.874	-40.268
25-Jun-03	1.208.210	-4.656	-23.032	-31.975	-45.272	-28.404	-33.740	-40.109

(continua)

TABELA 4.8 - Continuação

Data	Valor da Carteira	Variação	VaRq 95%	VaRq 97,5%	VaRq 99%	VaRG 95%	VaRG 97,5%	VaRG 99%
26-Jun-03	1.214.807	6.597	-23.155	-32.146	-45.514	-28.556	-33.921	-40.324
27-Jun-03	1.210.674	-4.133	-23.073	-32.033	-45.354	-28.455	-33.802	-40.182
30-Jun-03	1.212.432	1.758	-23.104	-32.076	-45.414	-28.493	-33.847	-40.236
1-Jul-03	1.217.066	4.634	-23.190	-32.195	-45.583	-28.599	-33.972	-40.385
2-Jul-03	1.240.491	23.425	-23.639	-32.818	-46.465	-29.152	-34.629	-41.166
3-Jul-03	1.226.865	-13.626	-23.378	-32.456	-45.952	-28.831	-34.247	-40.712
7-Jul-03	1.254.634	27.769	-23.911	-33.196	-47.000	-29.488	-35.029	-41.641
8-Jul-03	1.250.971	-3.663	-23.839	-33.096	-46.858	-29.399	-34.922	-41.515
9-Jul-03	1.247.151	-3.820	-23.763	-32.991	-46.709	-29.306	-34.812	-41.383
10-Jul-03	1.224.598	-22.553	-23.335	-32.397	-45.868	-28.778	-34.185	-40.638
11-Jul-03	1.237.244	12.647	-23.575	-32.729	-46.339	-29.074	-34.536	-41.055
14-Jul-03	1.240.808	3.564	-23.640	-32.820	-46.467	-29.154	-34.631	-41.169
15-Jul-03	1.231.812	-8.996	-23.466	-32.579	-46.126	-28.940	-34.377	-40.867
16-Jul-03	1.227.504	-4.307	-23.382	-32.461	-45.960	-28.836	-34.253	-40.719
17-Jul-03	1.206.341	-21.163	-22.980	-31.904	-45.170	-28.340	-33.665	-40.020
18-Jul-03	1.231.698	25.357	-23.466	-32.579	-46.126	-28.940	-34.377	-40.866
21-Jul-03	1.220.328	-11.370	-23.248	-32.276	-45.697	-28.671	-34.057	-40.486
22-Jul-03	1.239.865	19.536	-23.621	-32.793	-46.430	-29.130	-34.603	-41.136
23-Jul-03	1.244.902	5.037	-23.714	-32.923	-46.613	-29.246	-34.740	-41.298
24-Jul-03	1.244.320	-582	-23.700	-32.904	-46.586	-29.228	-34.720	-41.274
25-Jul-03	1.262.946	18.626	-24.055	-33.397	-47.284	-29.666	-35.240	-41.892
28-Jul-03	1.273.382	10.436	-24.252	-33.670	-47.671	-29.909	-35.528	-42.235
29-Jul-03	1.262.970	-10.412	-24.052	-33.392	-47.277	-29.662	-35.235	-41.886
30-Jul-03	1.256.973	-5.996	-23.935	-33.230	-47.048	-29.518	-35.064	-41.683
31-Jul-03	1.260.332	3.359	-23.996	-33.315	-47.168	-29.593	-35.153	-41.790
1-Aug-03	1.249.779	-10.553	-23.794	-33.033	-46.769	-29.343	-34.856	-41.436
4-Aug-03	1.253.619	3.839	-23.864	-33.131	-46.908	-29.430	-34.960	-41.559
5-Aug-03	1.234.231	-19.388	-23.495	-32.619	-46.184	-28.976	-34.420	-40.917
6-Aug-03	1.234.854	624	-23.505	-32.632	-46.201	-28.987	-34.433	-40.933
7-Aug-03	1.230.254	-4.601	-23.414	-32.507	-46.024	-28.876	-34.301	-40.776
8-Aug-03	1.235.754	5.501	-23.517	-32.649	-46.225	-29.002	-34.451	-40.954
11-Aug-03	1.244.040	8.285	-23.672	-32.864	-46.530	-29.193	-34.678	-41.225
12-Aug-03	1.254.221	10.181	-23.864	-33.131	-46.907	-29.430	-34.959	-41.559
13-Aug-03	1.251.948	-2.273	-23.818	-33.067	-46.817	-29.373	-34.892	-41.479
14-Aug-03	1.270.252	18.303	-24.166	-33.550	-47.502	-29.803	-35.402	-42.085
15-Aug-03	1.270.462	210	-24.167	-33.552	-47.504	-29.804	-35.404	-42.087
18-Aug-03	1.290.242	19.780	-24.544	-34.075	-48.244	-30.269	-35.956	-42.743
19-Aug-03	1.297.137	6.895	-24.673	-34.254	-48.497	-30.427	-36.144	-42.967
20-Aug-03	1.288.374	-8.764	-24.504	-34.019	-48.165	-30.219	-35.897	-42.673
21-Aug-03	1.297.332	8.959	-24.672	-34.252	-48.496	-30.426	-36.143	-42.966
22-Aug-03	1.290.036	-7.296	-24.531	-34.056	-48.218	-30.252	-35.936	-42.720

(continua)

TABELA 4.8 - Continuação

Data	Valor da Carteira	Variação	VaRq 95%	VaRq 97,5%	VaRq 99%	VaRG 95%	VaRG 97,5%	VaRG 99%
25-Aug-03	1.283.868	-6.168	-24.411	-33.890	-47.983	-30.104	-35.760	-42.511
26-Aug-03	1.292.889	9.021	-24.580	-34.125	-48.315	-30.313	-36.008	-42.806
27-Aug-03	1.297.541	4.651	-24.666	-34.244	-48.484	-30.419	-36.134	-42.955
28-Aug-03	1.304.502	6.961	-24.795	-34.424	-48.739	-30.579	-36.324	-43.181
29-Aug-03	1.310.221	5.719	-24.901	-34.571	-48.947	-30.710	-36.479	-43.366
2-Sep-03	1.324.532	14.310	-25.172	-34.947	-49.479	-31.044	-36.876	-43.837
3-Sep-03	1.338.150	13.619	-25.430	-35.304	-49.985	-31.361	-37.253	-44.285
4-Sep-03	1.341.614	3.464	-25.492	-35.392	-50.109	-31.438	-37.345	-44.395
5-Sep-03	1.335.513	-6.101	-25.374	-35.227	-49.876	-31.292	-37.171	-44.188
8-Sep-03	1.350.129	14.616	-25.650	-35.611	-50.419	-31.633	-37.576	-44.670
9-Sep-03	1.339.321	-10.808	-25.443	-35.323	-50.011	-31.377	-37.272	-44.309
10-Sep-03	1.316.914	-22.407	-25.018	-34.734	-49.177	-30.854	-36.651	-43.570
11-Sep-03	1.326.828	9.914	-25.205	-34.992	-49.543	-31.084	-36.923	-43.894
12-Sep-03	1.332.842	6.014	-25.316	-35.147	-49.762	-31.221	-37.087	-44.088
15-Sep-03	1.329.680	-3.163	-25.253	-35.060	-49.638	-31.143	-36.995	-43.978
16-Sep-03	1.345.998	16.318	-25.562	-35.489	-50.246	-31.525	-37.447	-44.517
17-Sep-03	1.337.739	-8.259	-25.403	-35.268	-49.933	-31.328	-37.214	-44.239
18-Sep-03	1.354.884	17.145	-25.728	-35.719	-50.572	-31.729	-37.690	-44.805
19-Sep-03	1.343.787	-11.097	-25.515	-35.423	-50.154	-31.467	-37.379	-44.435
22-Sep-03	1.333.019	-10.767	-25.309	-35.137	-49.748	-31.212	-37.076	-44.075
23-Sep-03	1.332.008	-1.012	-25.287	-35.106	-49.704	-31.185	-37.044	-44.036
24-Sep-03	1.308.456	-23.551	-24.841	-34.488	-48.829	-30.635	-36.391	-43.261
25-Sep-03	1.297.475	-10.981	-24.631	-34.196	-48.415	-30.376	-36.083	-42.895
26-Sep-03	1.295.538	-1.937	-24.591	-34.141	-48.337	-30.327	-36.025	-42.825
29-Sep-03	1.309.743	14.205	-24.860	-34.513	-48.865	-30.658	-36.418	-43.293
30-Sep-03	1.296.188	-13.555	-24.601	-34.154	-48.357	-30.339	-36.039	-42.843
1-Oct-03	1.322.227	26.039	-25.098	-34.844	-49.334	-30.952	-36.767	-43.708
2-Oct-03	1.318.412	-3.815	-25.023	-34.740	-49.186	-30.859	-36.657	-43.577
3-Oct-03	1.338.357	19.946	-25.402	-35.266	-49.930	-31.327	-37.212	-44.237
6-Oct-03	1.345.977	7.619	-25.544	-35.463	-50.210	-31.502	-37.420	-44.484
7-Oct-03	1.353.507	7.530	-25.684	-35.658	-50.485	-31.675	-37.626	-44.729
8-Oct-03	1.348.576	-4.931	-25.588	-35.524	-50.296	-31.556	-37.485	-44.561
9-Oct-03	1.360.031	11.455	-25.803	-35.823	-50.719	-31.822	-37.800	-44.936
10-Oct-03	1.368.101	8.069	-25.954	-36.032	-51.015	-32.007	-38.021	-45.198
13-Oct-03	1.380.357	12.256	-26.184	-36.352	-51.469	-32.292	-38.359	-45.600
14-Oct-03	1.384.485	4.128	-26.260	-36.457	-51.617	-32.385	-38.469	-45.731
15-Oct-03	1.380.744	-3.741	-26.186	-36.354	-51.471	-32.293	-38.361	-45.602
16-Oct-03	1.384.752	4.008	-26.259	-36.456	-51.615	-32.383	-38.468	-45.729
17-Oct-03	1.374.096	-10.656	-26.054	-36.172	-51.214	-32.132	-38.168	-45.374
20-Oct-03	1.384.735	10.639	-26.254	-36.449	-51.606	-32.378	-38.461	-45.721
21-Oct-03	1.387.775	3.040	-26.309	-36.525	-51.713	-32.445	-38.541	-45.816

(continua)

TABELA 4.8 - Continuação

Data	Valor da Carteira	Variação	VaRq 95%	VaRq 97,5%	VaRq 99%	VaRG 95%	VaRG 97,5%	VaRG 99%
22-Oct-03	1.370.317	-17.457	-25.977	-36.065	-51.061	-32.036	-38.055	-45.239
23-Oct-03	1.368.035	-2.282	-25.931	-36.000	-50.970	-31.979	-37.987	-45.158
24-Oct-03	1.368.858	823	-25.943	-36.018	-50.995	-31.995	-38.006	-45.180
27-Oct-03	1.376.764	7.906	-26.091	-36.222	-51.285	-32.176	-38.221	-45.437
28-Oct-03	1.400.443	23.679	-26.541	-36.847	-52.169	-32.731	-38.881	-46.220
29-Oct-03	1.418.032	17.588	-26.873	-37.309	-52.823	-33.141	-39.368	-46.800
30-Oct-03	1.421.314	3.283	-26.932	-37.391	-52.939	-33.214	-39.455	-46.903
31-Oct-03	1.410.583	-10.731	-26.727	-37.105	-52.535	-32.961	-39.153	-46.545
3-Nov-03	1.422.685	12.101	-26.954	-37.421	-52.982	-33.241	-39.486	-46.940
4-Nov-03	1.418.933	-3.752	-26.880	-37.318	-52.836	-33.150	-39.378	-46.811
5-Nov-03	1.414.448	-4.485	-26.792	-37.196	-52.663	-33.041	-39.249	-46.658
6-Nov-03	1.419.141	4.693	-26.878	-37.315	-52.832	-33.147	-39.375	-46.808
7-Nov-03	1.425.350	6.209	-26.993	-37.474	-53.058	-33.289	-39.543	-47.007
10-Nov-03	1.403.515	-21.836	-26.580	-36.901	-52.246	-32.779	-38.938	-46.288
11-Nov-03	1.389.010	-14.504	-26.304	-36.518	-51.703	-32.439	-38.533	-45.808
12-Nov-03	1.418.712	29.701	-26.870	-37.304	-52.816	-33.137	-39.363	-46.794
13-Nov-03	1.420.790	2.078	-26.906	-37.354	-52.888	-33.182	-39.416	-46.857
14-Nov-03	1.404.543	-16.247	-26.597	-36.926	-52.281	-32.801	-38.964	-46.319
17-Nov-03	1.395.469	-9.074	-26.423	-36.684	-51.938	-32.586	-38.709	-46.016
18-Nov-03	1.385.780	-9.689	-26.237	-36.426	-51.573	-32.357	-38.436	-45.692
19-Nov-03	1.393.518	7.738	-26.381	-36.626	-51.856	-32.535	-38.647	-45.943
20-Nov-03	1.389.737	-3.782	-26.307	-36.522	-51.709	-32.443	-38.538	-45.813
21-Nov-03	1.392.133	2.397	-26.349	-36.581	-51.793	-32.495	-38.600	-45.887
24-Nov-03	1.407.236	15.102	-26.634	-36.976	-52.352	-32.846	-39.017	-46.382
25-Nov-03	1.410.248	3.012	-26.687	-37.051	-52.458	-32.912	-39.096	-46.476
26-Nov-03	1.419.620	9.372	-26.862	-37.294	-52.802	-33.128	-39.352	-46.781
28-Nov-03	1.424.410	4.790	-26.950	-37.415	-52.974	-33.236	-39.480	-46.933
1-Dec-03	1.437.009	12.599	-27.186	-37.744	-53.439	-33.528	-39.827	-47.345
2-Dec-03	1.430.107	-6.902	-27.053	-37.558	-53.176	-33.363	-39.631	-47.113
3-Dec-03	1.432.085	1.979	-27.087	-37.606	-53.244	-33.405	-39.682	-47.172
4-Dec-03	1.447.726	15.640	-27.382	-38.015	-53.823	-33.769	-40.113	-47.685
5-Dec-03	1.437.780	-9.945	-27.191	-37.750	-53.448	-33.534	-39.834	-47.354
8-Dec-03	1.443.331	5.551	-27.293	-37.892	-53.649	-33.659	-39.983	-47.531
9-Dec-03	1.435.101	-8.230	-27.135	-37.672	-53.338	-33.464	-39.751	-47.256
10-Dec-03	1.425.570	-9.532	-26.952	-37.419	-52.979	-33.239	-39.484	-46.937
11-Dec-03	1.448.364	22.794	-27.384	-38.018	-53.827	-33.771	-40.116	-47.689
12-Dec-03	1.455.459	7.095	-27.515	-38.200	-54.085	-33.933	-40.309	-47.918
15-Dec-03	1.441.550	-13.909	-27.251	-37.833	-53.565	-33.607	-39.921	-47.457
16-Dec-03	1.448.868	7.318	-27.386	-38.021	-53.831	-33.774	-40.120	-47.693
17-Dec-03	1.457.511	8.643	-27.547	-38.244	-54.147	-33.972	-40.355	-47.973
18-Dec-03	1.479.696	22.185	-27.967	-38.827	-54.972	-34.490	-40.970	-48.704

(continua)

TABELA 4.8 - Continuação

Data	Valor da Carteira	Variação	VaRq 95%	VaRq 97,5%	VaRq 99%	VaRG 95%	VaRG 97,5%	VaRG 99%
19-Dec-03	1.478.310	-1.386	-27.937	-38.786	-54.915	-34.454	-40.927	-48.653
22-Dec-03	1.493.876	15.566	-28.230	-39.192	-55.490	-34.815	-41.355	-49.162
23-Dec-03	1.502.681	8.805	-28.394	-39.419	-55.811	-35.016	-41.595	-49.447
24-Dec-03	1.502.583	-97	-28.388	-39.412	-55.801	-35.010	-41.588	-49.438
26-Dec-03	1.506.181	3.598	-28.453	-39.502	-55.929	-35.090	-41.682	-49.551
29-Dec-03	1.531.597	25.415	-28.935	-40.171	-56.875	-35.684	-42.388	-50.389
30-Dec-03	1.527.489	-4.108	-28.854	-40.058	-56.716	-35.584	-42.269	-50.249
31-Dec-03	1.527.773	285	-28.856	-40.061	-56.720	-35.586	-42.272	-50.252
2-Jan-04	1.541.729	13.956	-29.117	-40.424	-57.234	-35.909	-42.655	-50.708
5-Jan-04	1.568.001	26.272	-29.615	-41.115	-58.212	-36.523	-43.384	-51.574
6-Jan-04	1.574.255	6.254	-29.730	-41.275	-58.438	-36.664	-43.553	-51.774
7-Jan-04	1.576.761	2.506	-29.774	-41.336	-58.524	-36.718	-43.617	-51.851
8-Jan-04	1.623.627	46.866	-30.670	-42.580	-60.287	-37.824	-44.931	-53.412
9-Jan-04	1.614.745	-8.882	-30.500	-42.343	-59.951	-37.614	-44.680	-53.115
12-Jan-04	1.622.775	8.030	-30.648	-42.550	-60.243	-37.797	-44.898	-53.374
13-Jan-04	1.615.911	-6.865	-30.515	-42.365	-59.982	-37.633	-44.703	-53.142
14-Jan-04	1.634.278	18.367	-30.861	-42.845	-60.661	-38.059	-45.210	-53.744
15-Jan-04	1.633.757	-521	-30.847	-42.826	-60.635	-38.042	-45.190	-53.721
16-Jan-04	1.645.313	11.556	-31.063	-43.125	-61.058	-38.308	-45.505	-54.096
20-Jan-04	1.645.270	-43	-31.058	-43.119	-61.049	-38.303	-45.499	-54.088
21-Jan-04	1.649.144	3.874	-31.128	-43.216	-61.186	-38.389	-45.601	-54.209
22-Jan-04	1.640.165	-8.980	-30.955	-42.976	-60.847	-38.176	-45.348	-53.909
23-Jan-04	1.635.537	-4.628	-30.865	-42.850	-60.669	-38.064	-45.215	-53.751
26-Jan-04	1.649.776	14.239	-31.131	-43.220	-61.192	-38.392	-45.606	-54.215
27-Jan-04	1.640.616	-9.160	-30.955	-42.976	-60.847	-38.176	-45.348	-53.909
28-Jan-04	1.617.071	-23.545	-30.511	-42.360	-59.974	-37.628	-44.697	-53.135
29-Jan-04	1.612.383	-4.688	-30.419	-42.232	-59.793	-37.515	-44.563	-52.975
30-Jan-04	1.613.293	910	-30.433	-42.251	-59.820	-37.532	-44.583	-52.999
2-Feb-04	1.611.101	-2.192	-30.388	-42.189	-59.732	-37.476	-44.517	-52.921
3-Feb-04	1.608.094	-3.007	-30.328	-42.105	-59.614	-37.402	-44.429	-52.816
4-Feb-04	1.584.550	-23.544	-29.884	-41.489	-58.742	-36.855	-43.779	-52.044
5-Feb-04	1.596.857	12.307	-30.114	-41.808	-59.193	-37.138	-44.116	-52.444
6-Feb-04	1.625.081	28.224	-30.648	-42.550	-60.243	-37.797	-44.898	-53.374
9-Feb-04	1.627.543	2.462	-30.691	-42.609	-60.327	-37.850	-44.961	-53.448
10-Feb-04	1.642.799	15.256	-30.977	-43.006	-60.889	-38.202	-45.379	-53.946
11-Feb-04	1.663.484	20.685	-31.366	-43.546	-61.654	-38.682	-45.950	-54.624
12-Feb-04	1.651.601	-11.882	-31.139	-43.231	-61.208	-38.402	-45.617	-54.229
13-Feb-04	1.634.343	-17.258	-30.812	-42.778	-60.566	-37.999	-45.139	-53.660
17-Feb-04	1.663.935	29.591	-31.372	-43.555	-61.667	-38.690	-45.959	-54.635
18-Feb-04	1.657.512	-6.423	-31.248	-43.382	-61.422	-38.537	-45.777	-54.418
19-Feb-04	1.649.732	-7.780	-31.098	-43.174	-61.128	-38.352	-45.557	-54.157

(continua)

TABELA 4.8 - Continuação

Data	Valor da Carteira	Variação	VaRq 95%	VaRq 97,5%	VaRq 99%	VaRG 95%	VaRG 97,5%	VaRG 99%
20-Feb-04	1.638.309	-11.423	-30.880	-42.872	-60.699	-38.083	-45.238	-53.778
23-Feb-04	1.621.260	-17.049	-30.557	-42.423	-60.064	-37.685	-44.765	-53.215
24-Feb-04	1.608.084	-13.176	-30.307	-42.075	-59.572	-37.376	-44.398	-52.779
25-Feb-04	1.626.805	18.721	-30.658	-42.564	-60.263	-37.809	-44.913	-53.391
26-Feb-04	1.625.617	-1.188	-30.632	-42.528	-60.212	-37.777	-44.875	-53.346
27-Feb-04	1.629.748	4.132	-30.707	-42.631	-60.358	-37.869	-44.984	-53.476
1-Mar-04	1.649.443	19.695	-31.077	-43.145	-61.086	-38.325	-45.526	-54.120
2-Mar-04	1.630.199	-19.244	-30.713	-42.640	-60.371	-37.877	-44.993	-53.487
3-Mar-04	1.624.238	-5.961	-30.598	-42.479	-60.144	-37.734	-44.824	-53.286
4-Mar-04	1.627.651	3.413	-30.658	-42.564	-60.263	-37.809	-44.913	-53.391
5-Mar-04	1.630.250	2.599	-30.704	-42.627	-60.352	-37.865	-44.980	-53.471
8-Mar-04	1.617.156	-13.093	-30.455	-42.281	-59.863	-37.558	-44.615	-53.037
9-Mar-04	1.599.232	-17.924	-30.116	-41.811	-59.197	-37.141	-44.119	-52.447
10-Mar-04	1.570.447	-28.786	-29.576	-41.062	-58.136	-36.475	-43.328	-51.507
11-Mar-04	1.544.288	-26.158	-29.085	-40.380	-57.171	-35.869	-42.608	-50.652
12-Mar-04	1.568.384	24.096	-29.540	-41.011	-58.064	-36.430	-43.274	-51.443
15-Mar-04	1.536.069	-32.315	-28.935	-40.171	-56.876	-35.684	-42.388	-50.390
16-Mar-04	1.545.710	9.641	-29.114	-40.420	-57.227	-35.905	-42.651	-50.702
17-Mar-04	1.571.328	25.617	-29.598	-41.091	-58.178	-36.501	-43.359	-51.544
18-Mar-04	1.562.204	-9.124	-29.423	-40.849	-57.835	-36.286	-43.103	-51.240
19-Mar-04	1.548.308	-13.896	-29.159	-40.483	-57.317	-35.961	-42.717	-50.781
22-Mar-04	1.520.564	-27.743	-28.639	-39.760	-56.294	-35.319	-41.955	-49.875
23-Mar-04	1.527.158	6.594	-28.760	-39.929	-56.532	-35.468	-42.132	-50.086
24-Mar-04	1.530.524	3.366	-28.820	-40.012	-56.650	-35.543	-42.220	-50.191
25-Mar-04	1.563.314	32.789	-29.442	-40.875	-57.872	-36.309	-43.131	-51.273
26-Mar-04	1.563.764	450	-29.447	-40.882	-57.882	-36.316	-43.139	-51.282
29-Mar-04	1.585.173	21.409	-29.850	-41.441	-58.674	-36.812	-43.729	-51.984
30-Mar-04	1.586.640	1.467	-29.874	-41.475	-58.722	-36.842	-43.764	-52.026
31-Mar-04	1.593.586	6.946	-30.002	-41.652	-58.973	-37.000	-43.951	-52.248
1-Apr-04	1.605.284	11.698	-30.220	-41.954	-59.401	-37.268	-44.270	-52.627
2-Apr-04	1.632.676	27.392	-30.737	-42.672	-60.417	-37.906	-45.028	-53.528
5-Apr-04	1.641.498	8.822	-30.900	-42.899	-60.738	-38.107	-45.267	-53.812
6-Apr-04	1.635.688	-5.810	-30.787	-42.742	-60.516	-37.968	-45.101	-53.616
7-Apr-04	1.634.188	-1.500	-30.755	-42.698	-60.454	-37.929	-45.055	-53.560
8-Apr-04	1.625.399	-8.789	-30.587	-42.465	-60.123	-37.721	-44.808	-53.267
12-Apr-04	1.632.744	7.345	-30.722	-42.652	-60.388	-37.888	-45.006	-53.502
13-Apr-04	1.608.643	-24.101	-30.269	-42.023	-59.498	-37.329	-44.342	-52.713
14-Apr-04	1.602.471	-6.172	-30.150	-41.857	-59.263	-37.182	-44.168	-52.505
15-Apr-04	1.592.861	-9.610	-29.966	-41.603	-58.902	-36.956	-43.899	-52.186
16-Apr-04	1.596.950	4.089	-30.040	-41.705	-59.047	-37.046	-44.007	-52.314
19-Apr-04	1.605.315	8.365	-30.194	-41.919	-59.350	-37.237	-44.233	-52.583

(continua)

TABELA 4.8 - Continuação

Data	Valor da Carteira	Variação	VaRq 95%	VaRq 97,5%	VaRq 99%	VaRG 95%	VaRG 97,5%	VaRG 99%
20-Apr-04	1.581.355	-23.960	-29.744	-41.294	-58.466	-36.682	-43.573	-51.799
21-Apr-04	1.603.363	22.008	-30.158	-41.869	-59.279	-37.192	-44.179	-52.519
22-Apr-04	1.635.540	32.177	-30.766	-42.714	-60.475	-37.942	-45.071	-53.579
23-Apr-04	1.628.706	-6.834	-30.635	-42.531	-60.216	-37.780	-44.878	-53.350
26-Apr-04	1.624.660	-4.047	-30.555	-42.420	-60.060	-37.682	-44.762	-53.212
27-Apr-04	1.630.267	5.607	-30.657	-42.562	-60.261	-37.808	-44.911	-53.389
28-Apr-04	1.602.689	-27.578	-30.140	-41.845	-59.245	-37.170	-44.154	-52.489
29-Apr-04	1.585.156	-17.534	-29.809	-41.385	-58.594	-36.762	-43.669	-51.913
30-Apr-04	1.566.725	-18.431	-29.462	-40.902	-57.911	-36.334	-43.160	-51.307
3-May-04	1.575.447	8.723	-29.623	-41.126	-58.228	-36.532	-43.396	-51.588
4-May-04	1.592.438	16.991	-29.941	-41.568	-58.853	-36.925	-43.862	-52.142
5-May-04	1.597.864	5.426	-30.040	-41.705	-59.047	-37.046	-44.007	-52.314
6-May-04	1.572.019	-25.845	-29.555	-41.032	-58.094	-36.449	-43.297	-51.470
7-May-04	1.543.868	-28.151	-29.028	-40.300	-57.058	-35.799	-42.524	-50.552
10-May-04	1.510.277	-33.591	-28.401	-39.430	-55.826	-35.026	-41.606	-49.460
11-May-04	1.526.567	16.289	-28.706	-39.853	-56.426	-35.402	-42.053	-49.992
12-May-04	1.526.193	-374	-28.696	-39.839	-56.405	-35.389	-42.038	-49.974
13-May-04	1.522.062	-4.131	-28.615	-39.727	-56.247	-35.289	-41.919	-49.833
14-May-04	1.515.046	-7.016	-28.480	-39.540	-55.982	-35.123	-41.722	-49.598
17-May-04	1.493.477	-21.569	-28.075	-38.977	-55.185	-34.623	-41.128	-48.892
18-May-04	1.515.130	21.654	-28.482	-39.542	-55.985	-35.125	-41.725	-49.601
19-May-04	1.532.712	17.582	-28.811	-40.000	-56.633	-35.532	-42.207	-50.175
20-May-04	1.527.430	-5.283	-28.709	-39.858	-56.432	-35.405	-42.057	-49.997
21-May-04	1.538.218	10.788	-28.909	-40.136	-56.825	-35.652	-42.351	-50.346
24-May-04	1.546.164	7.946	-29.056	-40.339	-57.113	-35.833	-42.565	-50.601
25-May-04	1.566.979	20.815	-29.447	-40.881	-57.881	-36.315	-43.138	-51.281
26-May-04	1.562.026	-4.954	-29.350	-40.748	-57.692	-36.196	-42.997	-51.114
27-May-04	1.588.044	26.018	-29.841	-41.428	-58.655	-36.801	-43.715	-51.967
28-May-04	1.585.883	-2.161	-29.797	-41.367	-58.569	-36.747	-43.650	-51.891
1-Jun-04	1.580.836	-5.047	-29.699	-41.231	-58.376	-36.626	-43.507	-51.720
2-Jun-04	1.591.170	10.333	-29.890	-41.497	-58.753	-36.862	-43.787	-52.053
3-Jun-04	1.571.700	-19.470	-29.523	-40.988	-58.032	-36.410	-43.250	-51.415
4-Jun-04	1.591.313	19.613	-29.891	-41.499	-58.755	-36.863	-43.789	-52.055
7-Jun-04	1.623.992	32.679	-30.509	-42.356	-59.969	-37.625	-44.694	-53.131
8-Jun-04	1.624.714	723	-30.519	-42.370	-59.989	-37.637	-44.708	-53.148
9-Jun-04	1.605.633	-19.081	-30.159	-41.871	-59.282	-37.194	-44.182	-52.523
10-Jun-04	1.616.741	11.108	-30.365	-42.157	-59.687	-37.448	-44.484	-52.881
14-Jun-04	1.587.425	-29.316	-29.817	-41.396	-58.610	-36.772	-43.681	-51.927
15-Jun-04	1.603.629	16.204	-30.120	-41.816	-59.205	-37.145	-44.124	-52.454
16-Jun-04	1.600.426	-3.203	-30.056	-41.728	-59.080	-37.067	-44.031	-52.343
17-Jun-04	1.593.929	-6.497	-29.931	-41.554	-58.834	-36.913	-43.848	-52.125

(continua)

TABELA 4.8 - Conclusão

Data	Valor da Carteira	Variação	VaRq 95%	VaRq 97,5%	VaRq 99%	VaRG 95%	VaRG 97,5%	VaRG 99%
18-Jun-04	1.593.973	44	-29.929	-41.551	-58.829	-36.910	-43.844	-52.121
21-Jun-04	1.585.008	-8.965	-29.758	-41.313	-58.493	-36.699	-43.593	-51.823
22-Jun-04	1.594.415	9.407	-29.931	-41.554	-58.834	-36.913	-43.848	-52.125
23-Jun-04	1.617.760	23.344	-30.370	-42.163	-59.696	-37.454	-44.490	-52.889
24-Jun-04	1.617.819	59	-30.368	-42.160	-59.691	-37.451	-44.487	-52.885
25-Jun-04	1.624.286	6.467	-30.486	-42.324	-59.924	-37.596	-44.660	-53.091
28-Jun-04	1.622.388	-1.898	-30.447	-42.270	-59.847	-37.548	-44.603	-53.023
29-Jun-04	1.639.537	17.149	-30.767	-42.714	-60.476	-37.943	-45.072	-53.580
30-Jun-04	1.639.424	-114	-30.761	-42.707	-60.465	-37.936	-45.064	-53.571



## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES

O gerenciamento de risco financeiro ganhou destaque nas duas últimas décadas em função do aumento da volatilidade nos mercados financeiros. Em particular, os setores compostos por indústrias que utilizam tecnologia intensiva, como é o caso do setor aeroespacial, apresentam volatilidade maior e, portanto, são mais expostos ao risco. Assim, neste trabalho, estudou-se o setor aeroespacial e suas características estatísticas com o intuito de apresentar um modelo mais propício para análise de risco financeiro para este setor.

Com este objetivo, foi criado o índice CASI - *Comprehensive Aerospace Index*, para o período entre jan./1987 a jun./2004, composto pelos preços diários de fechamento das ações das principais empresas do setor aeroespacial: fabricantes de aeronaves, satélites e equipamentos utilizados no setor aeroespacial, que são negociadas na bolsa de Nova Iorque (NYSE) e no mercado eletrônico (NASDAQ). Como um dos objetivos principais elaborou-se um índice que representativo deste setor, indicando a sua tendência, desempenho e refletindo as variações ocorridas em suas empresas. Neste sentido, os resultados encontrados apontam que o CASI está disponível como um novo *benchmark* para esta indústria. Ele reflete tanto o comportamento do segmento satélite – verificado com a comparação com o índice *Satellite*, exclusivo das empresas de satélite – quanto do segmento aeronáutica – comparado com os índices DJUSAE e DJMSAE – e, portanto, consegue descrever melhor a dinâmica interna deste setor. Especificamente, o CASI refletiu a movimentação de capitais entre os dois segmentos entre 1999 e 2000.

Sobre as propriedades estatísticas das séries de preços do CASI e suas variações logarítmicas, caracterizá-las é um importante passo para entender o seu comportamento estatístico com o objetivo de melhorar o gerenciamento de risco financeiro do setor aeroespacial. Sobre este aspecto, os resultados encontrados podem ser divididos em dois grupos. O primeiro corresponde às características próprias das distribuições como a forma da distribuição dos retornos, os primeiros momentos e a evolução temporal

estudada através das funções de autocorrelação e densidade espectral; e a segunda corresponde à dinâmica interna do setor, a correlação entre as empresas que o compõem e sua variedade.

A distribuição estatística dos retornos do CASI é melhor modelada através da distribuição de Tsallis em comparação com a distribuição de Levy e o caso particular da distribuição Gaussiana, comumente utilizada como referência nos modelos financeiros. Uma das características da distribuição de Levy é apresentar o segundo momento divergente, o que não ocorre com os dados reais, que apresentam variância finita mesmo em face de grandes variações de preços, garantindo a existência do segundo momento de sua distribuição. Por sua vez, os dados financeiros possuem curtose elevada, o que não permite serem bem representados pela distribuição Gaussiana. Entretanto, é importante ressaltar que, à medida que o intervalo de tempo entre as diferenças de preços,  $Dt$ , aumenta, pode-se observar uma gradual transição para um padrão Gaussiano. Essa característica permite que o parâmetro  $q$  da distribuição de Tsallis possa ser determinado, para este sistema, em função do intervalo de tempo,  $Dt$ . Neste caso, para  $Dt = 1$  dia, o valor de  $q$  é igual a 1,49.

Em termos de risco financeiro, a variância dos retornos tem um importante papel ao mostrar a volatilidade que um ativo apresenta. Os índices que representam os setores de tecnologia são notadamente mais voláteis do que os índices compostos por empresas mais tradicionais ou aqueles mais diversificados. Ainda, os resultados mostraram que a variância dos retornos, em função do intervalo de tempo, segue uma lei de potência muito próxima da unidade, ou seja está linearmente relacionada com  $Dt$ . Isso significa que aumentando o intervalo de tempo, aumenta também a volatilidade. Por outro lado, os expoentes relacionados à curtose dos índices de tecnologia foram relativamente mais baixos do que os tradicionais. Estes resultados – volatilidade e curtose – parecem indicar a existência de memória mais longa nos padrões de volatilidade dos índices de tecnologia, ou seja, a volatilidade tende a ser mais constante nestes setores do que naqueles mais tradicionais, os quais tendem a apresentar *clusters* de volatilidade. Estes períodos de grande variabilidade são, em geral, respostas a fatos políticos e/ou

econômicos que tendem a afetar todo o sistema. Passado o choque, os índices mais diversificados tendem a voltar ao período de “normalidade” do mercado.

A função de autocorrelação da variação de preços possui característica de ausência de memória, indicada pelo decaimento rápido inicial da função, assim como a função densidade espectral da variação de preço que mostra a dinâmica da variação de preço de um ativo financeiro se comporta como um ruído branco, como já evidenciado em outros estudos.

Com relação à evolução dos preços, foi possível detectar correlação de até sete dias nos sinais de alta frequência, enquanto que os dados de baixa frequência não permitem estabelecer um padrão de memória característico, pois o processo é dominado por tendências de prazo mais longo. A correlação, neste caso, depende do período estudado e do tamanho da tendência na qual está inserido. A função densidade espectral para estes dados apresentaram um comportamento  $1/f^{-n}$ , onde o expoente  $n$  médio encontrado foi  $-1,78$ , para os dados de alta frequência e  $-1,97$  para os dados de baixa frequência. Mais ainda, foi possível detectar a existência de um ciclo semanal de tendência nas negociações, aproximadamente os sete dias de correlação encontrada na função de autocorrelação.

O segundo ponto estudado diz respeito às propriedades individuais dos retornos das ações que compõem o CASI. Os resultados mostraram que ações menos capitalizadas apresentam características mais leptocúrticas e maior volatilidade em comparação com aquelas mais capitalizadas. Este fato é, muito provavelmente, decorrente do fato de as empresas menores possuírem menor volume de negociação e, portanto, suas variações de preços serem mais escassas e/ou abruptas. Paralelamente, a correlação entre os pares de ações do setor aeroespacial mostrou que, muito embora tenham atividades produtivas muito próximas, existem informações específicas que impactam diferentemente as ações dos segmentos aeronáutico e satélites. Isso se traduz em um comportamento dinâmico e complexo, como por exemplo a migração de capital entre os segmentos entre 1999 e 2000, que não pode ser interpretada através de modelos tradicionais de séries lineares temporais, como o CAPM. Estes modelos podem reproduzir relativamente bem os

retornos médios do CASI, o que não acontece com a variedade. Isso porque as empresas do setor aeroespacial possuem uma dinâmica muito mais complexa do que o modelo CAPM consegue reproduzir.

Com relação ao modelo de análise de risco, os resultados mostraram que até aproximadamente 97,5% os resultados das três diferentes distribuições não diferenciam muito. Entretanto, a partir deste nível, o  $VaR_G$  subestima as perdas potenciais, enquanto que o  $VaR_L$  tende a superestimá-las e o  $VaR_q$  foi o que mais se aproximou dos dados históricos. A partir desta evidência, pode-se inferir que, para uma carteira como o CASI e considerando que cada investidor irá assumir um valor de perda (implícito no VaR) que ele admite carregar, o modelo  $VaR_q$  é o mais adequado no sentido que ele atingirá o limite máximo de perda aceitável antes do indicado pela distribuição de Levy, mas também não subestima o risco, fazendo com que o investidor saia antes do mercado (como é o caso do Modelo Gaussiano).

Por fim, é importante ressaltar que o VaR é um instrumento importante e muito usado pelos participantes dos mercados para estimar as perdas possíveis de suas carteiras, tanto para evitar excesso de alavancagem ou ainda, evitar a alocação adicional de recursos para provisão de eventuais perdas. Além disso, os próprios órgãos reguladores têm-se empenhado em difundir a idéia da necessidade do controle de risco, em especial, de setores onde a volatilidade é maior. Neste sentido, o modelo do  $VaR_q$  não é a resposta final para a questão de risco. Entretanto, a exemplo do modelo de variância-covariância, o  $VaR_q$  é uma ferramenta de fácil aplicação, compreensão e baixo custo, e mais precisa na determinação do Valor em Risco do que a primeira.

Como sugestão para futuras pesquisas na área de gerenciamento de risco, relacionadas ao setor aeroespacial, coloca-se a necessidade de se verificar o comportamento das variações de preço de ações do segmento de satélites dado o comportamento do segmento aeronáutico e vice-versa. Além disso, a utilização de modelos mais precisos para gerenciamento do risco pode ser testada também para análise de risco de projetos que utilizam tecnologia intensiva, área conhecida como *real options*.

Como um possível projeto de pós-doutorado, dentro das linhas de pesquisa do Núcleo de Simulação e Análise de Sistemas Complexos (NUSASC-LAC-INPE), considerando as metas do INPE para o setor aeroespacial, pretende-se desenvolver estudos criteriosos e sistemáticos sobre os novos conceitos introduzidos neste projeto.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aerospace Industries Association of Canada, Canada's Aerospace Industry Comparative Annual Performance. **Aerospace Industries Association of Canada**. Disponível em: <www.aiac.ca/>. Acesso em: 10 June 2004.

Aerospace Industries Association, Aerospace Statistics. **Aerospace Industries Association**. Disponível em: <www.aia-aerospace.org/stats/stats.cfm>. Acesso em: 13 June 2004.

Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil. Disponível em: <www.aiab.org.br>. Acesso em: 13 June 2004.

Ausloos, M.; Ivanova, D. Patterns, trends and predictions in stock market indices and foreign currency exchange rates. Disponível em: <arxiv.org/abs/cond-mat/0108013>. Acesso em: 20 Mar. 2002.

Baumol, W. J. An expected gain-confidence limit criterion for portfolio selection. **Management Science**, v. 10, n. 1, p. 174-182, Oct. 1963.

Baxter, M. W.; Rennie, A. J. O. **Financial calculus**: an introduction to derivative pricing. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 233 p.

Bekman, O.R.; Costa Neto, P.L.O. **Análise estatística de decisão**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 124 p.

Bendat, J.; Piersol, A. **Random data**: analysis and measurement procedures. New York, USA: John Wiley & Sons Inc., 1971. 406 p.

Bernstein, P. **Desafio aos deuses**: a fascinante história do risco. Rio de Janeiro: Campus Ed., 1997. 389 p.

BIS - Bank of International Settlements. **BIS Basel II: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework**. Basel, Switzerland, 2004.

Boeke, C. Satellite Survey/2002: trends & statistics. **Via Satellite**, p. 28-33, Jul. 2002.

Boeke, C. Via Satellite's 2001 Satellite Survey. **Via Satellite**, p. 24-28, Jul. 2001.

Bolzan, M. J. A. **Um estudo sobre as características estatísticas do subdomínio inercial da turbulência desenvolvida em escoamentos acima e dentro da copa da floresta amazônica de terra firme e acima do Pantanal Matogrossense**. 2002. 164 p. (INPE-10394-TDI/920). Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002.

Bolzan, M. J. A.; Ramos, F. M.; Sá, L. D. A.; Rodrigues Neto, C.; Rosa, R. R. Analysis of fine-scale canopy turbulence within and above an Amazon forest using Tsallis' generalized thermostatics. **J. Geophys. Res**, v. 107, n. D20, p. 1-7, 2002.

Bonanno, G.; Caldarelli, G.; Lillo, F.; Mantegna, R. N. Topology of correlation based minimal spanning trees in real and model markets. **Physical Review E** v. 68, n. 4, p. 46130-46133, Oct. 2003.

Brockwell, P. J.; Davis, R. A. **Introduction to time series and forecasting**. New York, USA: Springer-Verlag New York Inc., Nov. 1996. 420 p.

Business.com, Inc. Disponível em: <[www.business.com/directory/aerospace\\_and\\_defense](http://www.business.com/directory/aerospace_and_defense)>. Acesso em: Jan./Mar. 2003.

Buyside Magazine. *Telecom Company Directory* Adams Business Media Publication. Disponível em: <[www.buyside.com/mag/summer/cs/asp/direct.asp](http://www.buyside.com/mag/summer/cs/asp/direct.asp)>. Acesso em: Jan./Mar. 2003.

Castiglione, F.; Bernaschi, M. Market fluctuations: simulation and forecasting. Disponível em: <[www.zpr.uni-koeln.de/~filippo/WEB\\_IAC/econophysics/econophysics.html](http://www.zpr.uni-koeln.de/~filippo/WEB_IAC/econophysics/econophysics.html)>. Acesso em: 25 June 2002.

Cizeau, P.; Liu, Y.; Meyer, M.; Peng, C.-K.; Stanley, H. E. Volatility distribution in the S&P500 stock index.. **Physica A**, n. 245, p. 441-445, 1997.

Clarke, A. B.; Disney, R. L. **Probabilidade e processos estocásticos**. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1979. 338 p.

Courtault, J-M.; Kabanov, Y.; Bru, B.; Crépel, P. Louis Bachelier - on the centenary of théorie de la spéculation. **Mathematical Finance**, v. 10, n. 3, p. 341-353, Jul. 2000.

De Bondt, W.F.M.; Thaler, R. Does the stock market overreact? **The Journal of Finance**, v. XL, n. 3, p. 793-808, July 1985.

Dow Jones & Company, Dow Jones STOXX<sup>SM</sup> Index Guide. STOXX Limited. Disponível em: <[www.stoxx.com/indexes/djsi\\_guidebook.pdf](http://www.stoxx.com/indexes/djsi_guidebook.pdf)>. Acesso em: 30 Jan. 2004.

Dow Jones & Company, Guide to the Dow Jones Microsector Indexes. Disponível em: <[www.onechicago.com/030000\\_products/images/GuidetotheMicroSectors0603.pdf](http://www.onechicago.com/030000_products/images/GuidetotheMicroSectors0603.pdf)>. Acesso em: 30 Jan. 2003.

Duarte Jr. A. M. Risco: definições, tipos, medição e recomendações para seu gerenciamento. **Resenha BM&F**, n. 114, p. 25-33, 1996.

European Association of Aerospace Industries. European Aerospace Industry Facts & Figures. **European Association of Aerospace Industries**. Disponível em: <[www.aecma.org/FactsnFigs.htm](http://www.aecma.org/FactsnFigs.htm)>. Acesso em: 13 junho 2004.

Fabozzi, F. J.; Modigliani, F. **Capital markets: institutions and instruments**. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1996. 768 p.

Fama, E. F. Efficient Capital Market: review of theory and empirical work. **The Journal of Finance**, n. 25, p. 383-417, Nov/Dec, 1970.

Fama, E. F. The behavior of stock-market prices. **Journal of Business**, n. 38, p. 34-105, 1965.

- Forbes.com Inc.<sup>TM</sup>. Disponível em: <www.forbes.com>. Acesso em: Jan./Mar. 2003.
- Fortuna, E. **Mercado Financeiro: produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 1999. 426 p.
- Frain, J.; Meegan, C. Market risk: an introduction to the concept & analytics of Value-at-risk. **Economic Analysis Research & Publications Department**. p. 23, 1996. Disponível em: <www.centralbank.ie/data/TechPaperFiles/7RT96.pdf>. Acesso em: 01 Dec. 2003.
- Ghashghaie, S.; Breyman, W; Peinke, J.; Talkner, P.; Dodge, Y. Turbulent cascades in foreign Exchange markets. **Nature**, n. 381, p. 767-770, 1996.
- Gopikrishnan, P.; Plerou, V.; Nunes Amaral, L.A.; Meyer, M.; Stanley, H.E. Scaling of the distribution of fluctuations of financial market indices. **Physical Review E**, v. 60, p. 5305-5316, 1999.
- Hendricks, D. Evaluation of Value-at-Risk models: using historical data. **FRBNY Economic Policy Review**, p. 39-69, Abr. 1996.
- Holton, G. A. Time: The second dimension of risk. **Financial Analysts Journal**, v. 48, n. 6, p. 38-46, Nov/Dec.1992.
- Holton, G. A. History of Value-at-Risk. **EconWPA**. p. 27, Jul. 2002. Disponível em: <www.econwpa.wustl.edu:8089/eps/mhet/papers/0207/0207001>. Acesso em: 15 Jan. 2003.
- Hull, J. **Options, futures and other derivatives**. New Jersey, USA: Prentice-Hall Inc., 1993. 492 p.
- J.P.Morgan. **RiskMetrics**. New York: J. P. Morgan, Out. 1996. p. 283.
- Jorion, P. **Value at Risk: the new benchmark for controlling market risk**. New York: McGraw-Hill Companies Inc., 1997. 332 p.
- Kahneman, D.; Tversky, A. Prospect Theory: an analysis of decision under risk. **Econometrica**, v. 47, n. 2, p. 263-291, Mar. 1979.
- Khindanova, I.; Rachev, S.T. Value at Risk: Recent Advances. **Inomics® RePEc Archive**. p. 55, Abr. 1998. Disponível em: <www.inomics.com/cgi/repec?handle=RePEc:fth:calaec:3-00 >. Acesso em: 15 setembro 2003.
- Lakonishok, J.; Shleifer, A.; Vishny, R.W. Contrarian investment, extrapolation, and risk. **The Journal of Finance**, v. 49, n. 5, p. 1541-1578, 1993.
- Lillo, F.; Mantegna, R. N. Variety and volatility in financial markets. **Physical Review E**, v. 62, n. 5, p. 6126-6134, Nov. 2000.
- Liu, Y.; Gopikrishnan, P.; Cizeau, P.; Meyer, M.; Peng, C.-K.; Stanley, H. E. The statistical properties of the volatility of price fluctuations. **Physical Review E**, v. 60, n. 2, p. 1390-1400, Ago. 1999.
- Los, C. A. **Computational Finance: a scientific perspective**. Singapura: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltda, Out. 2001. 336 p.

- Mandelbrot, B. The variation of certain speculative price. **The Journal of Business**, n. 36, p. 394-419, 1963.
- Mantegna R. N.; Stanley, H. E. **An introduction to econophysics: correlations and complexity in finance**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000. 148 p.
- Mantegna, R. N. Hierarchical structure in financial markets. **The European Physical Journal B**, n. 11, p. 193-197, 1999.
- MarketWatch.com. Inc <http://cbs.marketwatch.com/tools/industry>. Acesso em: janeiro a março 2003.
- Markowitz, H. M. The early history of portfolio theory: 1600-1960. **Financial Analysts Journal**, v. 55, n. 4, p. 5-16, Jul. 1999.
- Markowitz, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. VII, n. 2, p. 77-91, 1952.
- Matacz, A. Financial modeling and option theory with the truncated Levy process. **International Journal of Theoretical and Applied Finance**, v. 3, n. 1, p. 143-160, 2000.
- Mattedi, A.P.; Ramos, F.M., Rosa, R.R., De Marchi, M.M., Carvalho, S.V.; Bins, L.S. Estudo das propriedades estatísticas do mercado acionário. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 34. 2002. Rio de Janeiro, Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro: SBPO, 2002 (ISSN 1518-1731). CD-ROM.
- Michael, F.; Johnson, M. D. Financial market dynamics. **Physica A**, n. 320, p. 525-530, 2003.
- Milone, M.C.M.; Famá, R. Avaliação de risco: modelos simplificados de VaR ao alcance de investidores não-institucionais. In: SEMEAD, 5., 2001, São Paulo, Brasil. **Anais...** São Paulo: FEA/USP, 2001. p. 11.
- New York **Stock Exchange**, NYSE Composite Index Methodology Guide. **New York Stock Exchange**. Disponível em: <[www.nyse.com/pdfs/methodology\\_nya.pdf](http://www.nyse.com/pdfs/methodology_nya.pdf)>. Acesso em: 30 Jan. 2003.
- Nolan, P. Stable distributions. Disponível em: <<http://academic2.american.edu/~jpnolan/>>. Acesso em: 10 Oct. 2003.
- Parzen, E. **Stochastic process**. São Francisco, USA: Holden-Day Inc., 1964. 324 p.
- Pajek100 - Software livre para Windows. Batagelj, V.; Mrvar, A. 2003. Disponível em: <[vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/](http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/)>. Acesso em: 30 May 2003.
- QuantumOnline.com. Disponível em: <[www.quantumonline.com](http://www.quantumonline.com)>. Acesso em: Jan./Mar. 2003.
- Rainville, E. D. **Special functions**. New York: Chelsea Publishing Co., 1960. 365 p.
- Ramos, F. M.; Rodrigues Neto, C.; Rosa, R. Bolzan, M. J. A.; Sá, L. D. Nonextensive thermostatists description of intermittency in turbulence and financial markets. **Non Linear Analysis**, v. 47, n. 5, p. 3521-3530, 2001.

Ramos, F. M.; Rodrigues Neto, C.; Rosa, R. R. Intermittency and nonextensivity in turbulence and financial markets. [online]. p. 1-9, 1999. <<http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat9907348>>. Visitado em 15 março.

Ramos, F.M.; Rodrigues Neto, C.; Rosa, R.R. Generalized thermostistical description of intermittency and nonextensivity in turbulence and financial market. p. 11, Abr. 2000. Disponível em: <[xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/000435](http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/000435)>. Acesso em: 02 May 2000.

Ross, S.A. Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. **Journal of Economic Theory**, n. 13, p. 341-360, 1976.

Saliby, E.; Araújo, M. M. S. Cálculo do Valor em Risco através de simulação de Monte Carlo: uma avaliação de uso de métodos amostrais mais eficientes em portfólios com opções. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. **Anais...** Campos do Jordão, SP: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, Out. 2001. p. 605-614.

*Satellite Directories*. Disponível em: <<http://www.satellitetelevision.com.au/main/directory-a-c.htm>>. Acesso em: janeiro a março 2003.

Schor, A.; Bonomo, M.; Valls Pereira, P. L. Arbitrage Pricing Theory (APT) and Macroeconomics Variables: an empirical study for the Brazilian stock market. **FinanceLab Working Paper**. p. 20, 2000. Disponível em: <[https://ideas.repec.org/p/ibm/finlab/flwp\\_19.html](https://ideas.repec.org/p/ibm/finlab/flwp_19.html)>. Visitado em 10 fevereiro 2002.

Schwert, G. W. Why Does Stock Market Volatility Change Over Time? **The Journal of Finance**, v. XLIV, n. 5, p. 1115-1153, Dez. 1989.

Schwert, G.W. Stock volatility in the new millennium: How wacky is Nasdaq?. Disponível em: <[www.carnegie-rochester.rochester.edu/April01-pdfs/schwert.pdf](http://www.carnegie-rochester.rochester.edu/April01-pdfs/schwert.pdf)>. Acesso em: 10 agosto 2003.

Sharpe, W. F. **Portfolio Theory and Capital Markets**. USA: McGraw-Hill, Inc., Nov/Dec.1970. p. 316.

*Silicon Investor*. <http://www.siliconinvestor.com/research/search.gsp?domain=quote>. Acesso em: março 2003 e julho 2004.

Society of Japanese Aerospace Companies, Turnover of Aerospace Industries. **Society of Japanese Aerospace Companies**. Disponível em: <[www.sjac.or.jp/english/007.html](http://www.sjac.or.jp/english/007.html)>. Acesso em: 13 junho 2004.

Srikant, M., **Option pricing with stochastic volatility**. 1997. 14 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). National University of Singapore. Singapura. 1997/98. Disponível em: <[www.srikant.org/thesis/](http://www.srikant.org/thesis/)>.

*StockSelector.com*. Disponível em: <[www.stockselector.com/allinind.asp?indnumber=611](http://www.stockselector.com/allinind.asp?indnumber=611)>. Acesso em: mar. 2003.

Strathern, P. **Uma breve história da economia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed., 2003. 286 p.

- Torres, R.; Bonomo, M.; Fernandes, C. A aleatoriedade do passeio na Bovespa: testando a eficiência do mercado acionário brasileiro. **Revista Brasileira de Economia**, v. 56, n. 2, p. 199-247, abr./jun.2002.
- Tsallis, C. Possible generalization of Boltzman-Gibbs statistics. **J. Stat. Phys.**, n. 52, p. 1-2, 1988.
- Tsallis, C. Lévy distributions. **Physics Word**, v. 10, p. 42-45, Jul. 1997.
- Tsallis, C.; Levy, S.V.F.; Souza, A.M.C, Maynard, R. Statistical-mechanical foundation of the ubiquity of Levy distributions in nature. **Phys. Rev. Lett.**, n.75, p. 3589-3593, 1995.
- Weiss, R. Mercado acionário brasileiro: proposta de novos índices para ampliar a abrangência e a capacidade de diagnóstico. **Revista do BNDS**, v. 7, n. 14, p. 29-54, Dez. 2000.
- Vieira Neto, C.A.; Urban, F. Um modelo de teste de stress menos subjetivo e mais abrangente. **Resenha BM&F**, n. 139, p. 31-60, 1999.
- Yahoo/Finance. Disponível em: <<http://biz.yahoo.com/ic/airdef/html>>. Acesso em: Jan./Mar. 2003.



## APÊNDICE A

### CRONOLOGIA

A Tabela abaixo, embora não completa, relaciona os principais fatos ocorridos no desenvolvimento da teoria de risco ao longo dos séculos. As fontes usadas foram basicamente os livros “*Desafio aos Deuses: a fascinante história do risco*” de P. Bernstein; “*Uma breve história da economia*”, de P. Strathern; e a página “*A short History of Probability and Statistic*”s <http://www.leidenuniv.nl/fsw/verduin/stathist/stathist.htm>. As obras listadas na terceira coluna da Tabela são aquelas consideradas importantes sobre o assunto tratado e não necessariamente a mais importante dos respectivos autores.

TABELA A.1 – Cronologia

Autor	Ano	Assunto	Obra
Luca Paccioli	1494	Princípios básicos da álgebra, tabuadas, contabilidade de partidas dobradas; jogo de <i>Balla</i>	<i>Summa de arithmetica, geometria et proportionalità</i>
Girolamo Cardano	1545 1565	Álgebra, equações 2º. e 3º. graus; Tratado sobre jogo: 1º. esforço formal de desenvolver os princípios estatísticos da probabilidade (cálculo de probabilidade de ganhos em jogadas de dados), mas não a teoria.	<i>Ars magna; Liber de ludo aleae</i>
Galileu Galilei	1623	Jogos de dados: frequência de diferentes combinações e tipos de resultados.	<i>Sopra le scoperte dei dadi</i>
Blaise Pascal Pierre de Fermat	1654	Solução do jogo interrompido: triângulo de Pascal (espelho dos quatro elementos).	<i>Letters</i>
Christiaan Huygens	1657	Problemas de probabilidade, baseado no trabalho de Pascal e Fermat.	<i>De ratiociniis in ludo aleae</i>
William Petty	1662 1682	Estudo sobre a origem da riqueza. Tentativa em encontrar equivalência entre terra e trabalho.	<i>Treatise of taxes Quantulumcumque concerning money.</i>
Antoine Arnauld Port-Royal	1662	Quatro capítulos sobre probabilidade e inferência estatística: idéia de que tanto a gravidade como a probabilidade deve influenciar uma decisão.	<i>La logique ou l'art de penser</i>

(continua)

TABELA A.1 - Continuação

John Graunt	1662	Inferências a partir dos registros de óbitos na cidade de Londres: método de amostragem e cálculo das probabilidades.	<i>Natural and political observations made upon bills of mortality</i>
Café Lloyd's	1687	Fundado – ponto de encontro de marujos e corretores de seguros. Início da indústria de seguros.	
Edmund Halley	1693	Aplicação da probabilidade em dados brutos.	<i>An estimate of the degrees of mortality of mankind, drawn from curious tables of the births and funerals at the city of Breslaw; with an attempt to ascertain the price of annuities upon lives.</i>
Jacob / Nicolaus Bernoulli	1713	Probabilidades com base em amostras de dados e inferências: dificuldades e limitações no mundo real. Pressupostos: plena informação; tentativas independentes; relevância da avaliação quantitativa. Lei dos grandes números.	<i>Ars conjectandi</i>
Abraham De Moivre	1711 1718 1733	Série de eventos aleatórios e independentes segue um padrão regular de probabilidade e o desvio em relação à média também segue um padrão definido em magnitude e frequência: Generalização de um caso particular da distribuição binomial (qdo. $p = 0,5$ ) tende para uma distribuição normal quando $n$ aumenta muito.	<i>De mensura sortis;</i> <i>The doctrine of chances</i> <i>Approximatio ad summam terminorum binomii</i>
Daniel Bernoulli	1738	“O valor de um item não deve se basear em seu preço, mas na utilidade que o produz”. Teoria da utilidade: “A utilidade resultante de qualquer pequeno aumento de riqueza será inversamente proporcional à quantidade de bens anteriormente possuídos”.	<i>Specimen theoriae novae de mensura sortis</i>

(continua)

TABELA A.1 - Continuação

Thomas Bayes	1765	Base do moderno método de inferência estatística.	<i>Essay towards solving a problem in the doctrine of chances</i>
Richard Price	1771	Adaptação de respostas (inferências) com a junção de novas informações combinadas com as antigas.	<i>Observations on reversionary payments</i>
Carl Friedrich Gauss	1801 1809	Teoria dos números. Curva de sino – “cujo principal objetivo não é indicar a exatidão, mas o erro”.	<i>Disquisitiones arithmeticae</i> <i>Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solum ambientum.</i>
Pierre Laplace	1812  1814	Laplace generalizou o achado de De Moivre, e estabeleceu que não apenas um caso especial da binomial, mas sob condições gerais quando $n$ variáveis, independente da distribuição, são adicionadas, elas tender para um normal a medida que $n$ cresce. (teorema do limite central). Não existe algo como sorte ou acaso, causa e efeito.	<i>Théorie analytique des probabilités.</i>  <i>Essay phylosophique sur les probabilités.</i> <i>Théorie analytique des probabilités.</i>
Adolphe Quetelet	1835	Estatísticas populacionais. Tratado sobre o homem e o desenvolvimento de suas faculdades.	<i>Sur l'homme et le developpement de ses facultés</i>
Francis Galton	1875 1885	Sintetizou a descoberta de outros cientistas no que diz respeito aos conceitos “média” e a “normalidade”, i.e., até que ponto a média específica define a normalidade? Quando as observações afastam-se da média do passado, quais as possibilidades dos valores regressarem àquela média no futuro? Em probabilidade, Galton provou que uma composição normal de distribuições normais também é normal. Em estatística, ele formulou conceitos de regressão enquanto estudava semelhanças familiares. Correlação: medição do grau de proximidade com que duas séries variam entre si.	

(continua)

TABELA A.1 - Continuação

Vilfredo Pareto	1897	Pareto's Law: argumenta que em todos os países e em todos os tempos, a distribuição da renda e da riqueza segue uma lei de potência.	<i>Cours d'économie politique</i>
Louis Bachelier	1900	Primeira modelagem dos preços de um ativo.	<i>A Teoria da Especulação</i>
Alber Einstein	1905	Formalismo matemático do movimento browniano	<i>On the motion of small particles suspended in liquids at rest required by the molecular-kinetic theory of heat</i>
	1914/ 1918	1ª. Grande Guerra Mundial.	
Frank Knight	1921	Os modelos matemáticos são ineficientes para a economia. Tomadas de decisões sob condições de incerteza. Incapacidade da “probabilidade refletir a natureza experimental e criativa da mente humana diante do desconhecido”.	<i>Risk, uncertainty and profit</i>
NYSE	1922	A bolsa de Nova York (NYSE) estabelece reserva mínima de capital para as empresas membros.	
Paul Levy	1925		<i>Calcul des probabilités</i>
	1929	Crash da bolsa.	
John M. Keynes	1921 1936	Não distinção entre risco e incerteza, contrasta o definível com o indefinível quando o futuro é contemplado. Eventos passados são irrelevantes para as ciências sociais. Rejeita a modelagem para sistemas sociais.	<i>A treatise on probability. The general theory of employment interest and money</i>
John von Newman	1928 1953	Teoria dos jogos: a verdadeira fonte de incerteza reside nas intenções dos outros: o objetivo não é ganhar e sim evitar a derrota. Obra sobre a teoria dos jogos: pessoas racionais sempre compreendem claramente suas preferências.	<i>Theory of games and economic behavior</i>
	1934	Criação da SEC	

(continua)

TABELA A.1 - Continuação

	1939/ 1945	2 <sup>a</sup> . Grande Guerra Mundial.	
John Markowitz	1952	Pressuposto que os investidores olham risco e retorno: escolhem o investimento de maior retorno dentro do conjunto que apresentam o mesmo nível de risco. variância é indesejável (variância = risco)	<i>Portfolio selection</i>
William Sharpe	1963/ 1970	Modelo para determinar o retorno de um ativo – <i>Capital Asset Pricing Model</i>	<i>Portfolio: theory and capital markets</i>
William Baumol	1963	VaR como medida de risco para critério de eficiência de uma carteira.	<i>An expected gain-confidence limit criterion for portfolio selection</i>
B. Mandelbrot,	1963	Comportamento dos preços dos ativos segue uma distribuição Pareto-estável.	<i>The variation of certain speculative price.</i>
Eugene Fama	1965  1970	Estudo sobre a não gaussianidade dos preços das ações.  Estudo sobre a eficiência do mercado.	<i>The behavior of stock-market prices. Efficient capital market: review of theory and empirical work.</i>
	1967 /1970	Grande aumento no volume comercializado na NYSE: risco operacional. Empresas não tinham suporte tecnológico para este aumento. NYSE fecha um dia na semana.	
CME	1972	Lançamento de contratos futuros de moedas.	
	1973	Choque do petróleo: preço do petróleo subiu de 2,90 dólares o barril (em set.) para 11,65 dólares (em dez.).	
Fisher Black, Myron Scholes e Robert Merton	1973	Modelo de precificação de opções: o valor de uma opção depende de quatro elementos: tempo, preços, taxas de juros e volatilidade. A volatilidade é sempre a determinante chave: o produto das transações com derivativos é a própria incerteza.	<i>The pricing of options and corporate liabilities</i>

(continua)

TABELA A.1 - Continuação

CME	1975	<p> Lançamento de contratos futuros de ativos financeiros.</p> <p> SEC atualizou a exigência de capital, implementando o <i>Uniform Net Capital Rule</i> (UNCR) - empresas tinham que detalhar seus cálculos em relatório trimestral (Financial and Operational combined Uniform – FOCUS).</p>	
Daniel Kahneman Amos tversky	1979 dec.60 e 70	<p> Teoria da perspectiva: emoções destroem o autocontrole que é essencial à tomada de decisões; não se consegue entender com o que está lidando.</p> <p> Trata-se perdas diferentemente de ganhos nas tomadas de decisões = “falta de invariância”.</p>	<i>Teoria da perspectiva</i>
Richard Thaler  Werner De Bondt e Richard Thaler	1970  1985	<p> “Comportamentos anômalos” – comportamentos que violam as previsões da teoria racional.</p> <p> Diferenças entre os preços que uma pessoa está disposta a comprar e vender o mesmo item. Os investidores privilegiam as novas informações mais do que as antigas e, portanto, “exageram” nas suas reações a estas novas informações, mas o retorno a sua média anterior não ocorre necessariamente no curto prazo.</p>	<i>Does the stock market overreact?</i>
	~1980	<p> Surge gradualmente o Mercado de balcão (OTC). SEC estabelece a porcentagem com base em análises estatísticas dos retornos históricos dos ativos (VaR rudimentar)</p>	
	1981	<p> Surgem os primeiros contratos de <i>swaps</i> de moedas e taxas de juros.</p>	
Rosario N. Mantegna	1991  2000	<p> Análise estatística dos preços de ações e índices sob a ótica do passeio aleatório de Levy.</p>	<i>Lévy walks and enhanced diffusion in Milan stock exchange</i> <i>An Introduction to econophysics</i>
Josef Lakonishok, André Shleifer Robert Vishny	1993	<p> Confirmação da explicação comportamental de R.Thaler e W. De Bondt.</p>	<i>Contrarian investment, extrapolation, and risk</i>

(continua)

TABELA A.1 - Conclusão

Fernando M. Ramos; Reinaldo R. Rosa, Camilo P. Neto	1999	Modelagem do mercado de câmbio utilizando as estatísticas generalizadas de Tsallis.	<i>Intermittency and nonextensivity in turbulence and financial markets</i>
---	------	---	---

## APÊNDICE B

### EMPRESAS PERTENCENTES AO CASI

TABELA B.1 – Lista das empresas componentes do CASI.

<b>Nome:</b>	Advanced Aerodynamics & Structures, Inc / Mooney Aerospace Group, Ltd.
<b>Símbolo:</b>	AASI / MASG.OB - Alterado em 27/02/2002.
<b>Atividade A</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - A principal atividade da empresa é projetar, desenvolver, manufaturar e comercializar aeronaves de aviação geral. A indústria de aviação geral inclui atividades de aviação de não militar autorizada pelo FAA e o Depto. de Transporte.
<b>Nome:</b>	Acme Electric - Aerospace Division
<b>Símbolo:</b>	ACE
<b>Atividade</b>	<i>Satellite Communication: Equipment &amp; Supplies</i> - projeta carregadores de baterias leves e de alta potência, acessórios e sistemas de backup.
<b>Nome:</b>	Actel Consulting Services
<b>Símbolo:</b>	ACTL
<b>Atividade</b>	<i>Satellite Manufacturer Consultants</i> - As atividades do Grupo são projetar, desenvolver e comercializar FPGAs e ferramentas de desenvolvimento associadas, projetos de sistemas e serviços de consultoria. Os clientes incluem Alcatel, Boeing, Cisco Systems, Inc., Honeywell o Inc. Internacional, Lockheed Martin Corporation, etc.
<b>Nome:</b>	Aegis
<b>Símbolo:</b>	AGIS / AGIS.OB
<b>Atividade</b>	<i>Satellite Communications Consultants</i> . A atividade principal é fornecer suporte administrativo e serviços de pesquisa de marketing. Estes serviços incluem administração de banco de dados, serviços analíticos e inteligência de mercado para companhias progressivas.
<b>Nome:</b>	Armor Holdings
<b>Símbolo:</b>	AH
<b>Atividade A</b>	Fabrica e fornece produtos de segurança especializados, serviços de apoio e treinamento relacionados a estes produtos, sistemas de blindagem de veículos e aeronaves e sistemas para helicópteros militares, e outras tecnologias. A Companhia está organizada em três divisões empresariais: Products Division; Mobile Security Division, e Simula, Inc.
<b>Nome:</b>	Aerosonic Corp
<b>Símbolo:</b>	AIM
<b>Atividade A</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - Manufatura de instrumentos de aeronaves para venda a fabricantes de aeronaves comerciais e privadas, no mercado americano e mundial, e para serviços milinares dos Estados Unidos. Os principais clientes do Grupo são o Governo de Estados Unidos, DSO-Cingapura, Boeing e General Electric
<b>Nome:</b>	AAR Corp.
<b>Símbolo:</b>	AIR
<b>Atividade A</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - O Grupo opera em quatro segmentos. Segmento de Estoque e Serviços de Logística: incluem compra, venda e arrendamento de produtos revisados e reparados; Segmento de Fábrica, Conserto e Reparo: provê um grande conjunto de acessórios adicionais e componentes para reparo de estrutura aeronaval; Segmento de Fábrica: inclui um grande conjunto de recipientes, paletas e abrigos para exército e atividades humanitárias rápidas; Segmento de Vendas e Arrendamento de Aeronaves e Motores: inclui a venda ou arrendamento de aeronave comercial usada, revisada e consertada de motores de aeronave comerciais.

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b>	Alcatel Space
<b>Símbolo:</b>	ALA
<b>Atividade</b>	<i>Satellite Communications</i> - A empresa opera nas seguintes áreas: Networking: rede de voz e dados transmite, gestão de redes inteligentes, serviços de rede; Segmento de Ótica: redes ópticas terrestres e submarinas, fibras ópticas, componentes ótico-eletrônicos, microondas de ponto-para-ponto; E-Business: redes empresariais, telefonia móvel, software de aplicação, distribuição e serviços; Space and Components: redes de telecomunicações (satélites, redes terrestres e serviços relacionados), sistemas espaciais (tempo, ciência, observação, administração ambiental), componentes de infra-estrutura móveis, baterias, componentes mecânicos para sistemas de telecomunicações.
<b>Nome:</b>	Amplidyne
<b>Símbolo:</b>	AMPD / AMPD.OB.
<b>Atividade</b>	<i>Satellite Communication Components</i> - Projeta, fabrica e vende amplificadores de alta potência ultralineaes e subsistemas relacionado para o mercado mundial de telecomunicação de satélites, wireless, e local.
<b>Nome:</b>	Andrew Corp
<b>Símbolo:</b>	ANDW
<b>Atividade</b>	<i>Satellite Communication Components</i> - Provedor de produtos de comunicação e sistemas para consumidores comerciais, industriais e governamentais no mundo. Os produtos principais incluem cabos coaxiais, conectores, acessórios, sistemas de antena de microonda terrestres, outras antenas e produtos de apoio, componentes de sistemas de radar e itens e acessórios relacionados.
<b>Nome:</b>	American Pacific Corp. - Western Electrochemical Division
<b>Símbolo:</b>	APFC
<b>Atividade</b>	<i>Spacecraft Propulsion</i> - produção de perclorato de amônio, substância química usada como agente oxidante em propulsores sólidos compostos para foguetes, motores de impulsão e mísseis.
<b>Nome:</b>	Applied Signal Technology
<b>Símbolo:</b>	APSG
<b>Atividade</b>	<i>Satellite Communications</i> - Projetar, desenvolver e fabricar equipamentos de processamento de sinais para coletar e processar uma grande gama de sinais de telecomunicações para reconhecimento e aplicação industrial. O principal é o governo de Estados Unidos - agências militares e de inteligência.
<b>Nome:</b>	Aeroflex
<b>Símbolo:</b>	ARXX
<b>Atividade</b>	<i>Eletronic Equipments and Components</i> - Produz módulos, circuitos integrados, soluções de testes e interconectores usados no mercado de comunicações por satélites, transmissões com e sem fio, cabos e defesa.
<b>Nome:</b>	Alliant Techsystems
<b>Símbolo:</b>	ATK
<b>Atividade</b>	<i>Spacecraft Propulsion</i> - A principal atividade é no mercado de munições, tecnologia de precisão, propulsão e materiais compostos.
<b>Nome:</b>	APT Satellite
<b>Símbolo:</b>	ATS
<b>Atividade</b>	<i>Communications Equipment</i> - Fornece serviços de satélite na Asia, incluindo China.

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

**Nome:** Aviall, Inc

<b>Símbolo:</b> AVL	
<b>Atividade A</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - Distribuidor global independente de partes e materiais novos de aeronaves, revendedor de partes, componentes e materiais de aviação, obtidos fabricantes na América do Norte, Europa, Ásia, Nova Zelândia e Austrália.
<b>Nome:</b> Avnet Marshal	
<b>Símbolo:</b> AVT	
<b>Atividade:</b>	Principal atividade é distribuir componentes eletrônicos, redes empresariais, equipamentos computacionais.
<b>Nome:</b> Axsys Technologies, Inc.	
<b>Símbolo:</b> AXYS	
<b>Atividade A-S</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Principais atividades: Componentes de Precisão: sensores de precisão, motores, ótica de metal de precisão e <i>airbearings</i> e subsistemas; Automatização: projeta, fabrica e vende produtos automatizados e sistemas de teste e subsistemas de alta tecnologia; Produtos Distribuídos: distribui rolamento de esferas de precisão, adquiridos de várias fontes domésticas e internacionais, para ser usado em defesa, satélites, imagens digitais, equipamentos eletrônicos.
<b>Nome:</b> Boeing Co.	
<b>Símbolo:</b> BA	
<b>Atividade A-S</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - As principais atividades do Grupo estão divididas em quatro segmentos: Avião Comercial: produz e comercializa aeronaves de jato comerciais; Aeronave Militares e sistemas de mísseis: desenvolve e modifica aeronaves militares; Comunicações Espaciais: desenvolvem e apóiam sistemas de defesa de mísseis, satélites, veículos de lançamento e motores de foguete; e BCC: financia aeronaves comerciais e privadas e equipamentos comerciais.
<b>Nome:</b> BCE – BCE	
<b>Símbolo:</b> BCE	
<b>Atividade S</b>	<i>Communications Services</i> - Fornece serviços de comunicação com ou sem fio, dados/internet e satélites.
<b>Nome:</b> BE Aerospace, Inc.	
<b>Símbolo:</b> BEAV	
<b>Atividade A</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Projeta, desenvolve, manufatura e vende produtos de interior de cabines de passageiros para aeronaves de aviação comercial.
<b>Nome:</b> Ball Aerospace	
<b>Símbolo:</b> BLL	
<b>Atividade A-S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Três segmentos: Aerospace Technologies: antenas, comunicação, telemetria, rastreamento e controle, suporte, câmeras e vídeos (militar); Sensoriamento remoto: (câmera 60, ônibus espacial); Serviços e subsistemas e Componentes .
<b>Nome:</b> British Sky BD	
<b>Símbolo:</b> BSY	
<b>Atividade S</b>	<i>Satellite Communications Services</i> .
<b>Nome:</b> California Amplifier	
<b>Símbolo:</b> CAMP	
<b>Atividade S</b>	<i>Satellite Communication Components</i> - Projeta, manufatura e comercializa equipamentos de microondas usados na recepção de transmissão de vídeo de satélites e na transmissão terrestre sem fio, usados em aplicações de telefonia e dados (internet) .

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b> Cordant Technology	
<b>Símbolo:</b> CDD	

**Atividade:** *Guided missiles, space vehicles, and parts*

**A**

---

<b>Nome:</b> CAE INC.
<b>Símbolo:</b> CGT
<b>Atividade:</b> <i>Aerospace &amp; Defense</i> - Projeta e produz equipamentos de controle e simulação avançados e fornecedor de soluções para treinamento militar integrado. Oferece simuladores de vôo, serviços de treinamento de aviação civil, marinha e naval.

---

<b>Nome:</b> Comtech Teleco
<b>Símbolo:</b> CMTL
<b>Atividade:</b> <i>Satellite Manufacturers</i> - fabrica e comercializa produtos de transmissão de tele-comunicações sem fios sofisticados e amplificadores de transmissão de alta potência para fins comerciais e governamentais. O Grupo também oferece serviços de comunicação de dados móveis por satélite.

---

<b>Nome:</b> Rockwell Collins
<b>Símbolo:</b> COL
<b>Atividade:</b> <i>Aerospace&amp;Defense</i> - Projeta, produz serviços de apoio de equipamentos eletrônicos de comunicação e aviônicos. Opera em dois segmentos: Commercial Systems: produz sistemas e produtos eletrônicos de vôo, incluindo comunicação navegação, vigilância, controle de vôo etc.;e Government Systems businesses, oferece produtos de defesa.

---

<b>Nome:</b> CPI Aerostructure
<b>Símbolo:</b> CPIA / CVU - Alterado em 05/09/00.
<b>Atividade:</b> <i>Aerospace&amp;Defense</i> - Produção de estrutura de aeronaves e partes de máquinas e submontagens para indústrias comercial, militar e eletrônica.

---

<b>Nome:</b> Caprock Telecommunication - a empresa não está mais listada na bolsa.
<b>Símbolo:</b> CPRK
<b>Atividade:</b> <i>Communication</i> - A empresa possui e opera uma rede de fibras, que apóia serviços de voz, dados, banda larga.

---

<b>Nome:</b> Comsat – foi adquirida pela Lockheed.
<b>Símbolo:</b> CQ
<b>Atividade:</b> <i>Satellite Communications</i> - Fornecedor de telefone, dados, vídeo, e serviços de comunicações auditivos entre os Estados Unidos e outros países usando sistema de satélite, fornecendo serviços para navios, aeronaves, veículos terrestres.

---

<b>Nome:</b> Curtiss-Wright Corp.
<b>Símbolo:</b> CW
<b>Atividade:</b> <i>Aeroespace&amp;Defense</i> - As principais atividades da empresa são projetar, manufaturar, e realizar manutenção de componentes de precisão e sistemas para produção de aeronaves e fornece serviços de engenharia para as indústrias: aeroespacial, defesa, automóvel, construção naval, petroquímica, equipamentos agrícolas.

---

<b>Nome:</b> Datum – foi comprada pela Symmetricom, Inc., em 29/10/02.
<b>Símbolo:</b> DATM
<b>Atividade:</b> <i>Communications Esquipment</i> - Projeta, manufatura e comercializa uma variedade de medidores de tempo e frequência de alto desempenho usados para sincronizar fluxos de informação em redes de telecomunicação e fornecedor de produtos de precisão para medição de tempo para redes de computadores, sistemas de satélite, comércio eletrônico e testes e aplicações de medida.

---

(continua)

TABELA B.1 – Continuação

---

<b>Nome:</b> Ducommun Inc.
<b>Símbolo:</b> DCO
<b>Atividade:</b> <i>Aircraft&amp;Parts</i> - Manufatura componentes e monta aeronaves (comerciais e milita-res) e programas espaciais, desenvolve, projeta e fabrica interruptores de microon-da, filtros e

---

**A-S**

outros componentes usados principalmente em aeronaves e satélites (comerciais e militares). No setor espacial, produz componentes para os tanques de combustível expansível, produz componentes para uma variedade de veículos de lançamento não tripulados e programas de satélite. Os clientes principais do Grupo são a Boeing, Raytheon e Lockheed Martin.

<b>Nome:</b>	DONCASTERS PLC ADS
<b>Símbolo:</b>	DCS
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospa</i> ce - Fabrica componentes de alta tecnologia para aplicações de tolerâncias críticas, usadas na indústria aeroespacial, em turbinas a gás e a vapor.
<b>Nome:</b>	Echostar Communications
<b>Símbolo:</b>	DISH
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Direct Broadcast Satellite (DBS) Communications Operators</i> - Provedor de televisão digital satélite que opera nos EUA, de sua rede de informação digital (PRATO). Através de uma subsidiária, a empresa projeta e desenvolve decodificadores para transmissão direta de satélites, antenas e outros equipamentos digitais para a rede de PRATO e para provedores de serviços de satélite internacionais.
<b>Nome:</b>	DRS Technologies, Inc.
<b>Símbolo:</b>	DRS
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospa</i> ce& <i>Defense</i> - Fornecedor de produtos e sistemas eletrônicos de defesa para as forças armadas dos EUA, para os principais fornecedores da indústria aeroespacial e defesa; agências de inteligência de governo; indústrias militares internacionais e mercados industriais. Desenvolve e fabrica uma variedade de sistemas e componentes usados para processar e armazenar dados.
<b>Nome:</b>	Deutsche Telekom
<b>Símbolo:</b>	DT
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Provedor global de serviços de telecomunicações que opera em quatro divisões: T-Com, T-Mobile T-Sytems e T-Online. T-Mobile opera um sistema global transatlântico para rede de comunicações móveis (GSM).
<b>Nome:</b>	Edac Technologies Corp.
<b>Símbolo:</b>	EDAC
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aerospa</i> ce& <i>Defense</i> - projeta e fabrica ferramentas especiais, equipamentos e medidas, que são usados na manufatura, montagem e inspeção de motores a jato e serviços especializados p/ projetos e reparos de fusos de precisão.
<b>Nome:</b>	EDO Corp
<b>Símbolo:</b>	EDO
<b>Atividade:</b> <b>A-S</b>	<i>Aerospa</i> ce& <i>Defense</i> : Projeta e fabrica sistemas mecânicos eletrônicos avançados e materiais de alta tecnologia para o mercado industrial e de defesa, americano e internacional. O segmento Defesa fabrica sistemas de aeronave e sistemas de combate e análise; o segmento Comunicação e Produtos Espaciais operam com sensoriamento remoto; e segmento Materiais de Alta Tecnologia inclui produtos eletros-cerâmicos e compostos de fibra.
<b>Nome:</b>	EMS Technologies
<b>Símbolo:</b>	ELMG
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Spacecraft Equipment and Supplies</i> - produz projetos, equipamentos de alta tecnologia para uso espacial, comunicações por satélite, radar, vigilância e medidores militares; segmento Wireless produz antenas, terminais e outros produtos de rede sem fio para uso em logísticas, administração de informação, transportes, comunicações de PCS/celular e comunicações por satélite.

(continua)

TABELA B.1 – Continuação

<b>Nome:</b>	Ericsson
<b>Símbolo:</b>	ERICY
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications Components</i> - Produz sistemas e produtos avançados para comunicação móvel e linha fixa, em redes públicas e privadas.
<b>Nome:</b>	Embraer Aircraft

<b>Símbolo:</b> ERJ
<b>Atividade:</b> <i>Aerospace&amp;Defense</i> - Manufatura e vende aeronaves comerciais e de defesa e jatos (Legacy). Também oferece aeronaves de vigilância e reconhecimento.
<b>Nome:</b> Esterline Technologies
<b>Símbolo:</b> ESL
<i>Aerospace&amp;Defense</i> : Opera em três segmentos: Aviônicos e Controles: sistemas de tecnologia de interface para aeronaves comerciais e militares e dispositivos semelhantes para veículos militares, sistemas de comunicação e outras aplicações industriais; segmento Sensores e Sistemas desenvolve e fabrica sensores e controles; segmento Materiais Avançados desenvolve processos tecnológicos, incluindo elastômeros de alto-desempenho usados em aplicações aeroespaciais comerciais e militares.
<b>Nome:</b> Elbit Systems Ltd.
<b>Símbolo:</b> ESLTF / ESLT (mudou em 14/12/01)
<i>Aerospace &amp; Defense</i> - Projeta, desenvolve, fabrica e integra sistemas de comando, controle, comunicação, computacional, inteligência, vigilância e reconhecimento (C4ISR) para aplicações de defesa e segurança. Executa programas de atualização para plataformas de defesa aéreas, terrestres e navais, frequentemente como um contratante principal. Suas principais áreas de operações incluem sistemas de aeronave e helicóptero, sistemas integrados de veículos de ar não tripulado (UAV).
<b>Nome:</b> Fairchild Corporation
<b>Símbolo:</b> FA
<i>Aerospace&amp;Defence</i> – fornece componentes e partes de aeronaves - inclui aviônicos, radares, monitores de cristal líquido, equipamentos de posicionamento global, Beechcraft parts e acessórios, e sistemas de rádio e telefones aerotransportados. Também fornece serviços de reparos, vendas, manutenção e fretes especiais para o exército americano.
<b>Nome:</b> First Aviation
<b>Símbolo:</b> FAVS
<i>Aircraft and parts</i> - atividades principais são fornecer partes e componentes de aeronaves para a indústria aérea. O grupo adquire partes e componentes de pequenos e especializados fabricantes assim como também dos principais fabricantes de equipamentos originais.
<b>Nome:</b> FLIR Systems, Inc.
<b>Símbolo:</b> FLIR
<i>Aerospace&amp;Defense</i> - projeta, produz e comercializa imagens térmicas e sistemas de câmeras infravermelhas para uma variedade de aplicações nos mercados comercial, industrial e governamental, tais como vigilância de longo alcance, reconhecimento, procura e salvamento, e segurança.
<b>Nome:</b> Globecom Systems Inc.
<b>Símbolo:</b> GCOM
<i>Satellite Communications Components</i> - Provedor de comunicação ponta-a-ponta por satélite, sistemas de segmento terrestre e redes de comunicação baseadas em satélites incluindo hardware e software para apoio de sistemas de satélite.

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b> General Dynamics Space Systems Services
<b>Símbolo:</b> GD
<i>Aircraft&amp;parts</i> - Atua em quatro segmentos: Information Systems and Technology Group; Combat Systems group; Marine Systems; and Aerospace group, o qual projeta, desenvolve, produz, comercializa e fornece serviços de manutenção para jatos empresariais tecnologicamente avançados.

<b>Nome:</b>	Gilat Satellite Networks
<b>Símbolo:</b>	GILTF
<b>Atividade:</b>	<i>Satellite Communications</i> : Earth Stations - Provedor de produtos e serviços para redes de comunicação baseadas em satélite. A empresa projeta, desenvolve, manufatura, comercializa produtos de serviços que possibilitam telecomunicações de ponta-a-ponta e soluções de rede de dados, soluções de transmissão para internet baseado em recepção terrestre de satélite.
<b>S</b>	
<b>Nome:</b>	Hughes Eletronics / DirectTV Group Inc. - separou da General Motors em 22/12/03.
<b>Símbolo:</b>	GMH / HS/ DTV (mudou para HS 22/12/2003 e para DTV em 3/17/04)
<b>Atividade:</b>	<i>Satellite Communications</i> - Fornece serviços de comunicação e desenvolve um conjunto de serviços de comunicação e informação de uso doméstico e empresarial. As principais atividades ocorrem em três segmentos: transmissão direta; serviços de satélite e sistemas de rede.
<b>S</b>	
<b>Nome:</b>	Goodrich Corporation
<b>Símbolo:</b>	GR
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - A principal atividade é fornecer componentes, sistemas e serviços para os mercados de aviação e fornecer sistemas de aeronave e satélites para os mercados espacial e militar global. Opera em cinco segmentos: Aerostructures and aviation technical services, Landing systems, Engine and safety systems, Electronic systems and Aeronautical systems.
<b>A-S</b>	
<b>Nome:</b>	Garmin Ltd.
<b>Símbolo:</b>	GRMN
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - A empresa projeta, desenvolve, manufatura e comercializa dispositivos de informação, comunicação e navegação, muitos dos quais são ativados pela tecnologia GPS. A empresa tem dois segmentos: Consumer e Aviation.
<b>Nome:</b>	Globalstar Telec. / Global Light Telecom. Inc.
<b>Símbolo:</b>	GSTRF / GBT / GBTI.PK - Alterado em 21/07/2002 e em 29/10/1998.
<b>Atividade:</b>	<i>Communications Services</i> - possui e opera uma constelação de satélites que formam uma rede de telecomunicações global projetada para servir virtualmente toda área povoada do mundo.
<b>S</b>	
<b>Nome:</b>	Gencorp Inc
<b>Símbolo:</b>	GY
<b>Atividade:</b>	<i>Guided missiles, space vehicles, and parts</i> - O Grupo opera em três segmentos: GDX Automóvel, Aeroespacial e Defesa (desenvolve e produz sistemas de propulsão líquida de foguete líquidos e sólidos e produtos e serviços de defesa relacionados e serviços), e Substâncias químicas.
<b>A</b>	
<b>Nome:</b>	Heico Corp
<b>Símbolo:</b>	HEI
<b>Atividade:</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - Projeta, manufatura, e vende produtos e serviços aeroespaciais em dois segmentos: Flight Support Group: projeta, fabrica, conserta e realiza manutenção de partes de motores e componentes tais como, câmaras de combustão, dutos de escoamento, aerofólios e outras partes de motores e estrutura; e Electronic Technologies Group.
<b>A</b>	

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b>	Harmonic Lightwaves, Inc./ Harmonic Data Systems, Inc. - Alterado em 3/23/99.
<b>Símbolo:</b>	HLIT
<b>Atividade:</b>	<i>Communications Equipment</i> - Principal atividade é projetar, produzir e comercializar uma variedade de soluções de transmissão. Os produtos são classificados como <i>Broadband Access Networks</i> (produtos de transmissão óticos, etc); Sistemas Convergentes (inclui codificadores, <i>multiplexers</i> e moduladores). Estas soluções de vídeos digitais permitem operadores de satélite e a cabo, empresas de
<b>S</b>	

telecomunicações e radiodifusão oferecer serviços de vídeo digitais e dados avançados.

---

<b>Nome:</b>	Honeywell International
<b>Símbolo:</b>	HON
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Produz produtos e serviços aeroespaciais. Fornece tecnologia de controle, sensoriamento e segurança. O Grupo opera em quatro segmentos empresariais: Aerospace, Automation and Control Solutions, Specialty Materials and Transportation and Power Systems.

---

<b>Nome:</b>	Herley Industries, Inc.
<b>Símbolo:</b>	HRLY
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Desenvolve pesquisa, faz engenharia e produção de componentes e subsistema complexos de rádio frequência (RF) e para usos sistemas de comunicação comerciais, de defesa e espaciais mundiais.

---

<b>Nome:</b>	Harris Corp.
<b>Símbolo:</b>	HRS
<b>Atividade:</b>	<i>Communication equipment</i> - Empresa de comunicação internacional que fornece produtos, sistemas e soluções de serviços para clientes comerciais e governamentais. Opera em cinco divisões: Government communications systems: conduz pesquisa avançada e desenvolve protótipos e projeta, desenvolve e produz equipamentos e sistemas de processamento de informações aeroespaciais e terrestres; RF communications; Microwave communications; Network support e Broadcast communications.

---

<b>Nome:</b>	Hi Shear Tech
<b>Símbolo:</b>	HSR
<b>Atividade:</b>	<i>Guided missiles, space vehicles, and parts</i> - Principal atividade é projetar e fabricar produtos eletrônicos, mecânicos e produtos de separação-pirotécnico (cartuchos /iniciadores potentes, dispositivos mecânicos, produtos eletrônicos, sistemas de iniciação de laser, cortadores de emergência e <i>airbags</i> ) para serem usados principalmente em satélites comerciais e veículos de lançamento, missões de exploração mísseis estratégicos, aeronave de combate avançada e sistemas militares

---

<b>Nome:</b>	Hawk Corporation
<b>Símbolo:</b>	HWK
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Opera em quatro segmentos: Friction products projeta, produz e comercializa componentes especializados usados em aplicações aeroespaciais, industriais e comerciais; Precision components; Performance automotive; e Motor.

---

<b>Nome:</b>	Hexcel Corporation
<b>Símbolo:</b>	HXL
<b>Atividade:</b>	<i>Space Shuttles</i> - A empresa opera em cinco segmentos: Aerospace and Defense: aeronaves militares, veículos lançadores para veículos espaciais e satélites; <b>A-S</b> Commercial Aerospace: componentes para estrutura; General Industrial; Eletronics; e Sports and Recreation.

---

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

---

<b>Nome:</b>	IDA
<b>Símbolo:</b>	IDA
<b>Atividade:</b>	<i>Satellite Communications</i> - Projeta, fabrica e comercializa produtos de hardware e software para a indústria da comunicação sem fios. Os produtos incluem acessórios de rádio bidirecional, equipamentos SMR (Rádio Móvel Especializado) e sistemas de rastreamento por satélite GPS AVL.

---

<b>Nome:</b>	ITT Industries
<b>Símbolo:</b>	IIN / ITT - Alterado em 09/05/00.

<b>Atividade:</b>	<i>Conglomerates</i> - A empresa trabalha nos segmentos: Fluid technology; Defense electronics: consiste de produtos aeroespaciais e de comunicações, visão noturna, radares e aviônicos); Motion and Flow Control: consiste de sistemas hidráulicos, controles aeroespaciais, <i>hydroair</i> e <i>conoflow</i> , e Eletctroic Components: consiste em produtos e serviços para comunicações, indústria, transporte, militar/aeroespacial, aeronaves comercial e computadores.
<b>Nome:</b>	Indosat – Indonesia Satellite Corp
<b>Símbolo:</b>	IIT
<b>Atividade:</b>	<i>Communications Services</i> - Atua em quatro divisões: International Calls: inclui o IDD 001 de Indosat, o IDD 008 de Satelindo; Celular: inclui as multimídias de Indosat Móvel (IM3) GSM 1800 e os serviços celulares GSM da Satelindo 900; Multimedia, Internet e Data Communication (MIDI): fornece ligação de World Link/Direct Link, conexão direta de dados, arrendamento de satélite; e Internet and Frame Net services.
<b>Nome:</b>	Interlink Satellite System Design and Consulting
<b>Símbolo:</b>	INLK / LINK
<b>Atividade:</b>	<i>Satellite Manufacturer Consultants</i> - Desenvolve e gerencia projetos e análise para redes de transmissão a cabo e por satélite. Fornece soluções de alta performance para sistemas que transmitem em rede.
<b>Nome:</b>	Irvine Sensors Corp.
<b>Símbolo:</b>	IRSN
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - Projeta, desenvolve, desenvolver e produzir produtos eletrônicos, incluindo subsistemas e semicondutores e outros produtos relacionados a eletrônicos miniaturizados.
<b>Nome:</b>	Innovative Solutions & Support, Inc.
<b>Símbolo:</b>	ISSC
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - Projeta, desenvolve, produz e comercializa computadores de informação de bordo, painéis e sistemas de monitoramento, avançados que medem e mostram informações críticas do voo.
<b>Nome:</b>	Integral Systems Inc
<b>Símbolo:</b>	ISYS
<b>Atividade:</b>	<i>Satellite Communications</i> - As principais atividades da empresa são construir sistemas terrestres para satélite (comando, controle, integração, teste, processamento de dados e simulação). O Grupo fornece sistemas para mais de 120 satélites com missões diferentes: aplicações em comunicação, ciência, meteorologia e recursos naturais.
<b>Nome:</b>	Kaman Corp
<b>Símbolo:</b>	KAMNA
<b>Atividade:</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - Opera em três segmentos: Industrial distribution; Aerospace: produz helicópteros, fornece trabalho de subcontratação em estrutura de aeronaves e fabrica vários produtos para uso em aeronave; e Music distribution.

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b>	Kellstrom
<b>Símbolo:</b>	KELL / KELLQ.PK
<b>Atividade:</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - Compra, realiza manutenção (por subcontratantes), revende e arrenda aeronaves, aviônicos e rotores de aeronave, motores e partes de motores.
<b>Nome:</b>	Royal KPN
<b>Símbolo:</b>	KPN

<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Communications Services</i> - Fornece serviços de telecomunicação a consumidores e empresas. O Grupo opera em quatro divisões: Fixed Network Services, Mobile Communications: Station 12, o ramo que opera com satélites, Business Solutions and Other Activities. A empresa opera satélite de comunicação.
<b>Nome:</b> <b>Símbolo:</b>	KVH Industries KVHI
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communication: Equipment &amp; Supplies</i> - Projetar, manufaturar e comercializar sistemas de comunicações de satélite de banda larfa (alta), sistemas de navegação e sistemas de navegação com produtos de fibra ótica (TACNAV-TM) usados em aplicações de defesa, produtos TracVision(R) eTracphone(R) que são usados em serviços de televisão, telefone e internet de alta velocidade por satélite.
<b>Nome:</b> <b>Símbolo:</b>	Kyocera Solar, Inc. KYO
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Semiconductors</i> - Manufatura e comercialização de componentes eletrônicos, partes semicondutores e equipamentos de telecomunicações. As atividades da empresa são realizadas em quatro divisões: Fine ceramics group, Electronic device group, Equipment group and Other. Também fabrica telefones sem fio: Kyocera Iridium Phone.
<b>Nome:</b> <b>Símbolo:</b>	Labarge Inc LB
<b>Atividade:</b>	<i>Electronic Instr. &amp; Controls</i> – Projeção e criação de sistemas eletrônicos sofisticados e sistemas e dispositivos de interconexão complexa em base de contrato. Também projeta e comercializa propriedades de celular e produtos de sistemas rede comunicação e serviços de internet.
<b>Nome:</b> <b>Símbolo:</b>	Ladish Co., Inc. LDSH
<b>Atividade:</b>	Cria, produz e comercializa componentes de metais forjados com alta tecnologia para uma variedade de aplicação de resistência à fadiga carga para mercados industriais, aeroespacial e motores a jato. Venda de partes de motores a jato, componentes de mísseis, trens de pouso, rotores de helicópteros e outros produtos aeroespaciais.
<b>Nome:</b> <b>Símbolo:</b>	Lowrence Elect LEIX
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - As principais atividades são projetar, fabricar, comercializar e distribuir Sonars e sistema de posicionamento global (GPS) equipamento de navegação e outros produtos e acessórios eletrônicos relacionados. Os produtos da Lowrance são vendidos mundialmente para diversos segmentos, entre eles aviação eletrônica.
<b>Nome:</b> <b>Símbolo:</b>	Litton Industries LIT
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	Comercializa e instala o Sistema Gerador de oxigênio Onboard de Litton (OBOGS) no Hercules C-130 e aeronaves mundo-wide/Litton/Alliant Techsystems Team. Também constrói navios não-nucleares, fornece serviços de informação tecnológica a empresas e governo e fornece materiais, componentes eletrônicos.

(continua)

#### TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b> <b>Símbolo:</b>	L-3 Communications LLL
<b>Atividade:</b> <b>A-S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Fornece diversos produtos usados em plataformas aeroespaciais e de defesa. Também fornece subsistemas em plataformas, incluindo redes de comunicação, comunicação por satélites, sistemas seguros de informação, dispositivos para mísseis e munições, etc.

<b>Nome:</b>	LMI Aerospace
<b>Símbolo:</b>	LMIA
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> : O Grupo fabrica máquinas e integra componentes de liga especial e de alumínio usados em produtos das indústrias aeroespacial, semicondutor e médica. Fabrica componentes tais como: extremidade de asa, montagem de lentes e <i>flaps</i> , montagem da estrutura de janela do piloto, carcaça da fuselagem, estrutura de portas de carga e suportes.
<b>Nome:</b>	Lockheed Martin
<b>Símbolo:</b>	LMT
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - A empresa projeta, desenvolve e fabrica sistemas, produtos e serviços de tecnologia avançada. O Grupo opera em quatro segmentos: Systems integration desenvolve e integra sistemas para aplicações em aerotransporte, mar, embarcação, defesa, governo empresas comerciais; Space system desenvolve e cria sistemas espaciais civis, comerciais e militares; Aeronautic desenvolve e produz sistemas de comando, de reconhecimento, aeronave de combate ou transporte, integração de plataforma de sistemas e programas de desenvolvimento avançados; e Technology services.
<b>Nome:</b>	Loral Space & CM
<b>Símbolo:</b>	LOR / LRLSQ.OB
<b>Atividade:</b>	<i>Satellite Communications Manufacturers</i> - A principal atividade é fabricar satélites e fornecer serviços de comunicação baseado em satélites. O Grupo é organizado em três segmentos: Fixed satellite services, Satellite manufacturing and technology and Data services.
<b>Nome:</b>	MCL Inc. / Mcleod Onc
<b>Símbolo:</b>	MCLD
<b>Atividade:</b>	<i>Satellite Communications: Earth Stations</i> - Fornece serviços de comunicações integrados para empresas de pequeno e médio porte e clientes residenciais. Fornece serviços de telecomunicações e serviços, tais como acesso a internet, correio de voz, distâncias longas e locais, comunicação de dados ponta-a-ponta e equipamento de rede de telecomunicações.
<b>Nome:</b>	Martin Marietta Corporation
<b>Símbolo:</b>	MLM
<b>Atividade:</b>	<i>Launch Vehicles and Rockets</i> - é produtor de agregados para a construção, inclusive rodovia, infra-estrutura, comercial e construção residencial. Também manufatura e comercializa produtos químicos e desenvolve compostos estruturais para uso em diversas áreas.
<b>Nome:</b>	Moog INC A
<b>Símbolo:</b>	MOGA
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Projeta e fabrica sistemas de controles de fluido e de movimentos de precisão para uma grande variedade de aplicações em mercados aeroespacial e industriais. A Companhia tem três segmentos operacionais: Aircraft Controls, Space Controls e Industrial Controls.

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b>	Motorola Inc.
<b>Símbolo:</b>	MOT
<b>Atividade:</b>	<i>Satellite Communication</i> - As principais atividades da empresa são soluções na área de comunicação integrada. Na área de comunicação por satélite, a Motorola é melhor conhecida por ser o fabricante de <i>handsets</i> . A empresa Iridium, provedor de rede de satélite e primeira neste mercado, foi comprada pela Motorola em 1999. Alguns <i>handsets</i> podem ser identificados como Iridium, mas é produto da Motorola.
<b>Nome:</b>	Mercury Computer Systems, Inc
<b>Símbolo:</b>	MRCY

<b>Atividade:</b> <b>A-S</b>	<i>Guided missiles, space vehicles, and parts</i> - A empresa atua em aplicações de processamento de imagens e sinais militares. Empresas como a Northrop Grumman, Lockheed Martin, Alenia Marconi, BAE SYSTEMS, Raytheon, General Dynamics Information Systems são clientes da empresa nos produtos computacionais para o controle de suas aplicações.
<b>Nome:</b>	Nera - Satellite Communications
<b>Símbolo:</b>	NERAY / NERTF.PK - Alterado em 02/06/2002.
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Desenvolve, manufatura e vende de rádio de microondas, equipamento de comunicações por satélite e sistemas e redes de banda larga. A empresa opera pelas seguintes divisões: Transmission Networks; Mobile Satellite Communications: desenvolvimento, produção, venda e distribuição de terminais de satélite e estações terrestres e venda de serviços pelo sistema de Inmarsat; Wireless Broad Band Access: produção de terminais, redes de acesso e estações terrestres para bandalarga por satélite.
<b>Nome:</b>	NEC Corporation
<b>Símbolo:</b>	NIPNY
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - O Grupo opera em divisões: NEC Solutions; NEC Networks: fornece sistemas e suporte para comunicação por satélite; NEC Electronic Devices; Leasing; e Others.
<b>Nome:</b>	Northrop Grumman Corp.
<b>Símbolo:</b>	NOC
<b>Atividade:</b> <b>A-S</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - Fornece produtos, serviços e soluções na área eletrônica, para empresas e setor de defesa, informação tecnológica, sistemas integrados e tecnologia aeroespacial avançada.
<b>Nome:</b>	Norsat International.
<b>Símbolo:</b>	NSAT / NSAT.F
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	Principais atividades s~ao projetar e comercializar produtos de infra-estrutura para transmissão de dados de alta velocidade, para a industria de comunicação sem fio. (A empresa opera em dois segmentos: Microwave (receivers, transmitters, transceivers e outros produtos de estacao terrestre); e Open network Digital Video Broadcasting (DVB) satellite networks etc.).
<b>Nome:</b>	NTL Inc
<b>Símbolo:</b>	NTLI
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Telephone communications</i> - Possui três segmentos: Broadcast services: inclui transmissão de televisão analógica e digital e rádio, arrendamento de torres e serviços de transmissão por satélite; Consumer services e Business services.
<b>Nome:</b>	National Wireless Holding
<b>Símbolo:</b>	NWIR
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Principal atividade é operar na área de comércio eletrônico telecomunicações, e outros negócios estratégicos, incluindo facilidades para envio de programas para satélite e distribuição de programas educacionais.

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b>	Odetics Inc CL
<b>Símbolo:</b>	ODETB
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Communications Equipment</i> - A principal atividade da empresa é produzir e ofertar produtos, sistemas e serviços que controlam tráfico em rodovias, e segurança em comunicação digital. A empresa opera em três divisões: Intelligent transportation; Video products: oferece serviços de gerenciamento para indústrias de satélites e televisão; segmento Telecommunications projeta sistemas de sincronização e precisão para redes de comunicação.
<b>Nome:</b>	OEA Inc. (Ordnance Engineering Associates)
<b>Símbolo:</b>	OEA

<b>Atividade:</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - Vende ejetores de assento para uso em aeronaves militares e airbag para a indústria automotiva.
<b>A</b>	
<b>Nome:</b>	Orbital Sciences Corp.
<b>Símbolo:</b>	ORB
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Projeta, manufatura, opera e comercializa um grande conjunto de sistemas espaciais para empresas, governo e defesa. O Grupo tem três segmentos: Launch vehicles and advanced programs; Spacecraft and related space systems; Electronic systems.
<b>A-S</b>	
<b>Nome:</b>	Orbit/FR, INC
<b>Símbolo:</b>	ORFR / ORFR.OB
<b>Atividade:</b>	A principal atividade é comercializar e dar suporte a testes de microondas automáticos sofisticados e sistemas de medição. Os produtos são fabricados para indústrias de comunicações sem fios, de satélite, automotiva, aeroespacial e defesa.
<b>A-S</b>	
<b>Nome:</b>	Pemco Aviation Group, Inc
<b>Símbolo:</b>	PAGI
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Fornece serviços para consumidores governamentais e militares, especialmente fornece Programmed Depot Maintenance (PDM) para aeronaves grandes de transporte. O segmento Commercial Services Segment fornece manutenção para aeronaves comerciais e serviços de modificação em base de contratos. O segmento Manufacturing and Components Segment projeta e produz vários produtos aeroespaciais, incluindo sistemas de controle e veículos lançadores etc.
<b>A-S</b>	
<b>Nome:</b>	Precision Castparts Corp.
<b>Símbolo:</b>	PCP
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - Fabrica produtos e componentes de metais complexos. O Grupo opera em quatro segmentos: Investment cast products: fundição para motores de aeronaves, etc.; Forged products: produza compressor e discos de turbina, etc.; Fluid management products and Industrial products.
<b>A</b>	
<b>Nome:</b>	Peak Communications
<b>Símbolo:</b>	PEAKF
<b>Atividade:</b>	Communications services - Projeta, produz e oferta equipamentos de comunicação por satélites comerciais e militares.
<b>S</b>	
<b>Nome:</b>	Pegasus Comm
<b>Símbolo:</b>	PGTV
<b>Atividade:</b>	<i>Communications Services</i> - A atividade principal do Grupo é fornecer serviços de televisão por satélite e serviços digitais para áreas rurais.
<b>S</b>	
<b>Nome:</b>	Pasifik Satelit Nusantara PT
<b>Símbolo:</b>	PSNRY.PK
<b>Atividade:</b>	<i>Communications Services</i> - Empresa de telecomunicações de satélite na Indonésia e provedor de vários serviços de telecomunicações por satélite, incluindo telefonia fixa e móvel.
<b>S</b>	

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b>	Qualcomm Inc.
<b>Símbolo:</b>	QCOM
<b>Atividade:</b>	Satellite Communications - Empresa desenvolve, projeta, produz e comercializa serviços e produtos de telecomunicações digital e sem fio baseados em tecnologia.
<b>S</b>	Os produtos da empresa incluem plataformas para telefonia, sistemas baseados em satélites etc.
<b>Nome:</b>	Raven Industries Inc.
<b>Símbolo:</b>	RAVN

	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - Produz e fornece serviços eletrônicos, plásticos reforçados e dispositivos de controle de fluxo para vários mercados. O Grupo opera em quatro segmentos: Electronic Systems; Flow control; Engineered films; e Aerostar.
<b>Nome:</b>	Remec, Inc.
<b>Símbolo:</b>	REMC
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications Components</i> - Projeta e fabrica subsistemas de alta frequência usados em transmissão de vozes, vídeo e tráfego sobre redes de comunicação sem fio e aplicações eletrônicas no setor espacial e defesa.
<b>Nome:</b>	RF Micro Devices, Inc.
<b>Símbolo:</b>	RFMD
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications Components</i> - Projeta, desenvolve, produz e comercializa RFICs para aplicações em comunicação sem fio, como celulares e PCphones, telefones e LANs sem fio, <i>handsets</i> , rádios industriais e sistemas de segurança.
<b>Nome:</b>	Rockwell Int'L
<b>Símbolo:</b>	ROK
<b>Atividade:</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - O Grupo opera em três divisões: Control systems; Power systems; e FirstPoint contact.
<b>Nome:</b>	Raytheon CL A
<b>Símbolo:</b>	RTN_A
<b>Atividade:</b> <b>A-S</b>	<i>Conglomerates</i> - As principais atividades do Grupo são prover produtos e serviços nas áreas de defesa e eletrônica comercial e aeronaves de missão especial para governo e clientes comerciais. Os produtos do Grupo incluem sistemas de comunicação e controle, sistemas de controle de tráfego aéreo, terminais de controle terrestre de satélites, processamento de dados, etc.
<b>Nome:</b>	Asia Satellite Telecommunications Holdings Ltd
<b>Símbolo:</b>	SAT
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications operators</i> - O Grupo provê <i>transponder</i> de satélites e arrendamento de satélites.
<b>Nome:</b>	SATCom Technology Corp
<b>Símbolo:</b>	SATC
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Projeta, desenvolve, e fabrica sistemas " <i>Active Motion Control</i> ", incluindo motores elétricos avançados, sistemas de suspensão, sistemas de controle de satélite, sistemas de propulsão e sistemas mecânicos de armazenagem de energia.
<b>Nome:</b>	SED Systems Inc
<b>Símbolo:</b>	SECX / SECX.OB
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communication Components</i> - A empresa desenvolve sistemas de testes de satélites de comunicação, como <i>In-orbit Test Systems</i> , para fabricantes de satélites e fornecedores de serviços. Os principais produtos são: Network Management Solutions; Communication Systems, Test Solutions, Contract Manufacturing e Services.

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b>	SIFCO Industries, Inc.
<b>Símbolo:</b>	SIF
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - O Grupo opera por três segmentos: Turbine Component Services and Repair Group: reparo e recondição de motores a jato e componentes de turbina; Aerospace Component Manufacturing Group fabrica partes forjadas de médio porte com diversas ligas; e Metal Finishing Group.
<b>Nome:</b>	Simula Inc.
<b>Símbolo:</b>	SMU

<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - O Grupo opera em dois segmentos: Aerospace/Defense: inclui desenvolvimento de tecnologia e produção assentos de aeronaves militares, estrutura e sistemas de segurança de tripulação; e Commercial products.
<b>Nome:</b>	Sundstrand Corp.
<b>Símbolo:</b>	SNS
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> .
<b>Nome:</b>	Spacehab Inc
<b>Símbolo:</b>	SPAB
<b>Atividade:</b>	Aerospace&Defense - A empresa desenvolve e opera módulos de habitacionais pressurizados para laboratório de pesquisas espaciais. Também oferece sistemas de carga não pressurizados. O Grupo opera em quatro segmentos empresariais: Flight services; Johnson Engineering ; Astrotech; e SMI.
<b>Nome:</b>	Pan Am Sat
<b>Símbolo:</b>	SPOT
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Provedor de serviços de comunicação por satélite. Opera em três segmentos: Video services; Network services; e Others.
<b>Nome:</b>	Sequa CP CL A
<b>Símbolo:</b>	SQA_A
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - Empresa industria diversificada com operações nas áreas aeroespacial (componentes para motores de turbina a gás), propulsão (sistemas de propulsão para uso militar e líquido propulsor para uso de satélites comerciais), química especial e outros produtos.
<b>Nome:</b>	SSE Telecom Inc.
<b>Símbolo:</b>	SSET / SSET.PK
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Projeta, produz e comercializa produtos de satélite de comunicação ( <i>tranceivers, modems</i> conversores e terminais) e sistemas para transmissão de voz, dados e vídeo.
<b>Nome:</b>	Spectrum Signal Processing, Inc.
<b>Símbolo:</b>	SSPIF / SSPI - Alterado em 15/03/1999
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Eletronic</i> s - Oferece sinais de alta densidade soluções de processamento de pacotes para o mercado de comunicação sem fio.
<b>Nome:</b>	STM Wireless
<b>Símbolo:</b>	STMI / STMIQ.PK
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - Projeta, produz e comercializa produtos de infraestrutura de comunicações baseado em satélites e terminais de usuários, usados para redes de telecomunicações privadas e públicas.

(continua)

TABELA B.1 - Continuação

<b>Nome:</b>	Sensytech Inc
<b>Símbolo:</b>	STST
<b>Atividade:</b> <b>A-S</b>	<i>Aerospace&amp;Defense</i> - A empresa projeta, desenvolve e produz sistemas de imagens aerotransportados, sistemas de processamento de dados por satélite, sistemas de alarme de radar, sistemas de comunicação de reconhecimento e outros equipamentos de comunicação.
<b>Nome:</b>	Symmetricom
<b>Símbolo:</b>	SYMM
<b>Atividade:</b>	<i>Communication</i> - Fornecedor de medidores de tempo precisos para a indústria aeroespacial, para a indústria de comunicação, centros de pesquisa e governo.
<b>Nome:</b>	AT&T

<b>Símbolo:</b> T
<b>Atividade:</b> <i>Satellite Communications</i> - A empresa oferece serviços de comunicação globais, incluindo serviços de satélite, longa distância e outros.
<b>S</b>
<b>Nome:</b> Teledyne Technologies Inc.
<b>Símbolo:</b> TDY
<b>Atividade:</b> <i>Aerospace&amp;Defense</i> - Empresa fornecedora de componentes e instrumentos eletrônicos e produtos de comunicação, incluindo defesa, aquisição de dados e equipamentos de comunicação para aeronaves, subsistemas para comunicação por satélites, etc. Produz aviação geral e motores e componentes para mísseis.
<b>A-S</b>
<b>Nome:</b> Triumph Group, Inc.
<b>Símbolo:</b> TGI
<b>Atividade:</b> <i>Aircraft&amp;Parts</i> - projeta, fabrica, recondiciona e repara componentes e acessórios de aeronaves e de turbina a gás para aviação comercial e de carga e também fabricantes de equipamentos e componentes originais da indústria aérea.
<b>A</b>
<b>Nome:</b> Teleglobe International Holdings Ltd
<b>Símbolo:</b> TGO / TLGB
<b>Atividade:</b> <i>Communications services</i> - Atua no segmento de serviços de telecomunicação a distância, atacado e varejo. Desenvolve e oferta serviços de conectividade global para provedores de internet e empresas. A rede de operações da empresa está projetada para fornecer serviços de dados e voz integrados combinando sistemas múltiplo de satélite, cabo submarino e terrestre.
<b>S</b>
<b>Nome:</b> Telecom Italia
<b>Símbolo:</b> TI
<b>Atividade:</b> <i>Communications services</i> - telecomunicação fixa, incluindo rede digital de serviços integrados (ISDN) e móvel, através de empresas associadas, como TIM. Produtos incluem redes de fibra ótica, internet e rede de satélites, informação tecnológica.
<b>S</b>
<b>Nome:</b> Timken Company
<b>Símbolo:</b> TKR
<b>Atividade:</b> <i>Space Shuttles</i> - Fabricante de rolamentos e ligas de aço de alta tecnologia, para aplicação na área aeroespacial, indústria automotiva e outros.
<b>Nome:</b> Telekom Indo
<b>Símbolo:</b> TLK
<b>Atividade:</b> <i>Communications Services</i> - Oferta serviços de telecomunicações como telefone, telex, telegrama, por satélite, correio eletrônico, comunicação móvel e serviços celulares.
<b>S</b>
<b>Nome:</b> TRW INC. - Foi comprada pela Northrop Grumman Corp. em 11/12/2002.
<b>Símbolo:</b> TRW
<b>Atividade:</b> <i>Aerospace&amp;Defense</i> - produz serviços, sistemas e produtos tecnológicos avançados para mercados aeroespacial, defesa, automotivo e sistemas de informação.

(continua)

#### TABELA B.1 - Conclusão

<b>Nome:</b> Telscape Int'l
<b>Símbolo:</b> TSCP / TSCPQ.PK
<b>Atividade:</b> <i>Communication services</i> – Oferece serviços de transmissão de dados, vídeos e voz, assim como integração de sistemas serviços de telecomunicação, em especial para o México. Também oferece serviços de transmissão por satélite para os EUA e América Latina.
<b>S</b>
<b>Nome:</b> Grupo Televisa
<b>Símbolo:</b> TV
<b>Atividade:</b> <i>Communication services</i> - Empresa de transmissão de televisão através de seu sistema de rede a cabo e serviços de satélite DTH.
<b>S</b>
<b>Nome:</b> United Defense Industries

<b>Símbolo:</b>	UDI
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - Projeta, desenvolve e produz veículos de combate, armamentos, lançadores de mísseis e munição de precisão para as forças armadas dos EUA e outros países.
<b>Nome:</b>	United Industrial Corp.
<b>Símbolo:</b>	UIC
<b>Atividade:</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - Fornecedor de sistemas e componentes eletrônicos aeroespaciais e militares sob contrato. Produz veículos aéreos não tripulados, sistemas de treinamento e simulação, testes de aeronaves automatizados e equipamentos de manutenção.
<b>Nome:</b>	United Tech
<b>Símbolo:</b>	UTX
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aircraft&amp;Parts</i> - O Grupo fabrica desde aquecedores e ar condicionado para residências e empresas até produtos aeroespaciais e de defesa, que inclui a produção de helicópteros militares e comerciais.
<b>Nome:</b>	ViaSat Inc.
<b>Símbolo:</b>	VSAT
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Satellite Communications</i> - projeta, produz e comercializa equipamentos de telecomunicação digital por satélite e processamento de sinais.
<b>Nome:</b>	World Access Inc.
<b>Símbolo:</b>	WAXS / WAXS.PK
<b>Atividade:</b> <b>S</b>	<i>Communications Services</i> - Oferece serviços internacionais de telecomunicações através da sua rede
<b>Nome:</b>	Woodward Governor Corp.
<b>Símbolo:</b>	WGOV
<b>Atividade:</b> <b>A</b>	<i>Aerospace &amp; Defense</i> - Projeta, manufatura e suporte de sistemas de controle de energia e componentes para motores industriais e de aeronaves, turbinas e outros equipamentos. Possui dois segmentos: Industrial Controls and Aircraft Engine Systems.



## APÊNDICE C

### MINIMAL SPANNING TREE

As Figuras a seguir apresentam os gráficos da MST e os dendrogramas discutidos no Capítulo 3 – Seção 3.4. As Figuras C.1.(a) até C.1.(q) e C.2.(a) até C.2.(q) mostram a MST utilizando para a base de cálculo a evolução dos preços e variação de preços, respectivamente, para os anos 1987 até 2004, excetuando 1996 que foi apresentado no Capítulo 3.

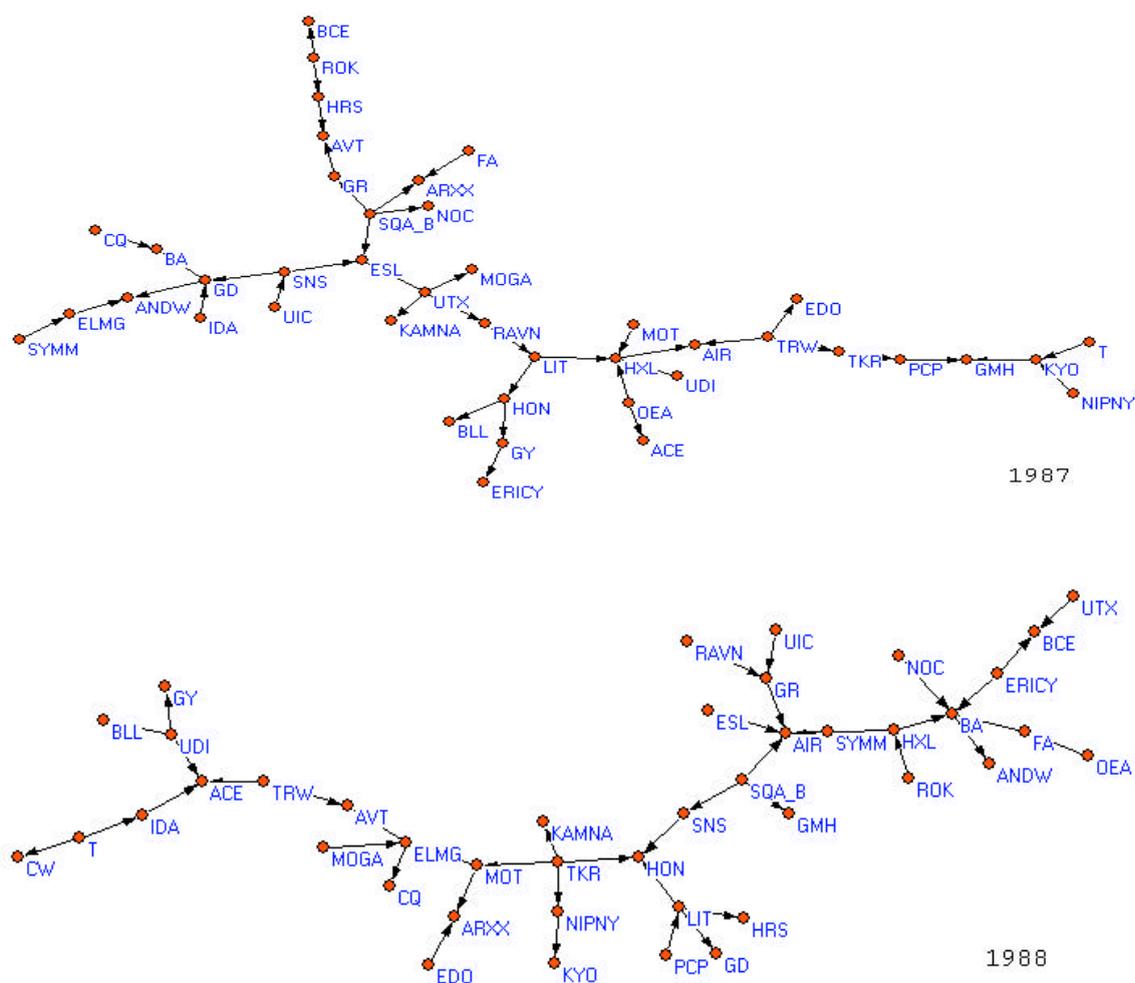


FIGURA C.1 – MST das ações que compõem o CASI, utilizando como base de cálculo a evolução diária de preços: de 1987 a 2004.  
(a) 1987; (b) 1988.

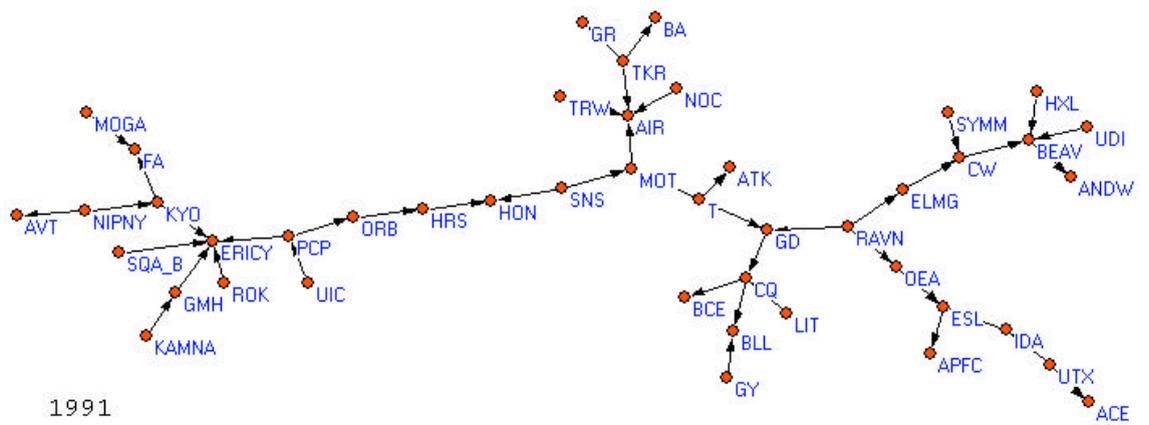
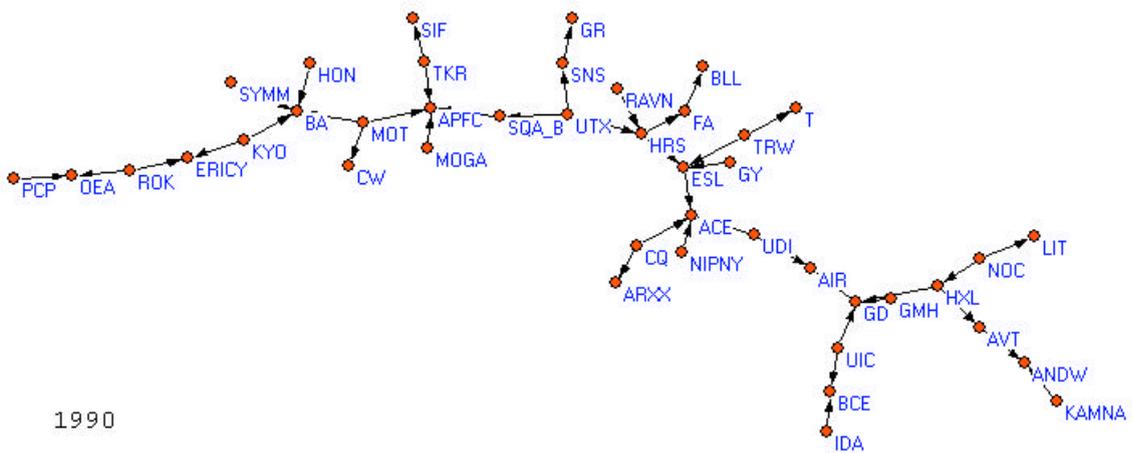
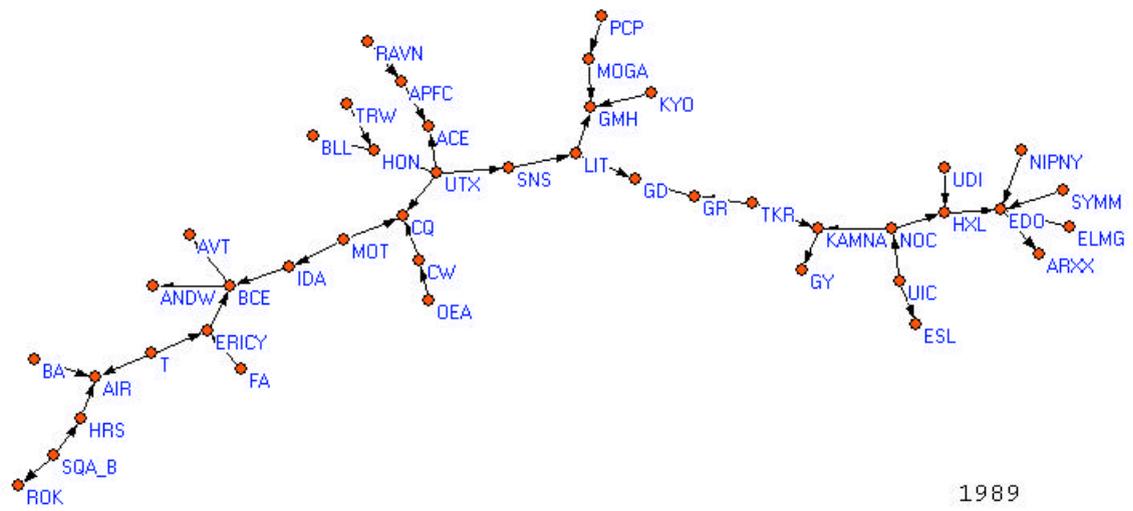


FIGURA C.1 – Continuação: (c) 1989; (d) 1990; e (e) 1991.

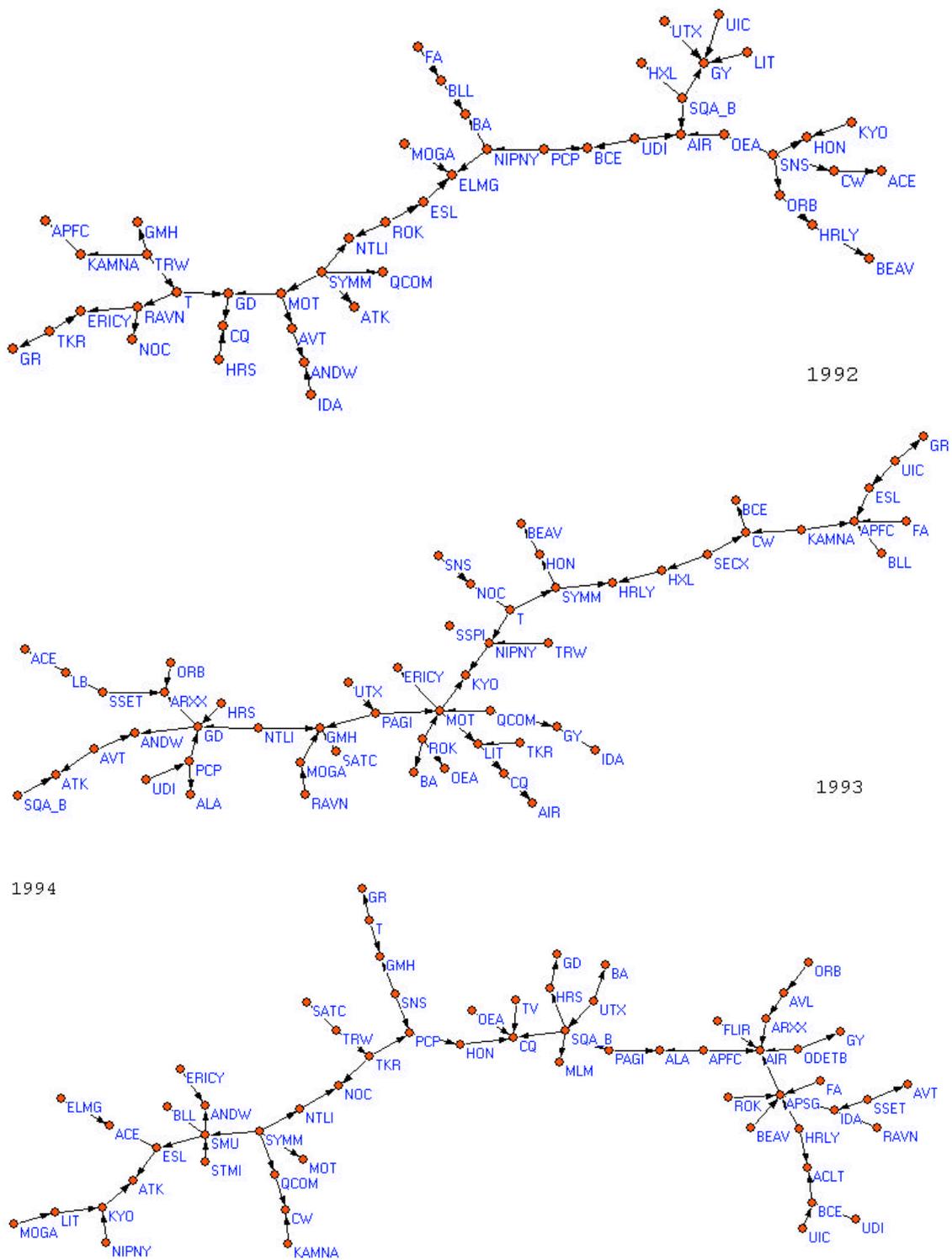


FIGURA C.1 – Continuação: (f) 1992; (g) 1993; e (h) 1994.



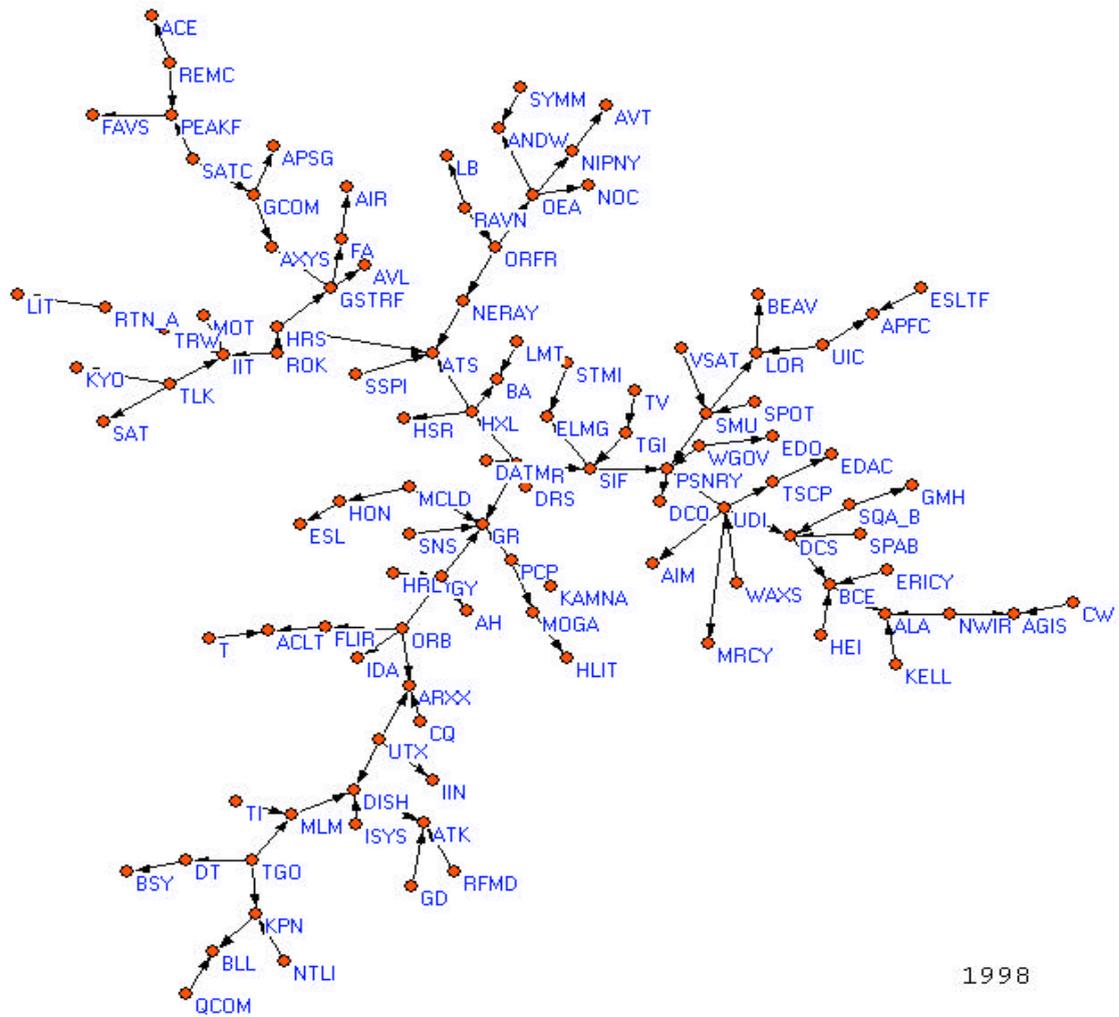
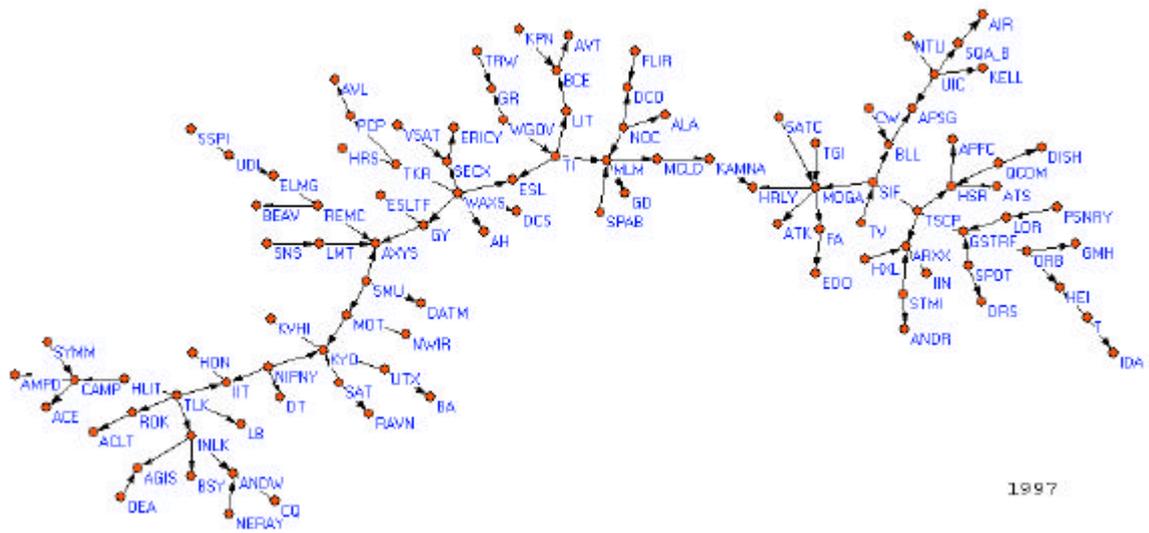


FIGURA C.1 – Continuação: (k) 1997; e (l) 1998.

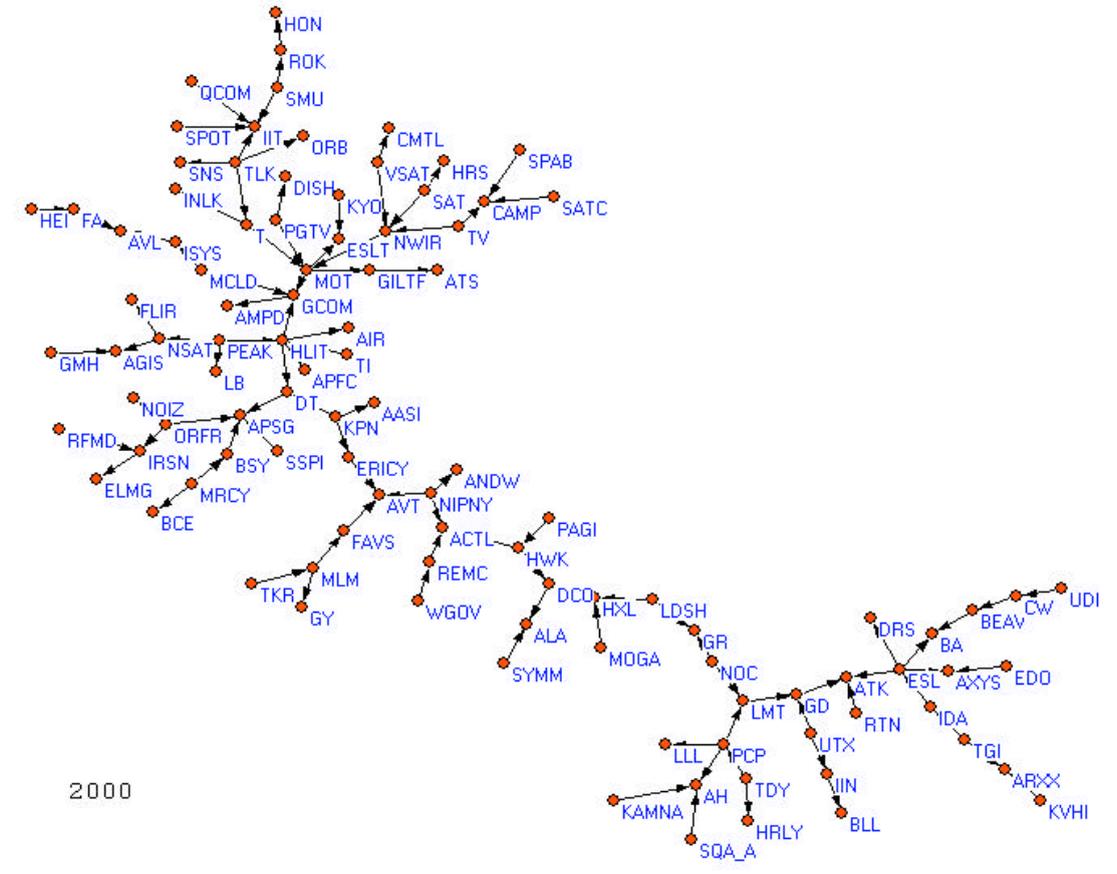
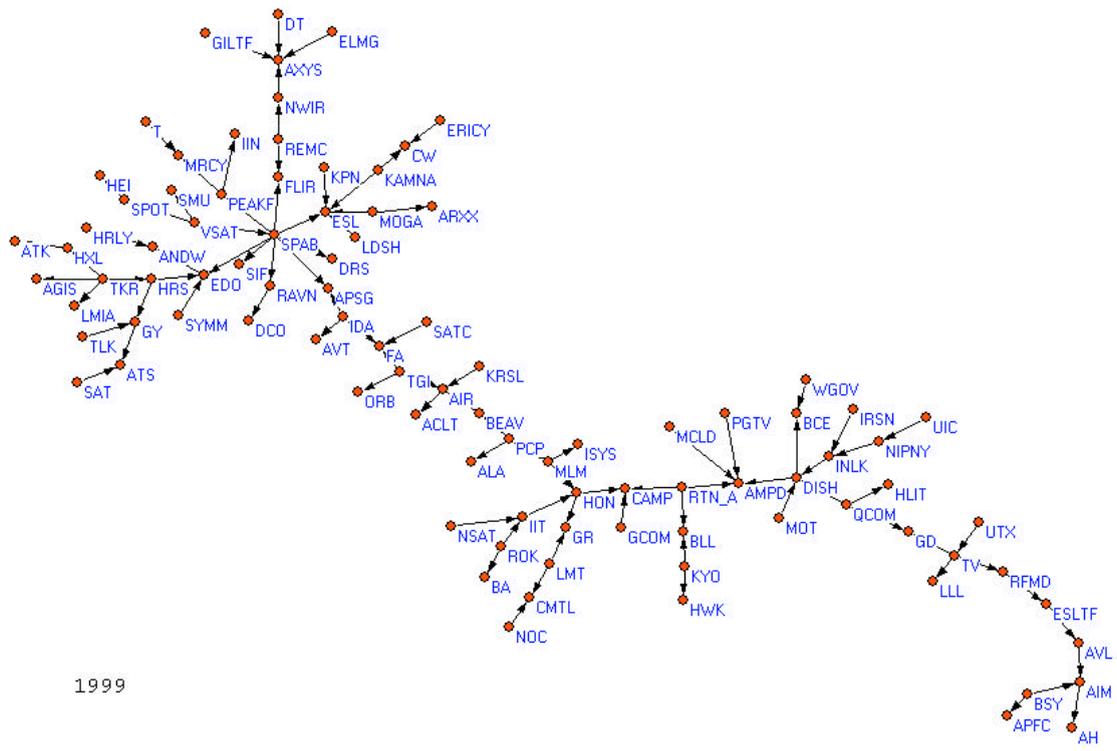
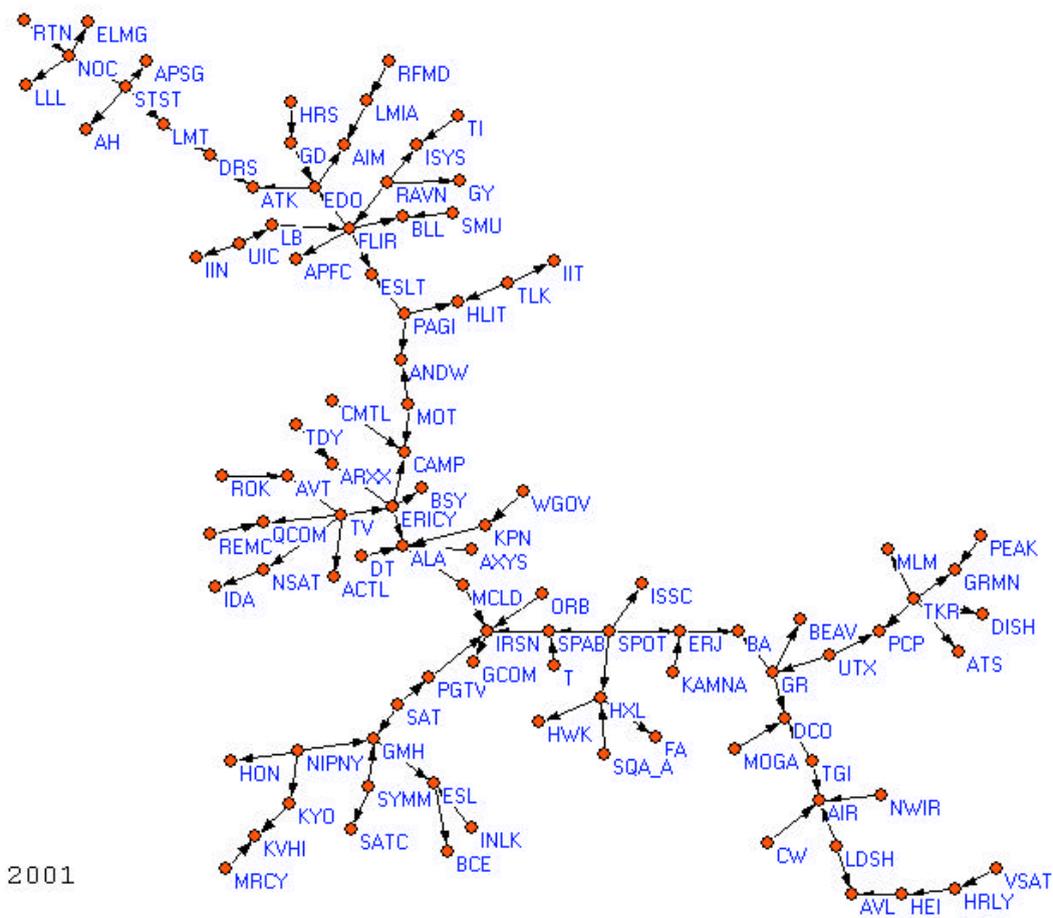
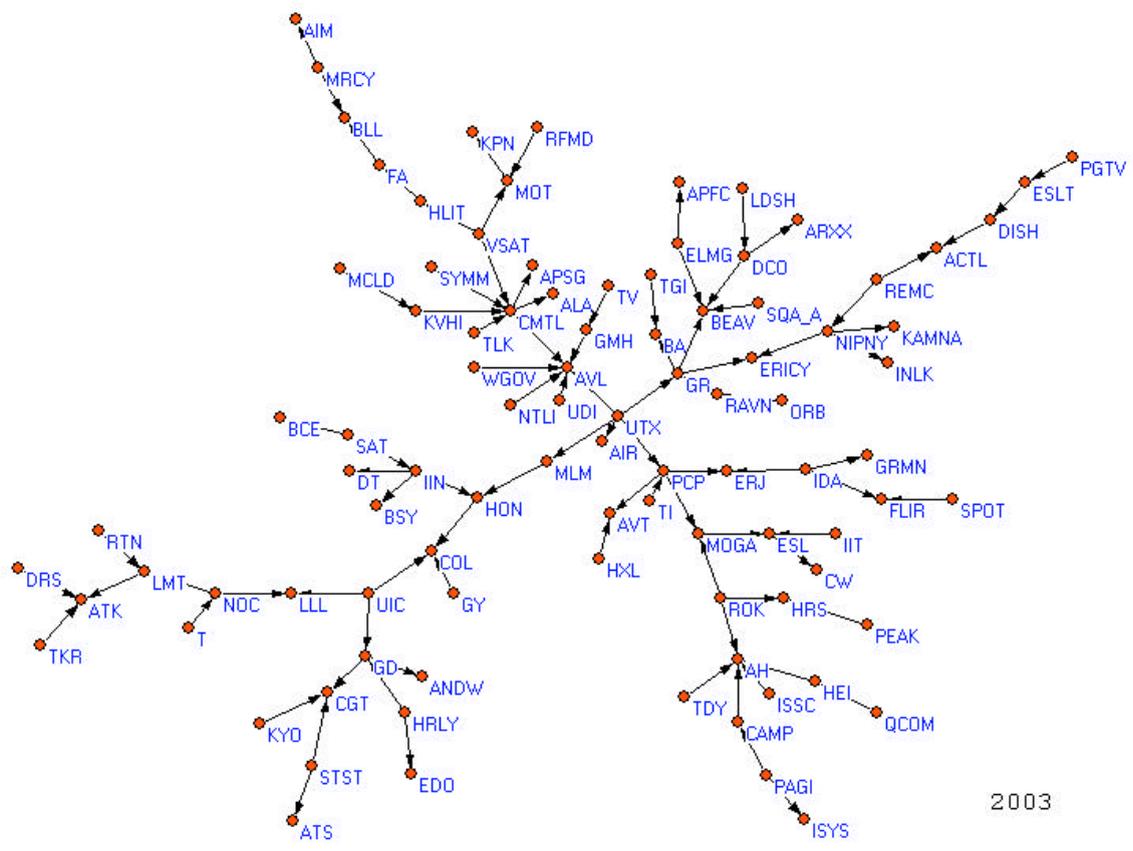


FIGURA C.1 – Continuação: (m) 1999; e (n) 2000.

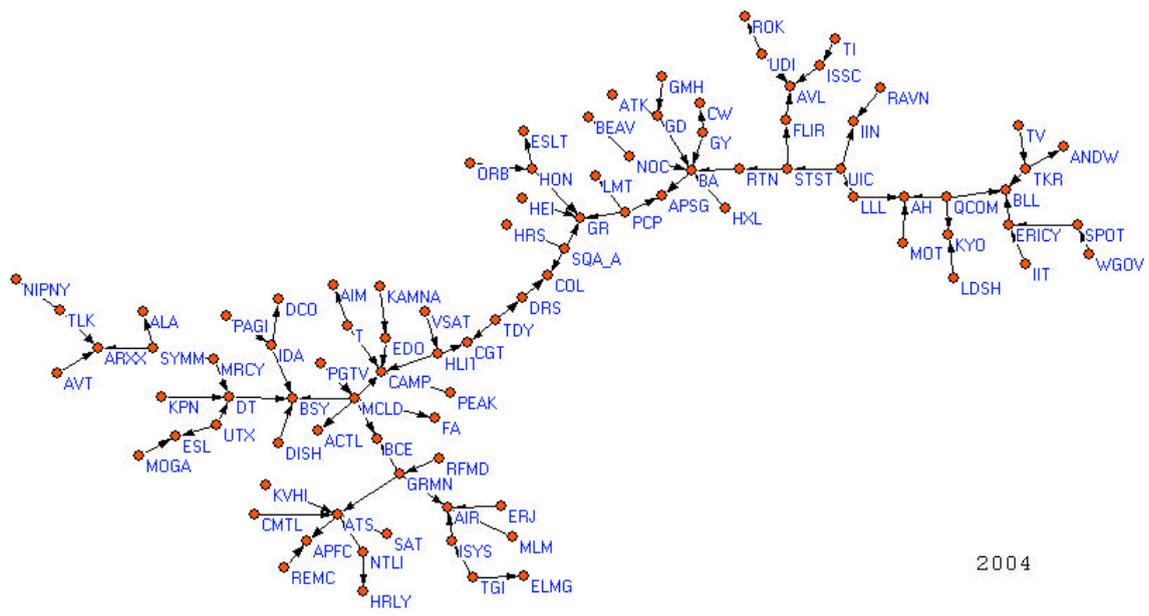


2001

FIGURA C.1 – Continuação: (o) 2001.



2003



2004

FIGURA C.1 – Continuação: (o) 2003; e (q) 2004.

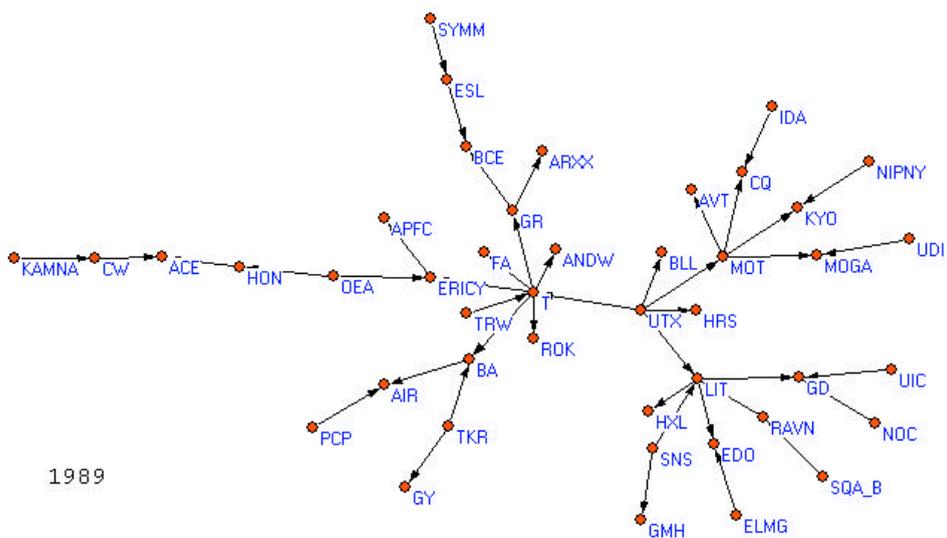
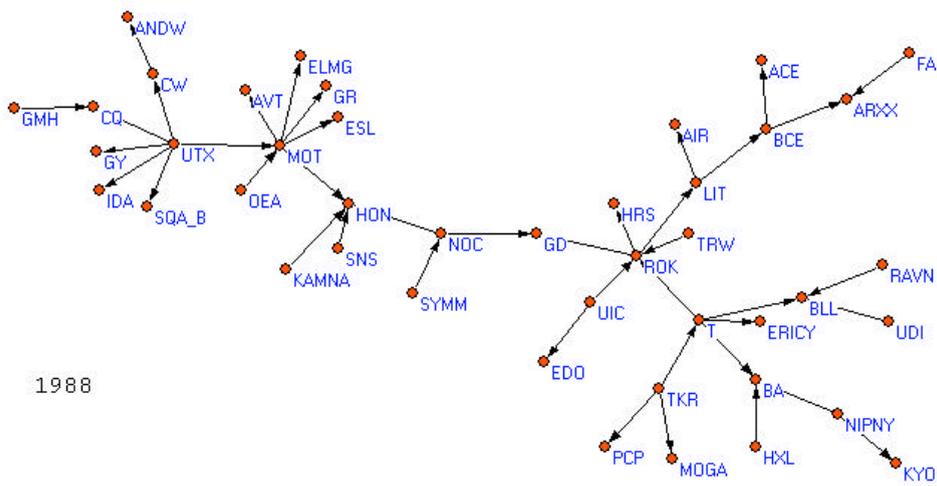
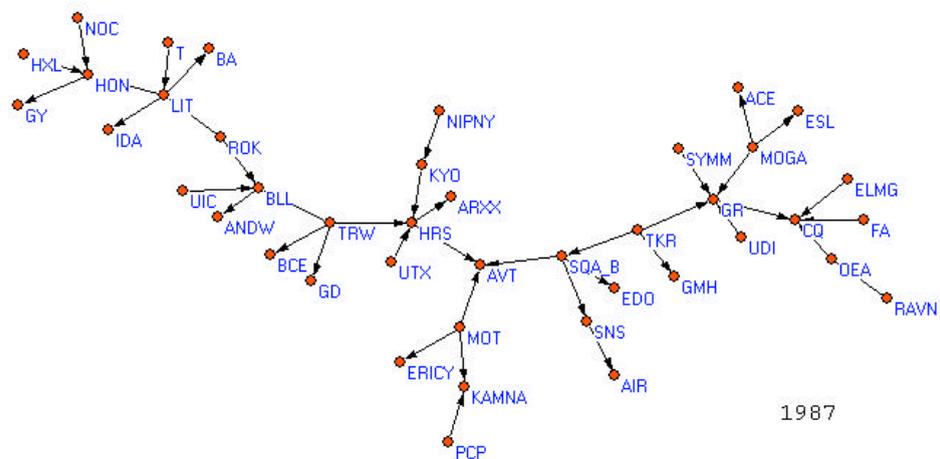


FIGURA C.2 – MST das ações que compõem o CASI, utilizando como base de cálculo as diferenças diárias de preços: de 1987 a 2004.  
 (a) 1987; (b) 1988; e (c) 1989.

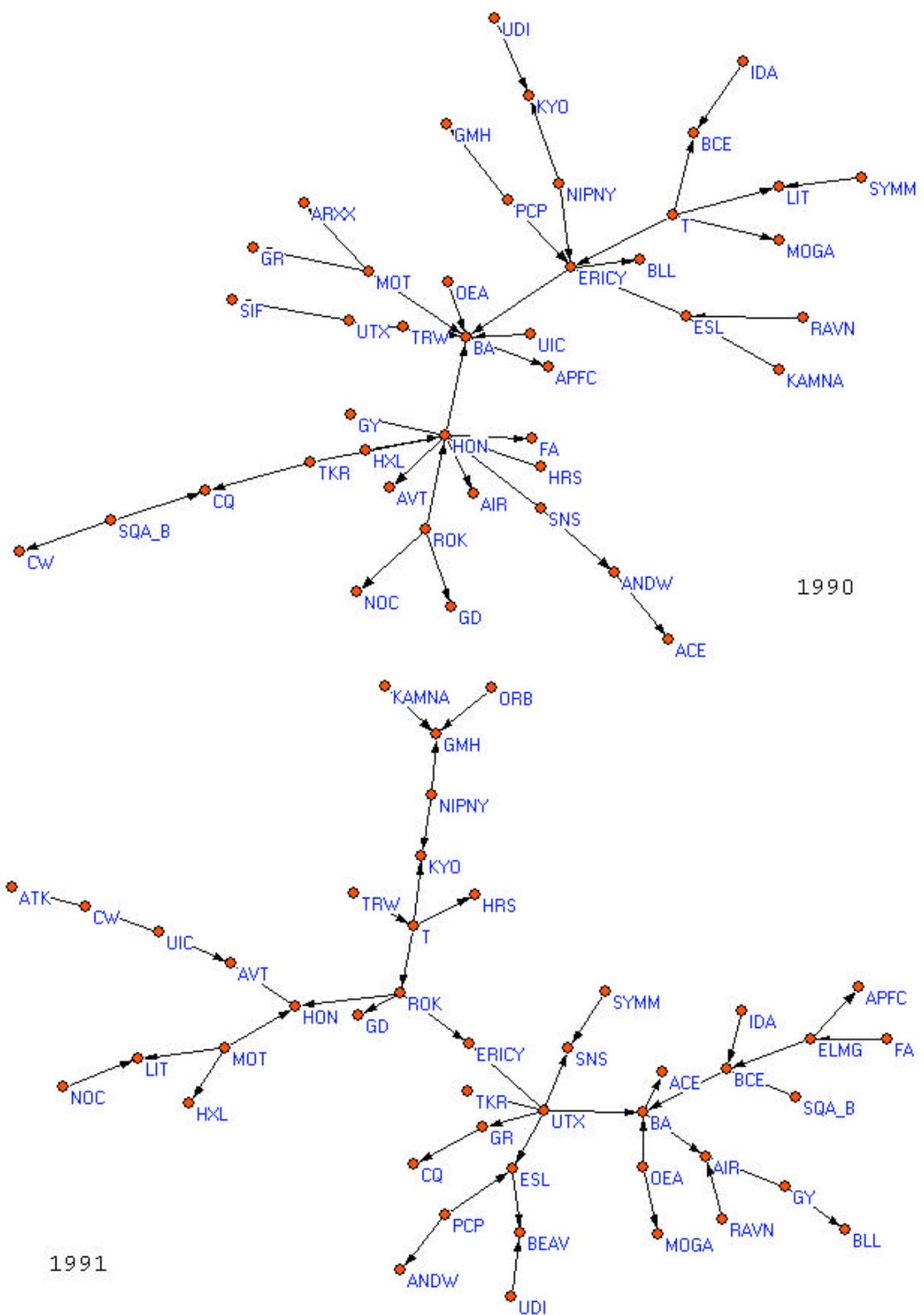


FIGURA C.2 – Continuação: (d) 1990; e (e) 1991.

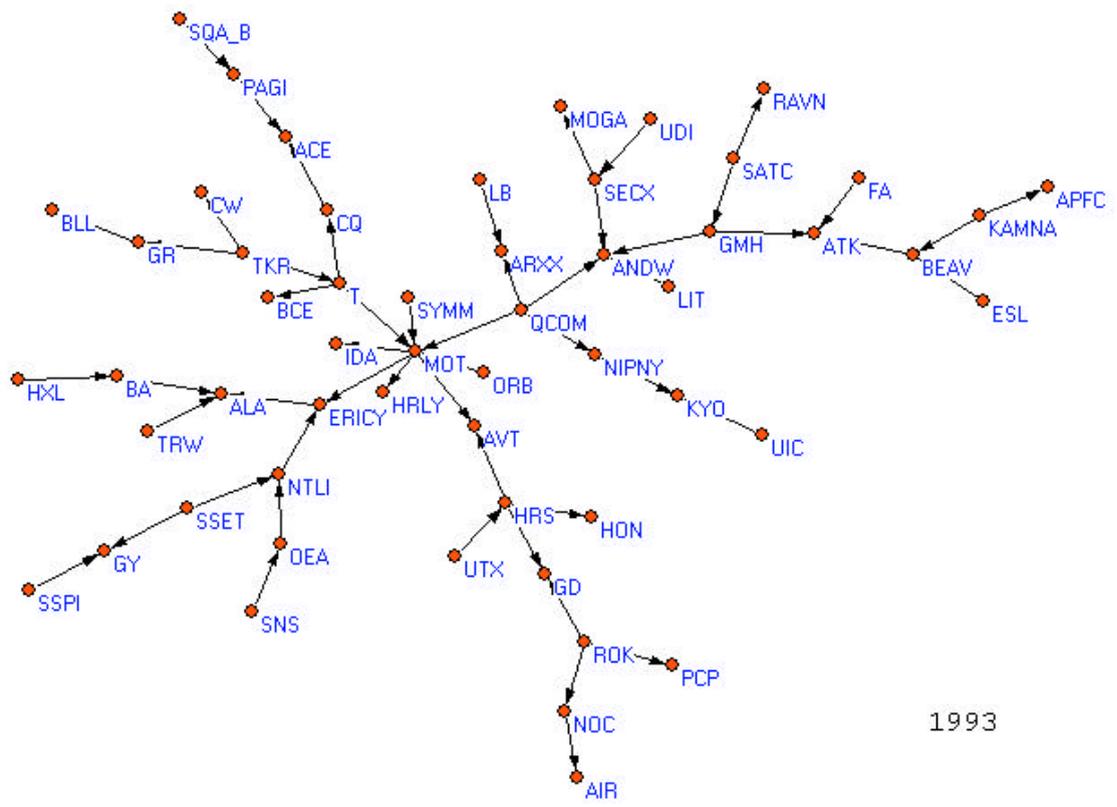
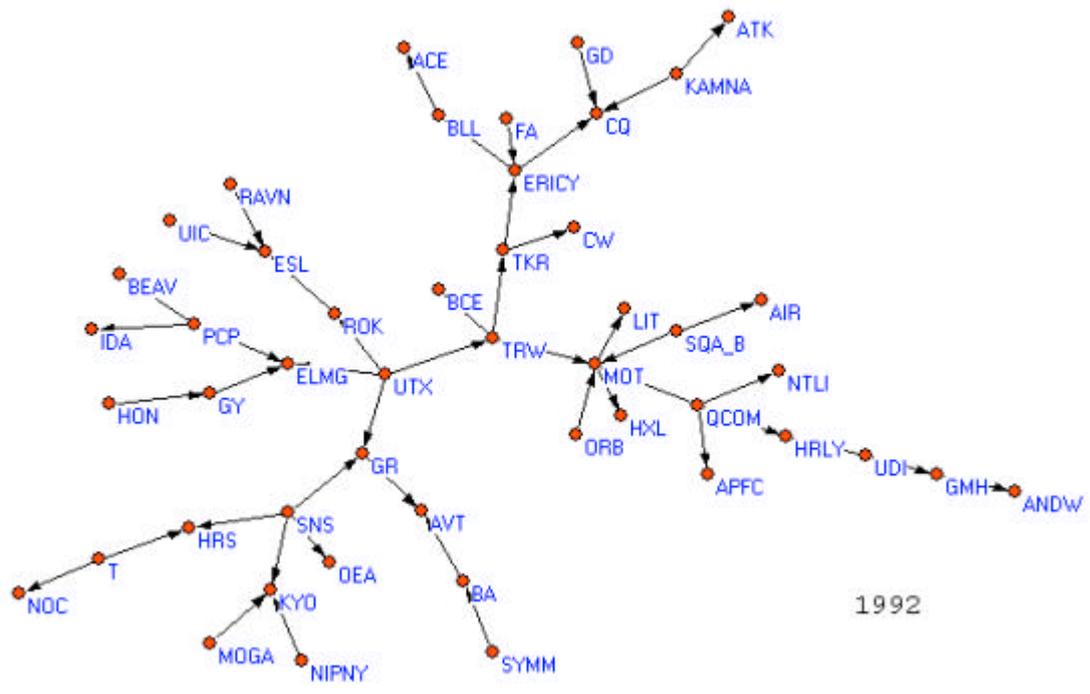


FIGURA C.2 – Continuação: (f) 1992; e (g) 1993.

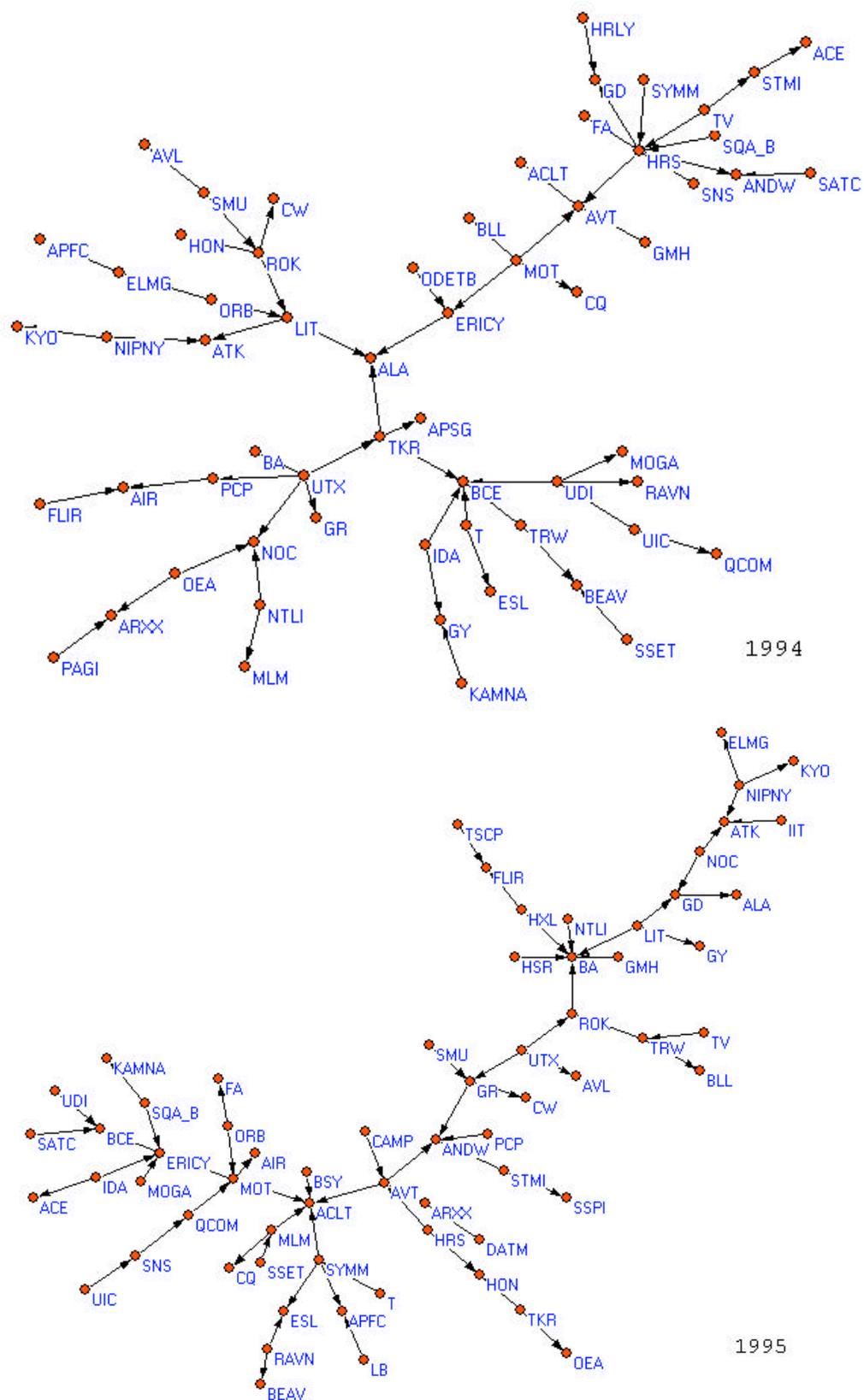


FIGURA C.2 – Continuação: (h) 1994; e (i) 1995.

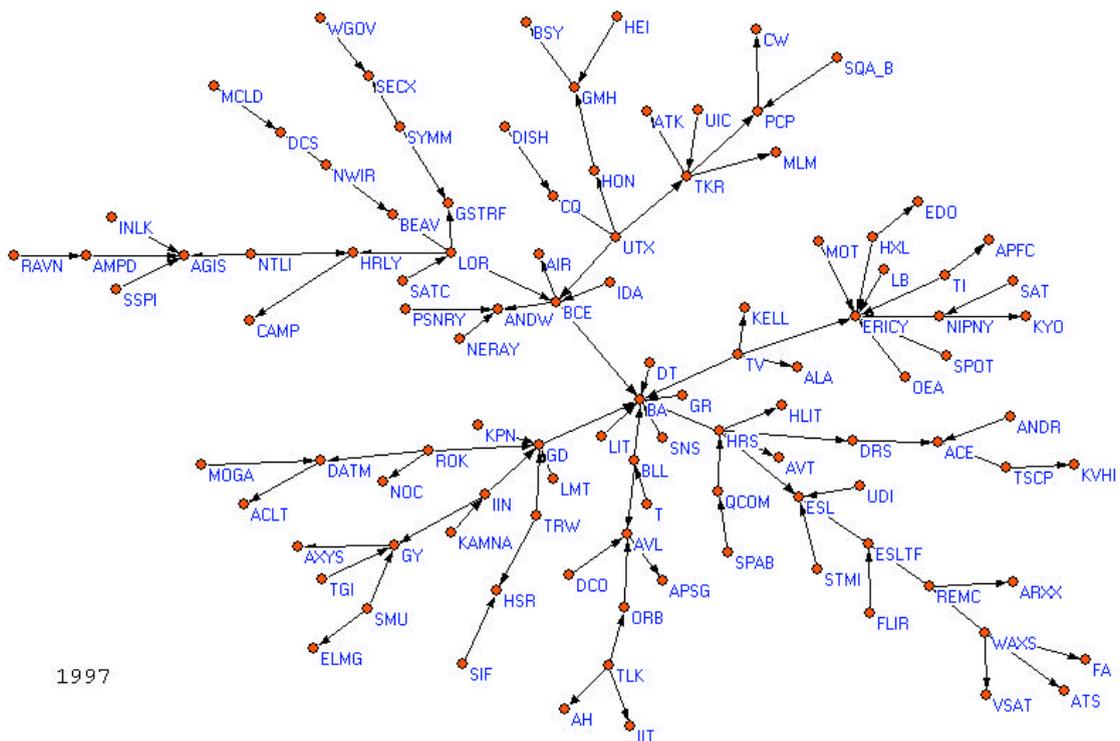
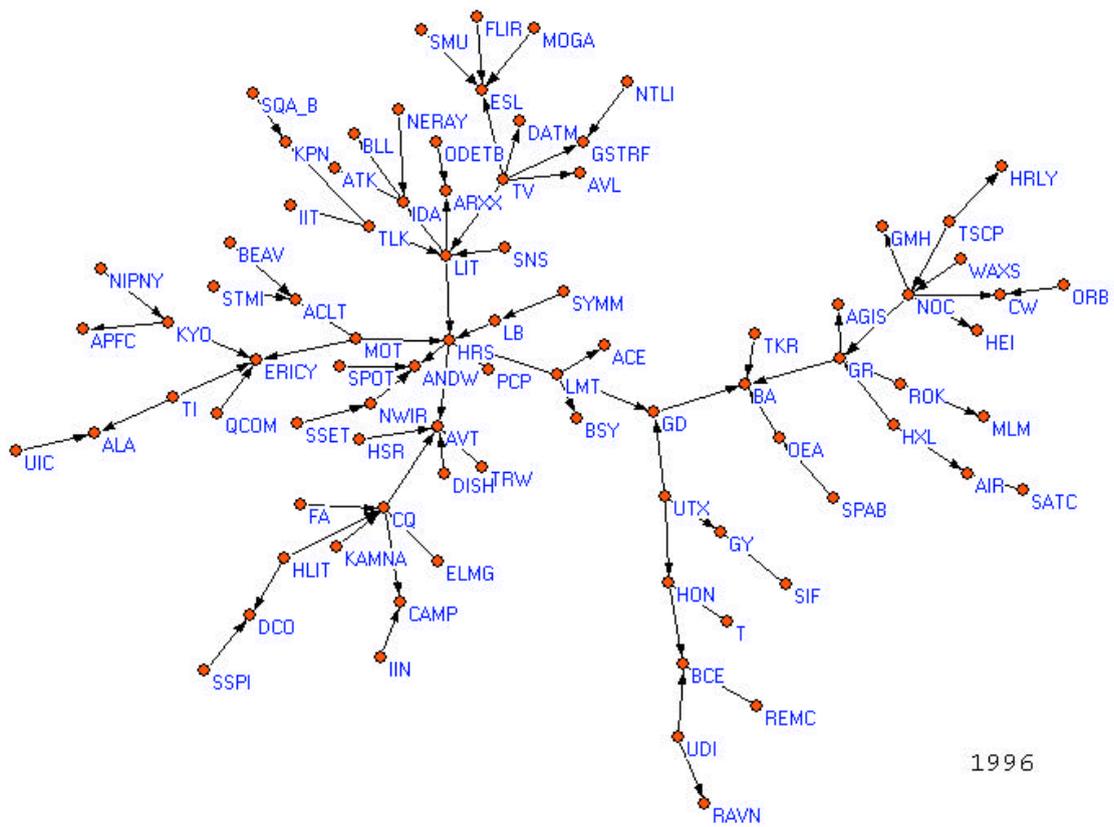
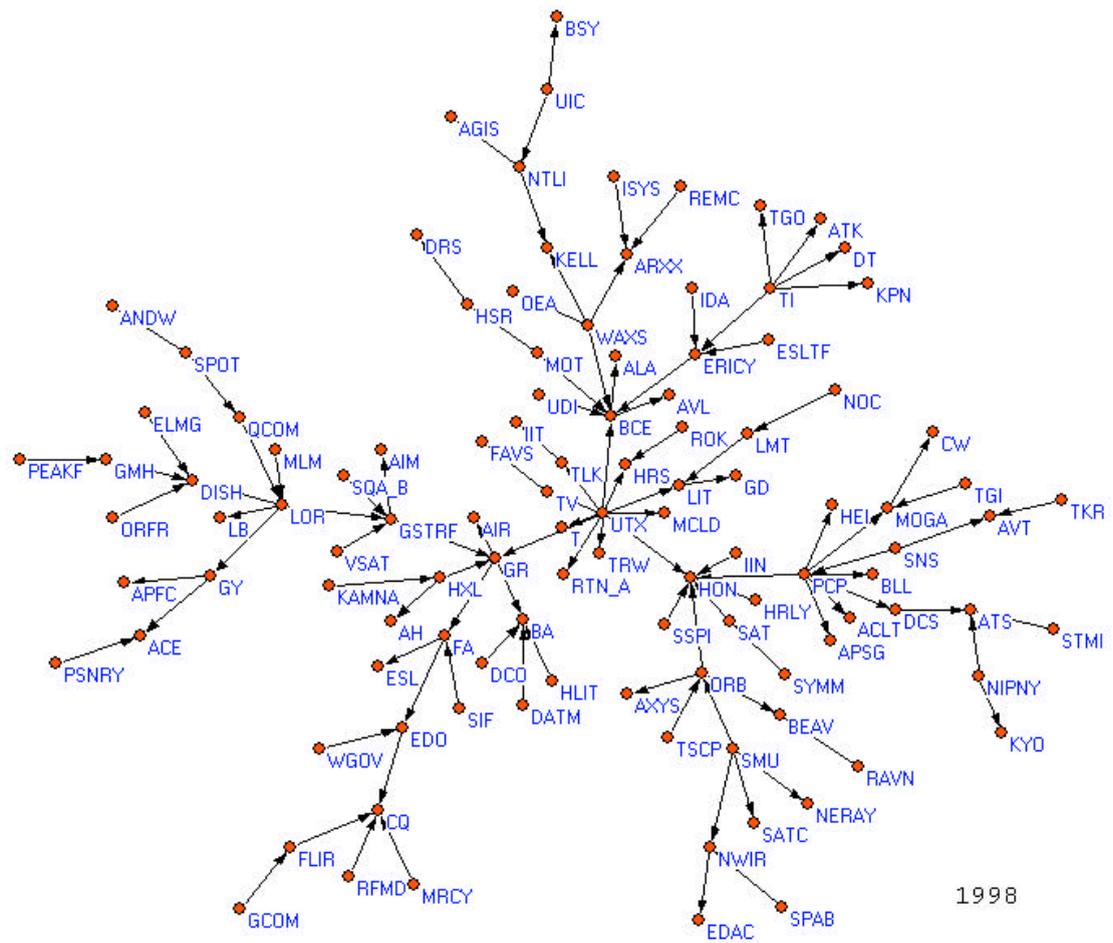
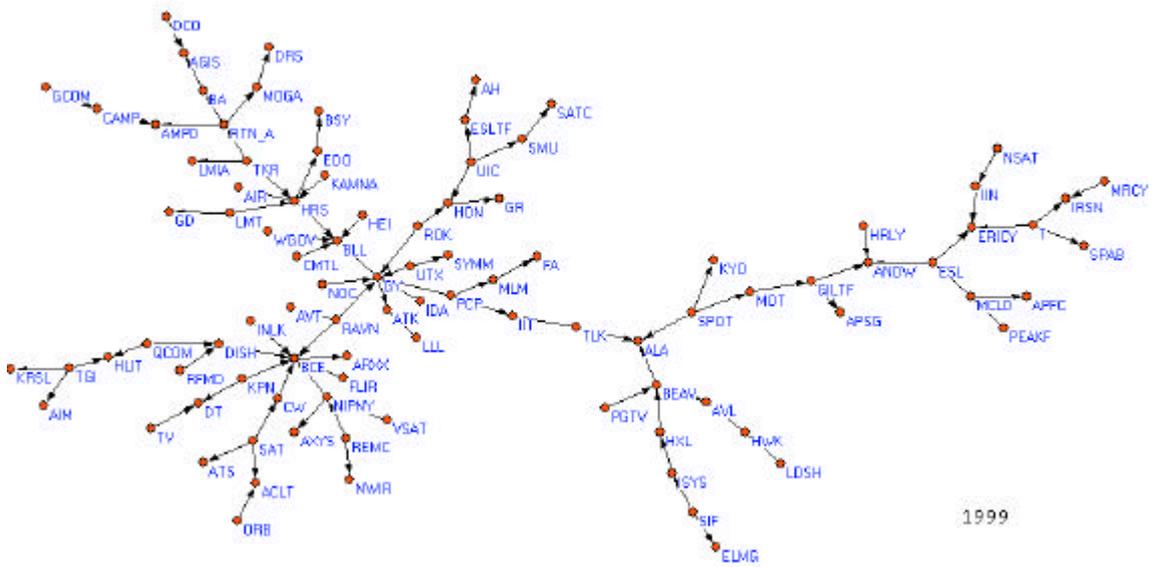


FIGURA C.2 – Continuação: (j) 1996; e (k) 1997.



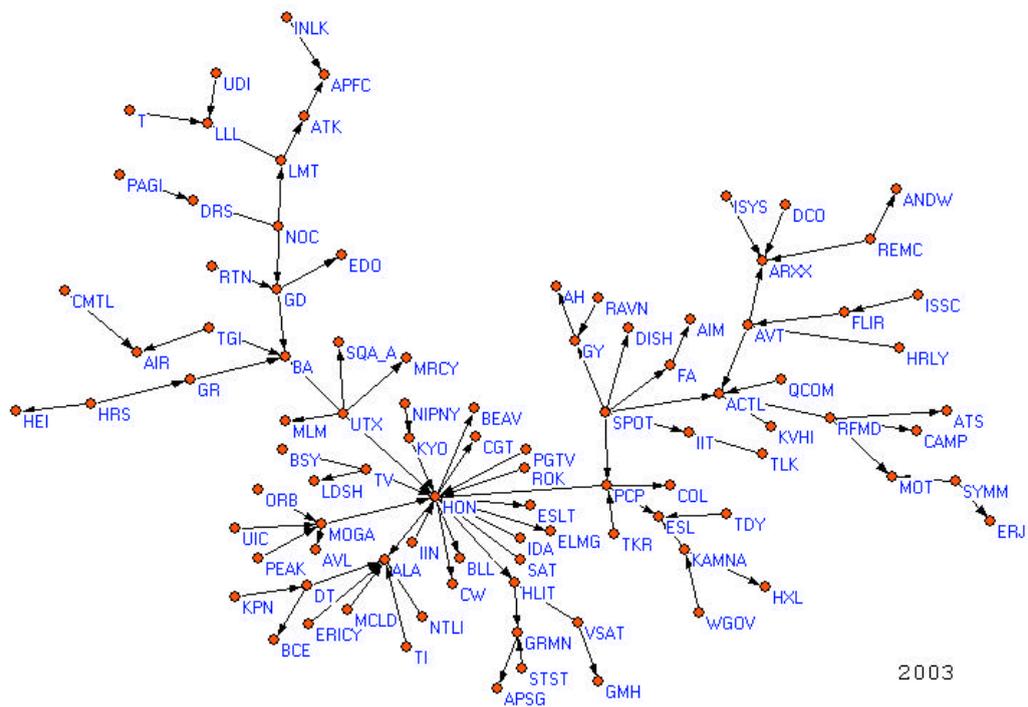
1998



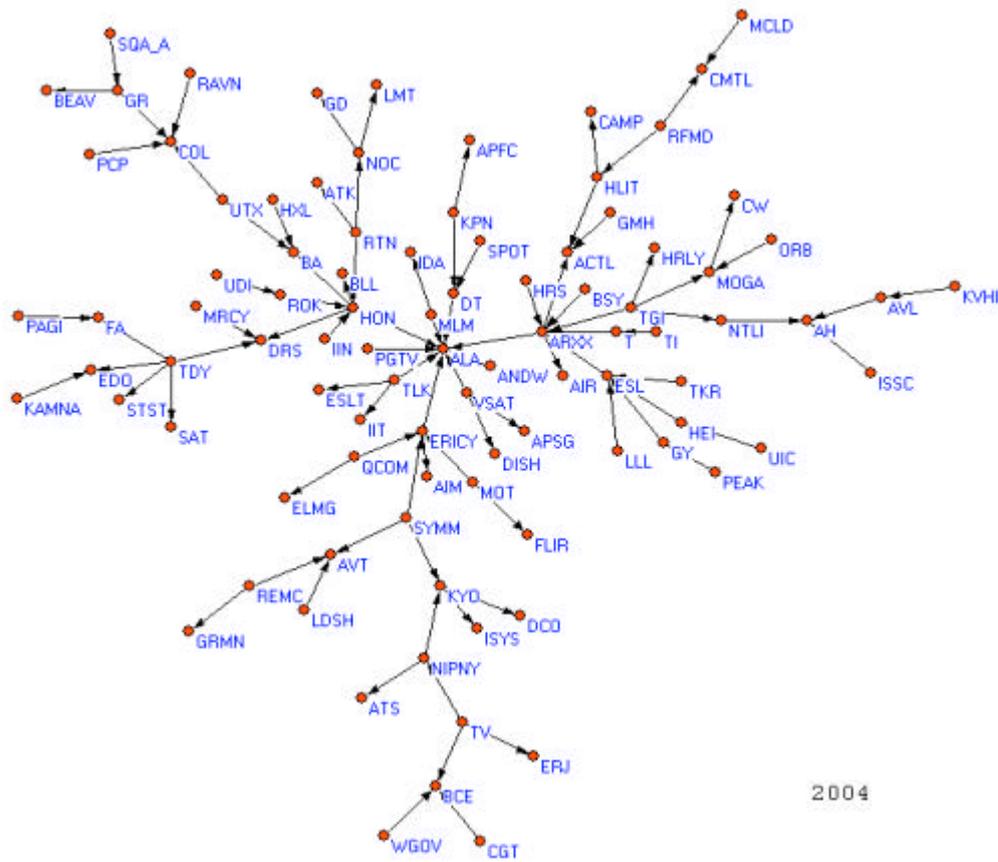
1999

FIGURA C.2 – Continuação: (l) 1998; e (m) 1999.





2003



2004

FIGURA C.2 – Continuação: (p) 2003; e (q) 2004.

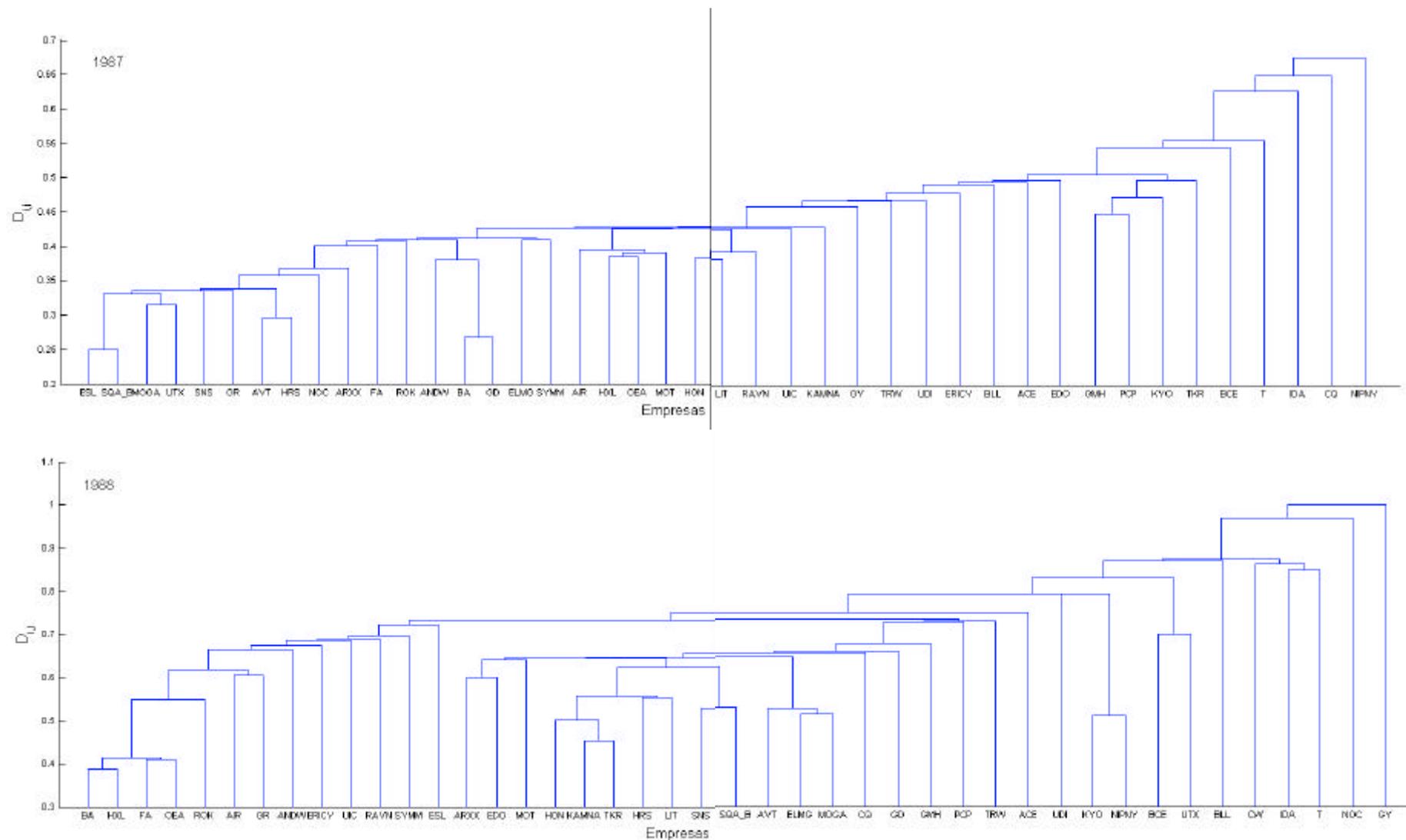


FIGURA C.3 – Dendrogramas calculados com base na evolução dos preços: de 1987 a 2004  
(a) 1987; e (b) 1988.

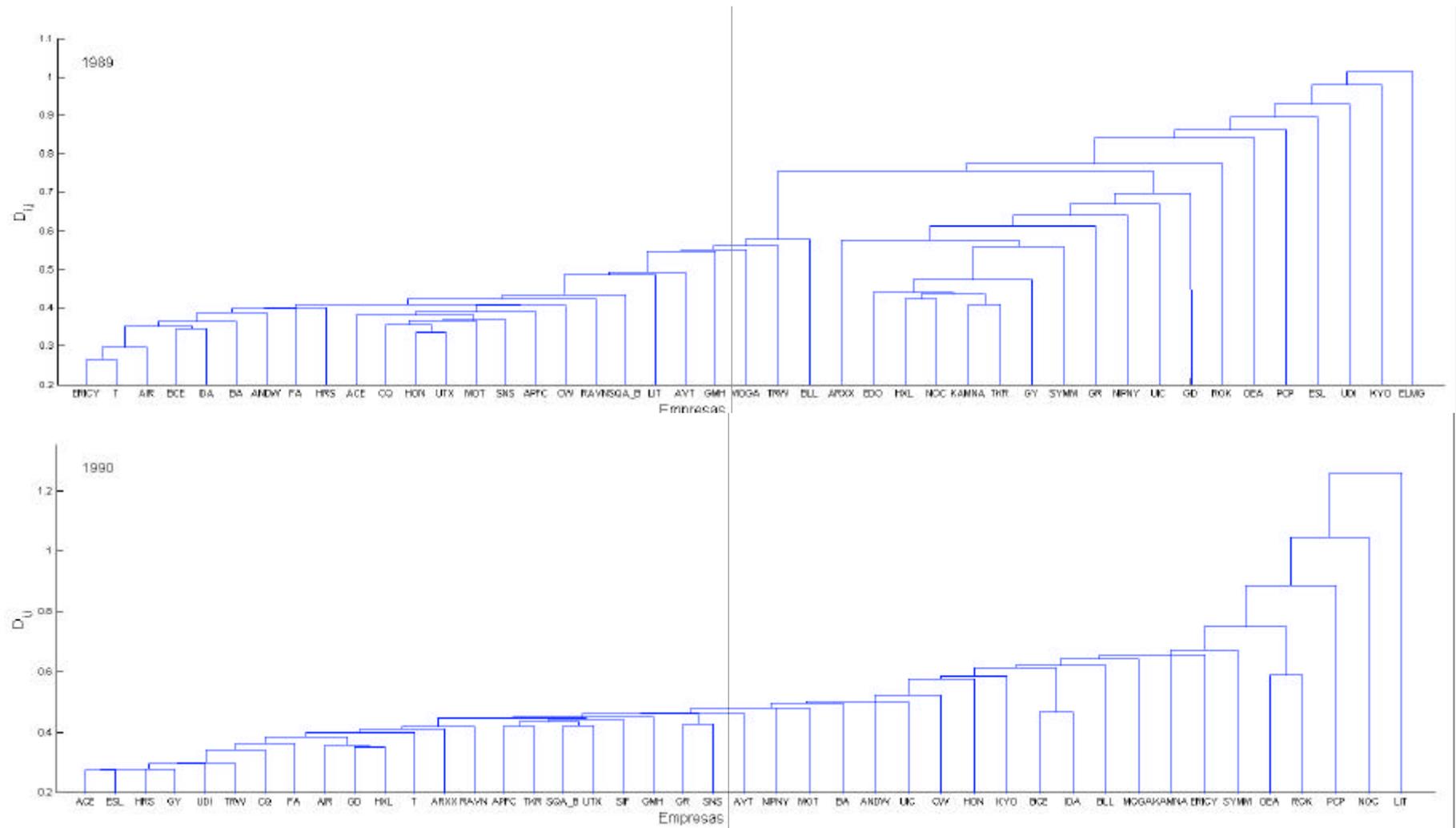


FIGURA C.3 – Continuação: (c) 1989; e (d) 1990.

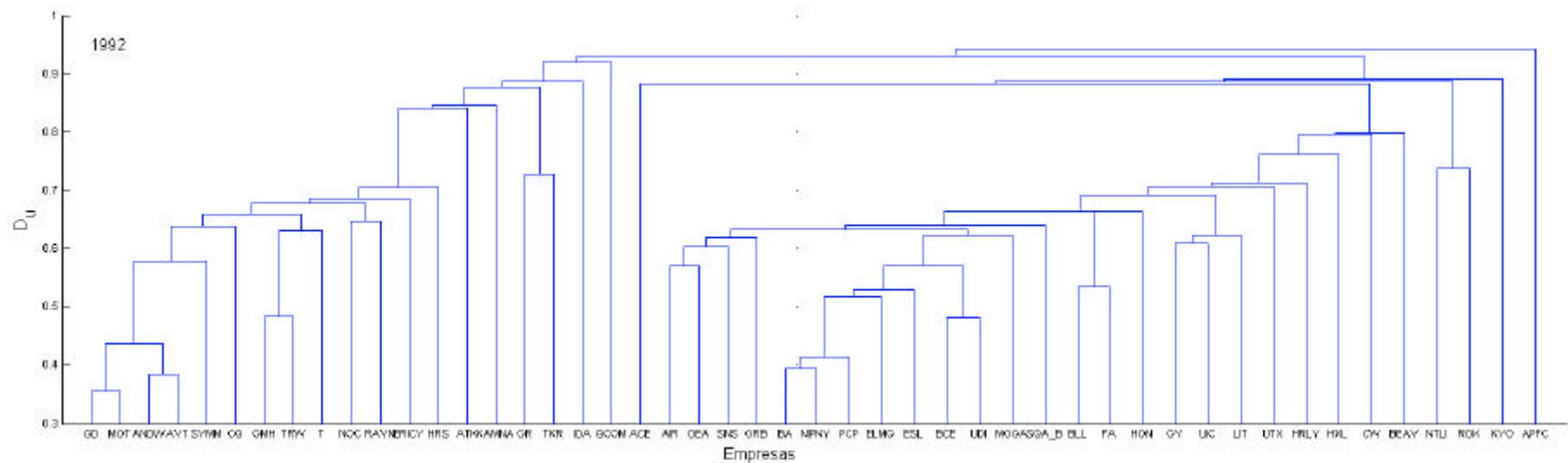
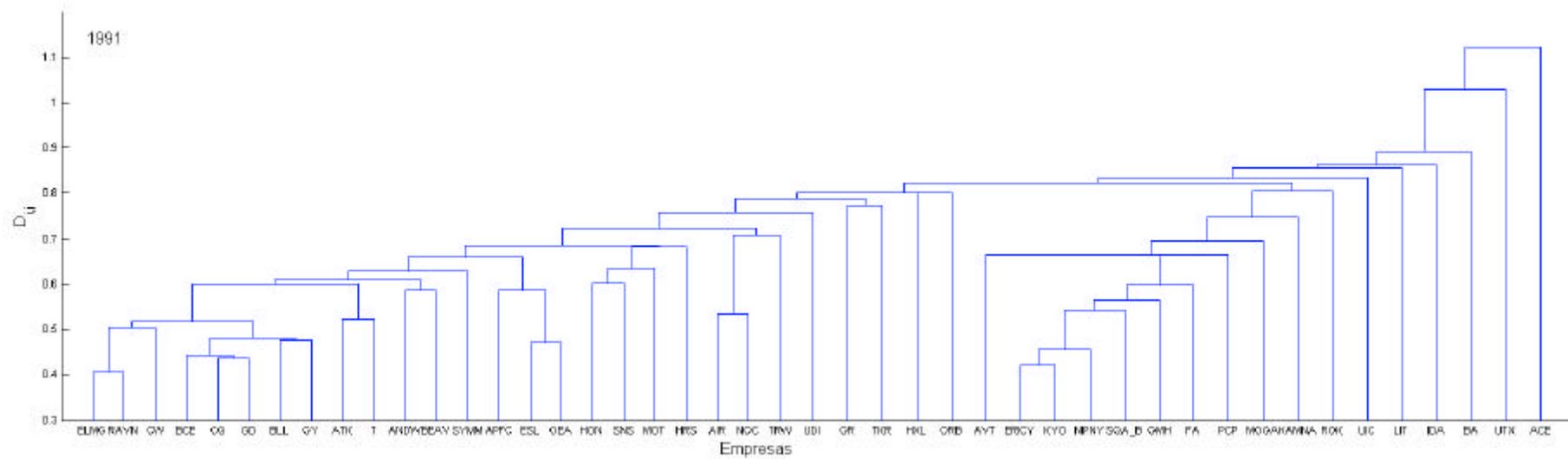


FIGURA C.3 – Continuação: (e) 1991; e (f) 1992.

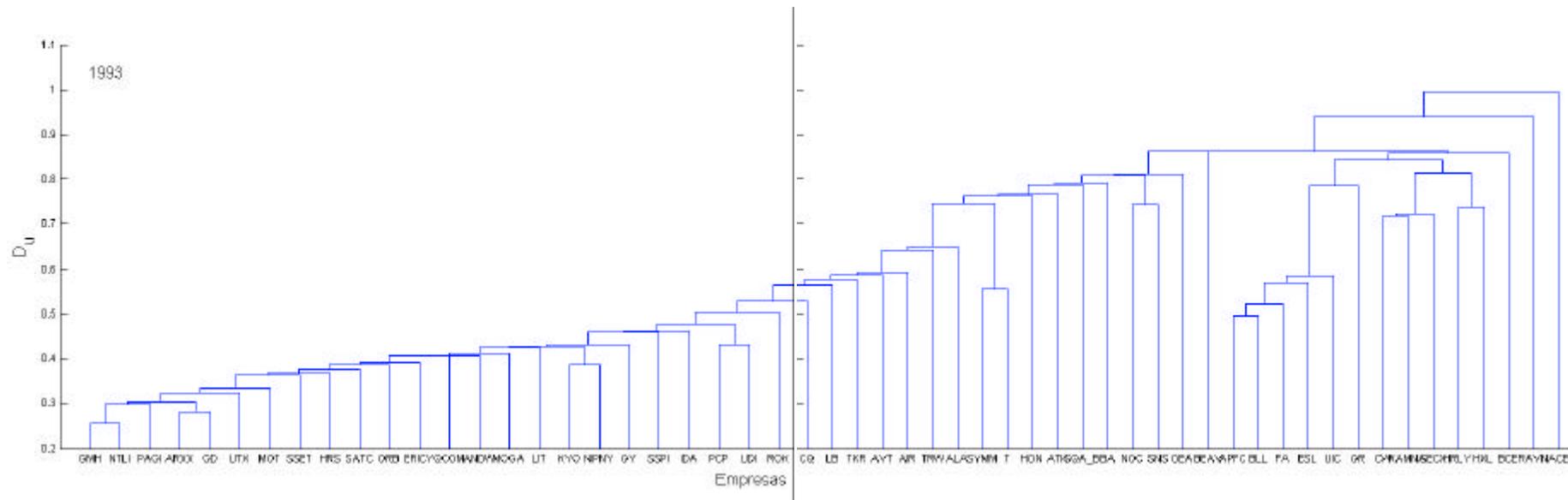


FIGURA C.3 – Continuação: (g) 1993.

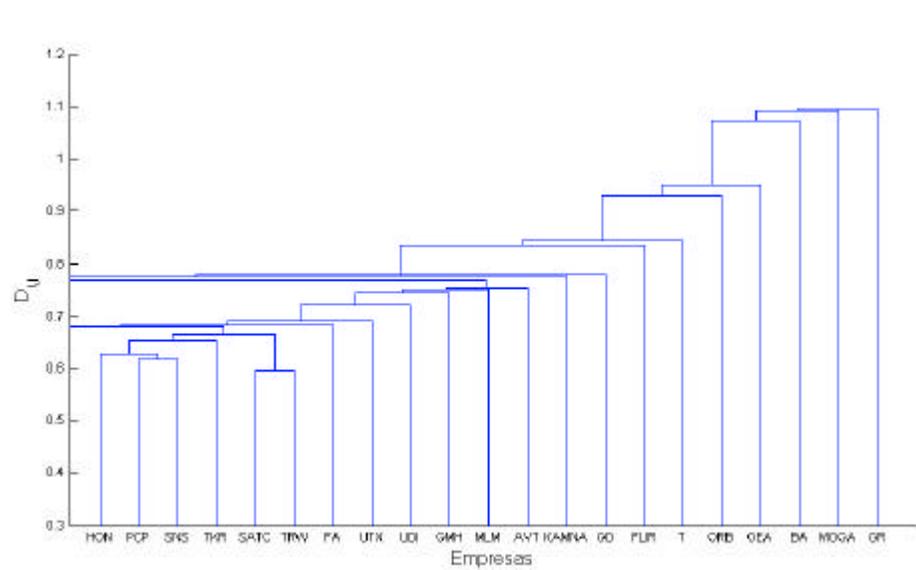
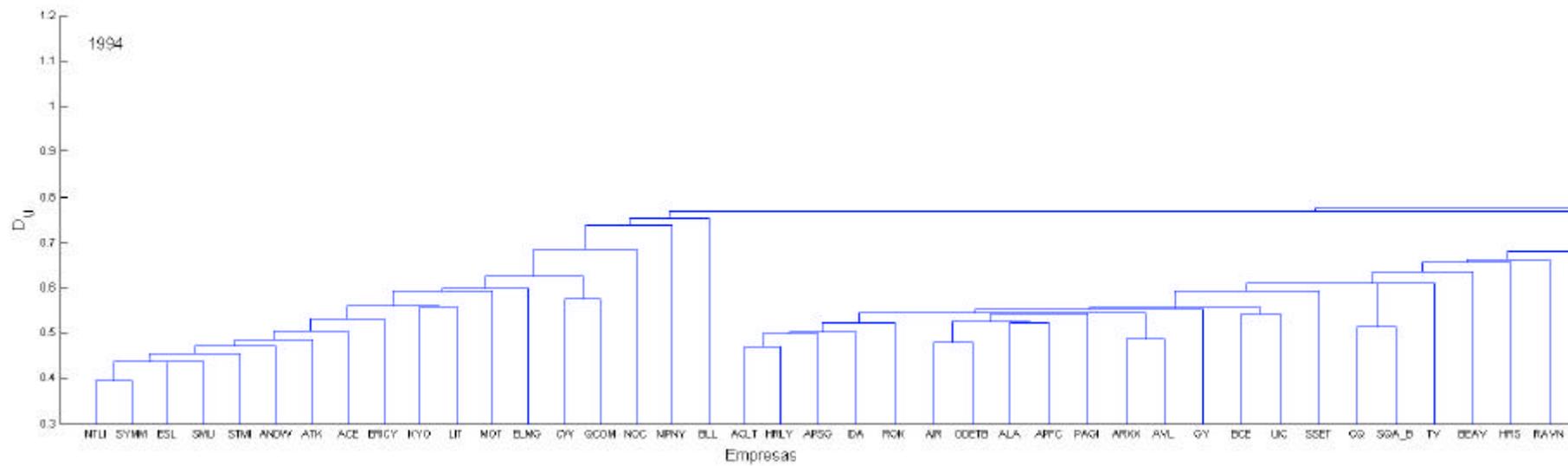


FIGURA C.3 – Continuação: (h) 1994

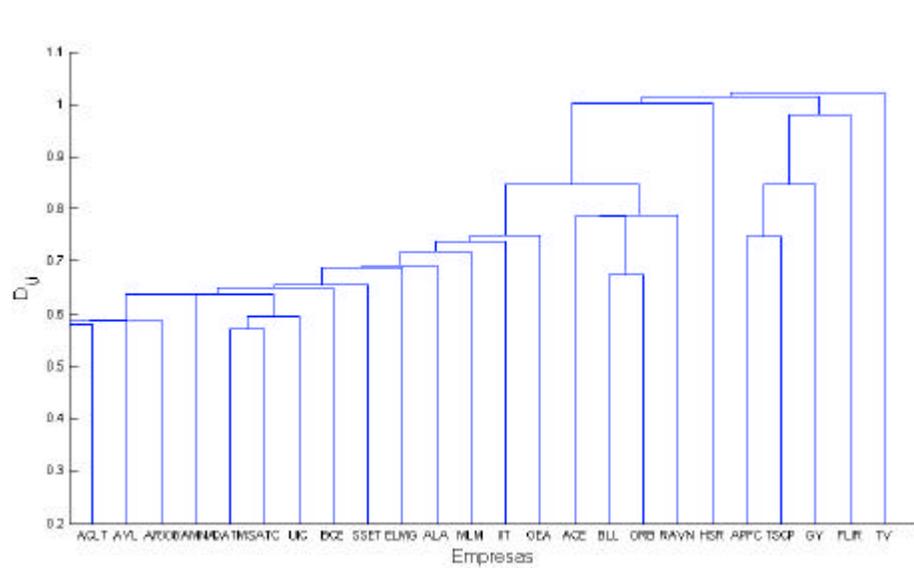
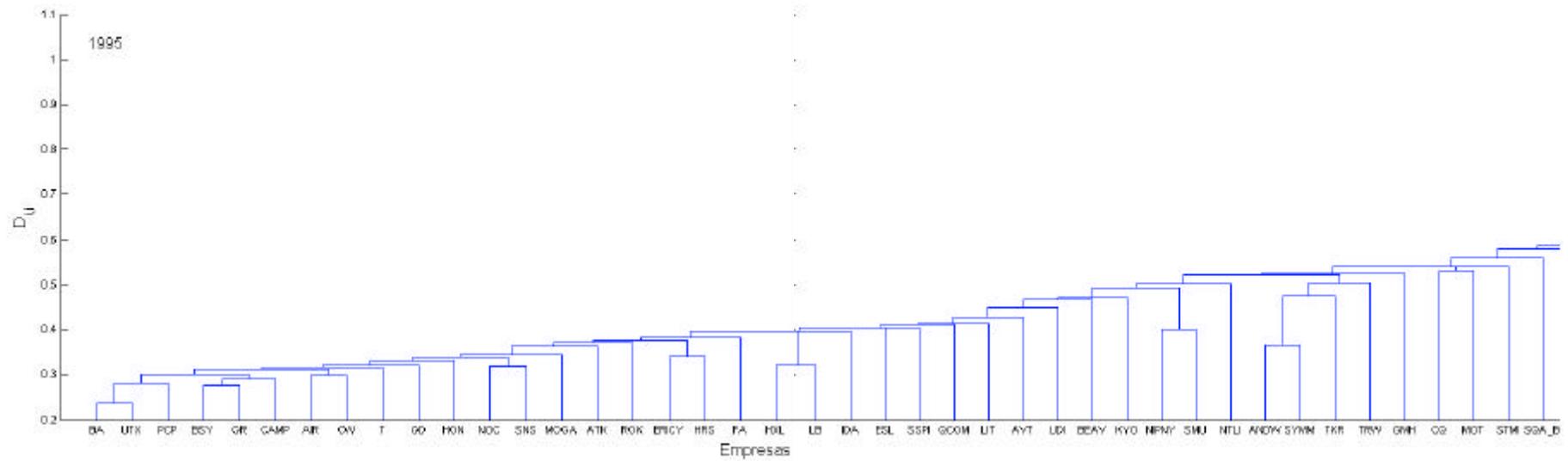


FIGURA C.3 – Continuação: (i) 1995.

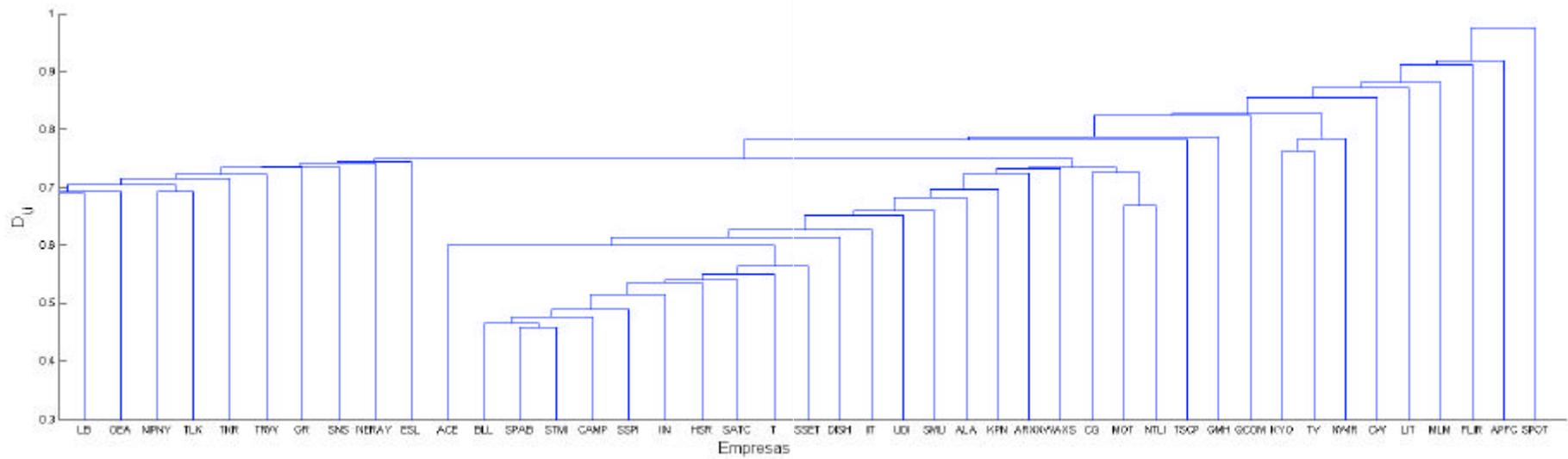
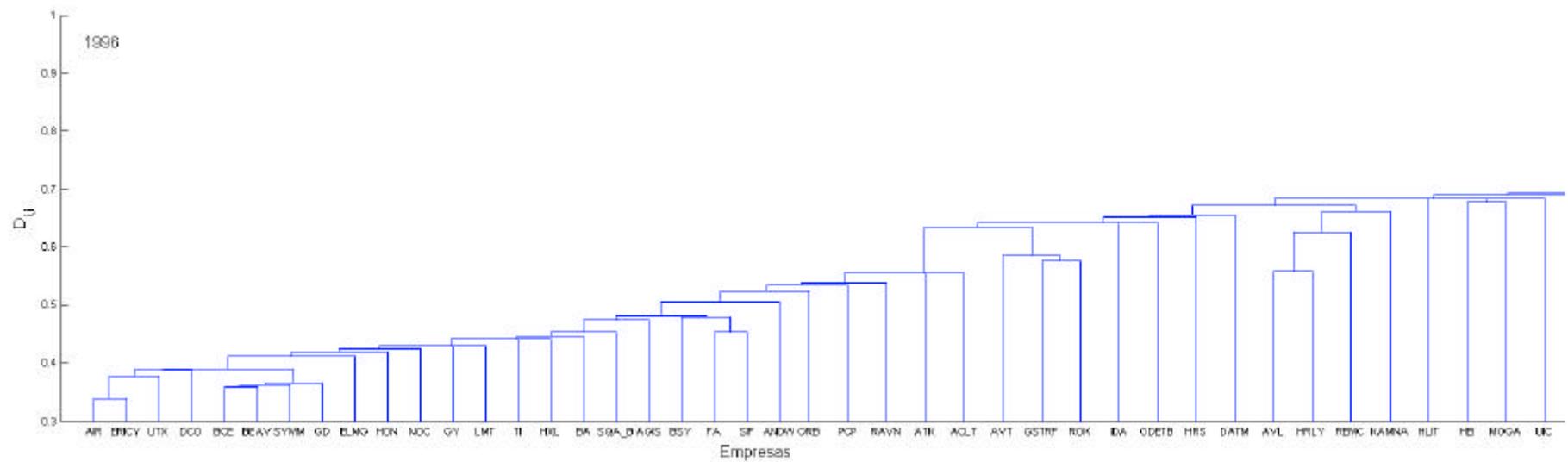


FIGURA C.3 – Continuação: (j) 1996.

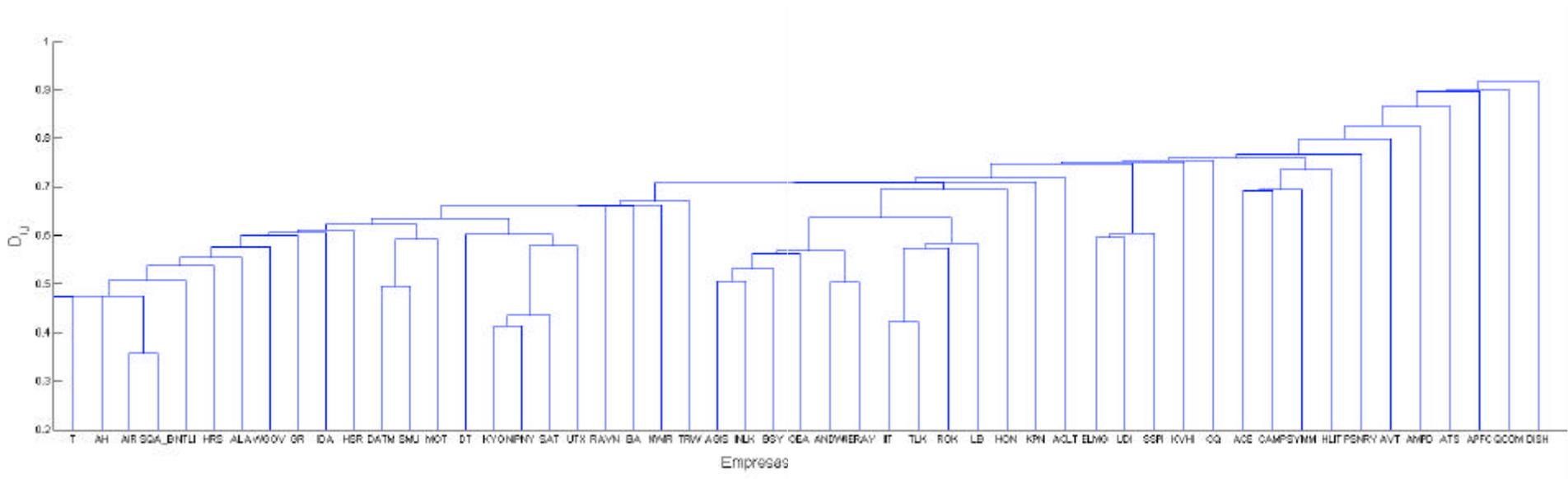
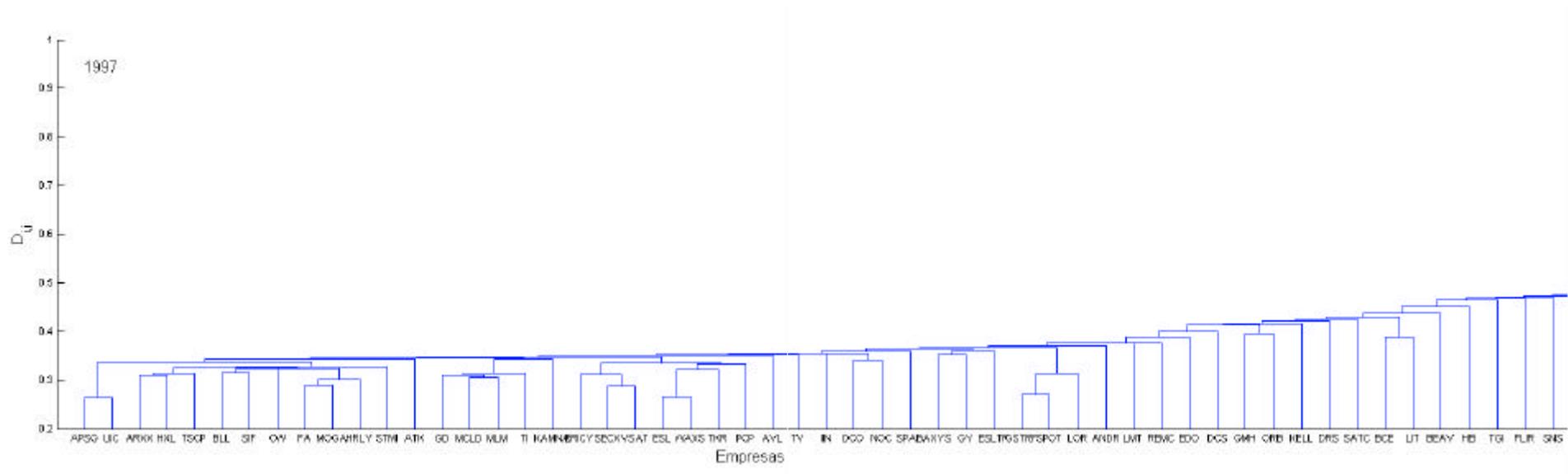


FIGURA C.3 – Continuação: (k) 1997.

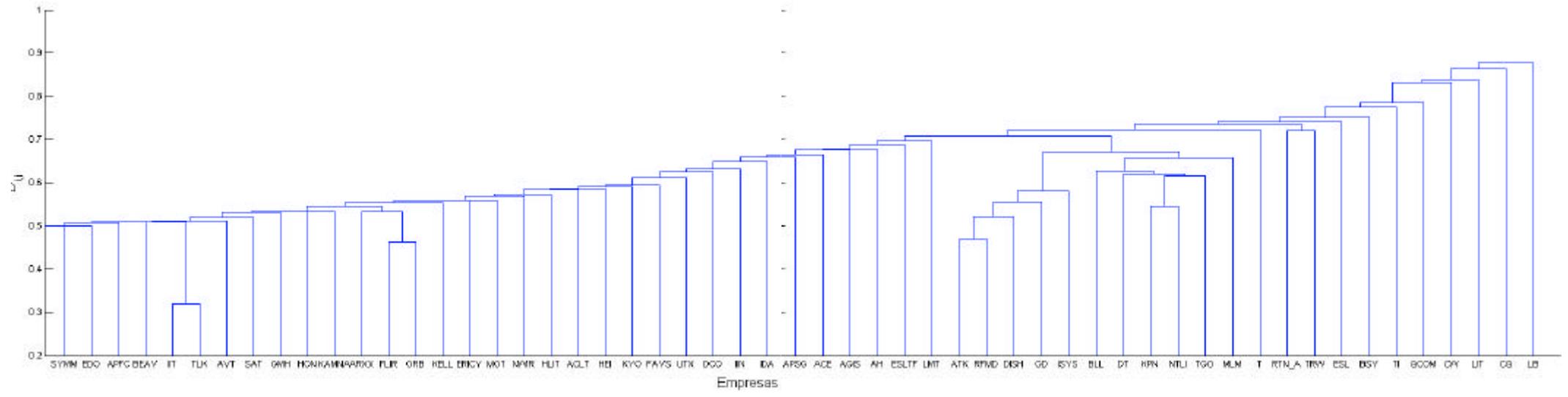
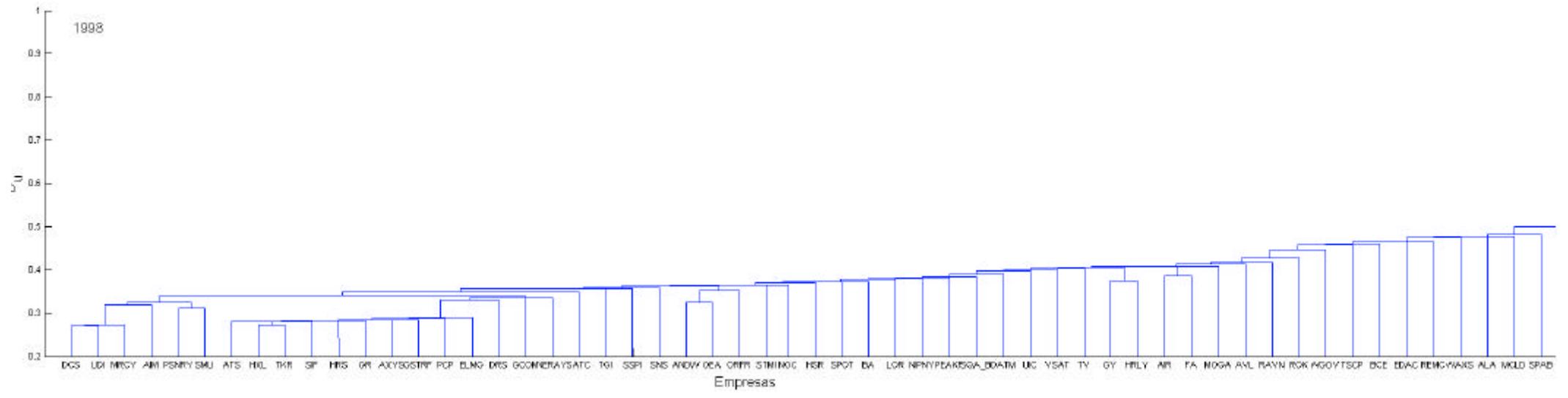


FIGURA C.3 – Continuação: (I) 1998.

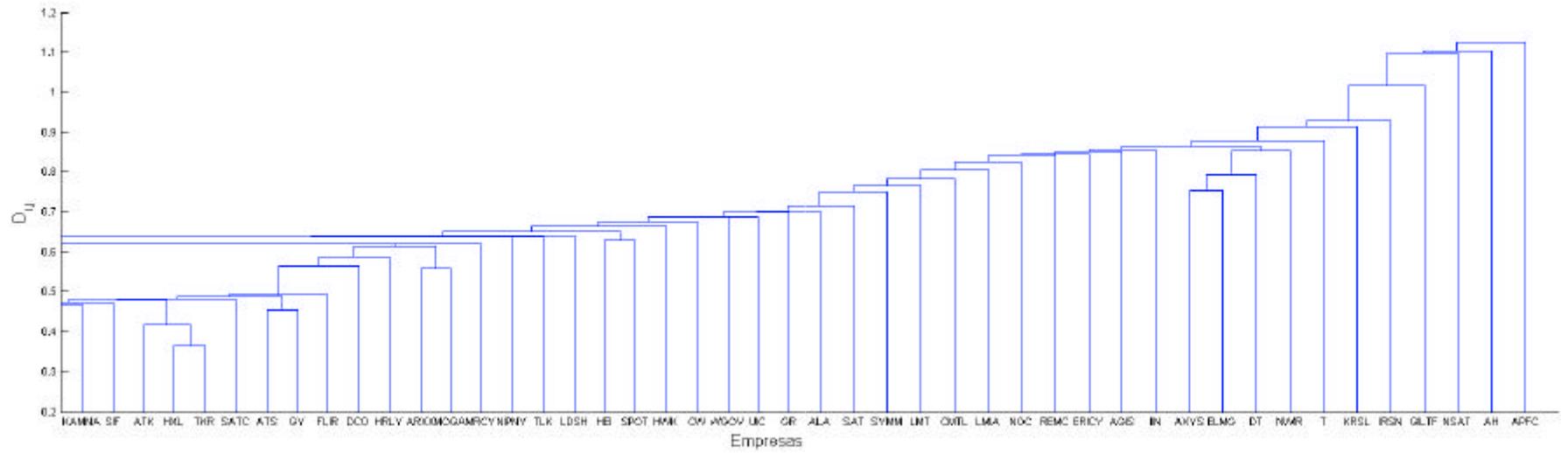
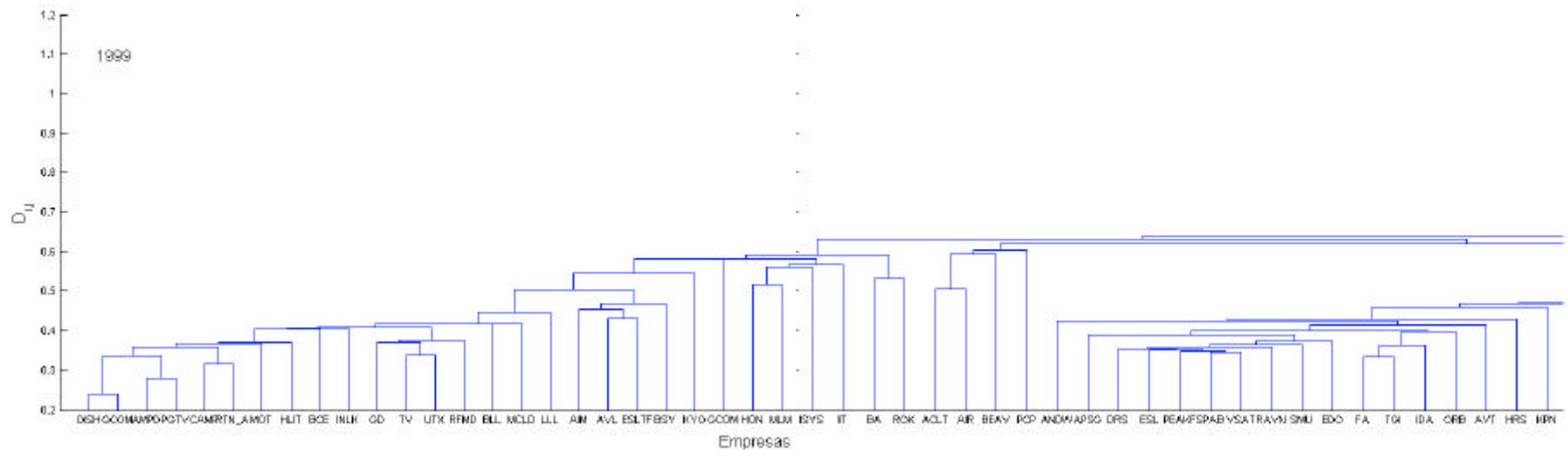


FIGURA C.3 – Continuação: (m) 1999.

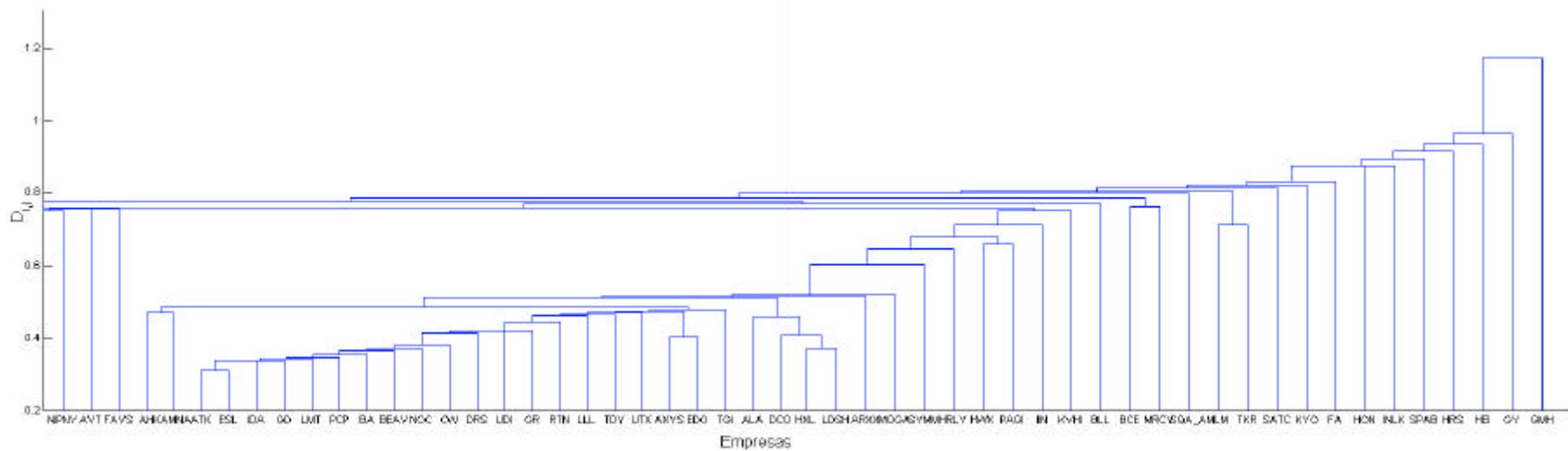
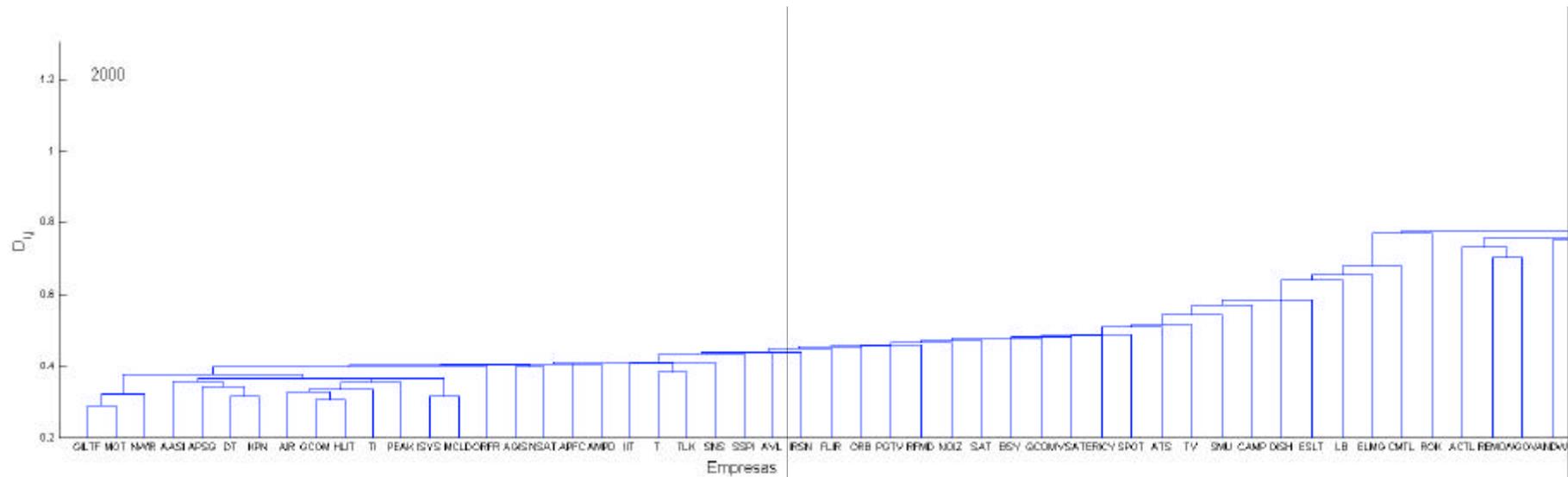


FIGURA C.3 – Continuação: (n) 2000.

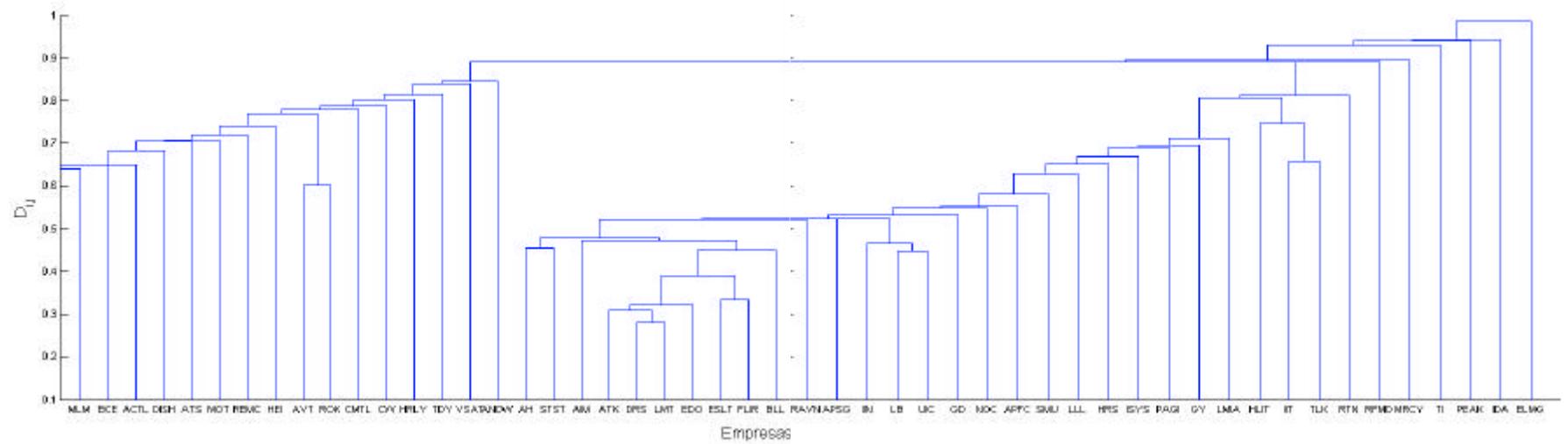
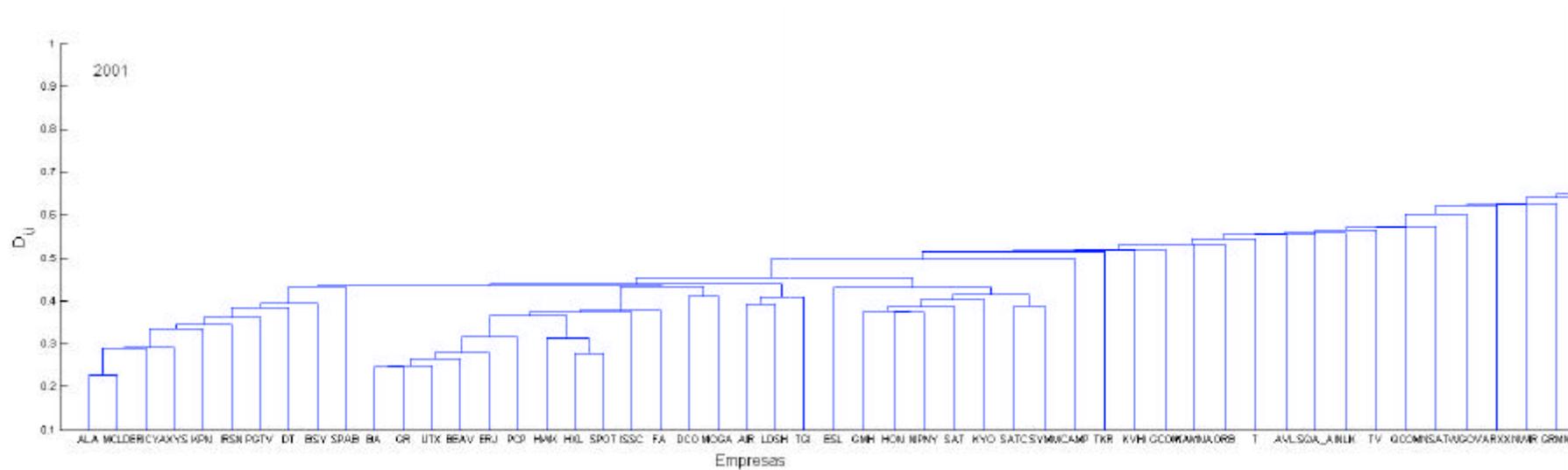


FIGURA C.3 – Continuação: (o) 2001.

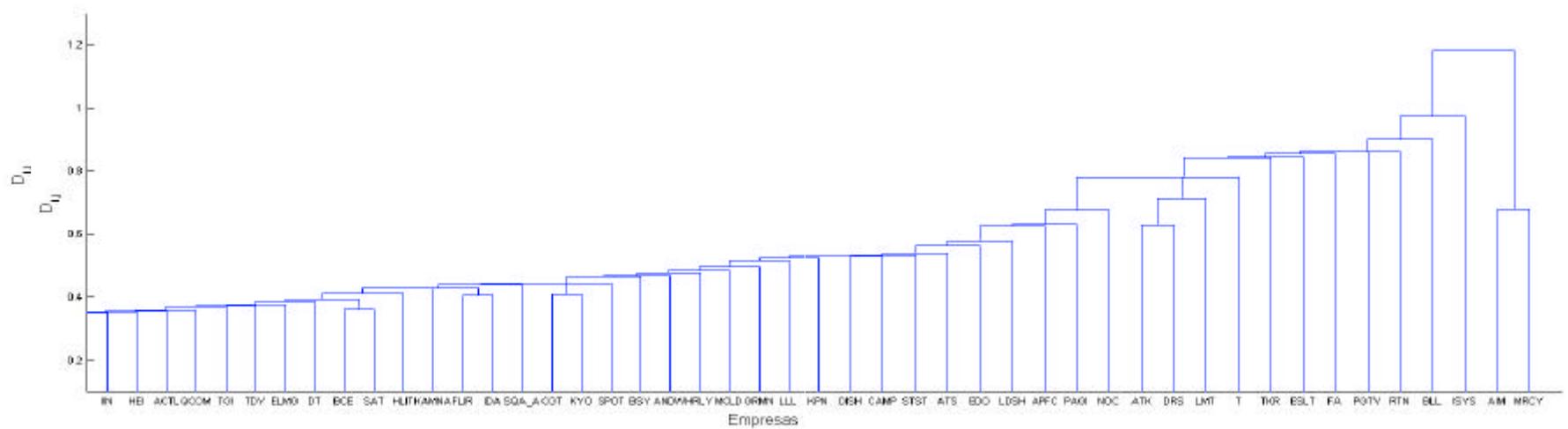
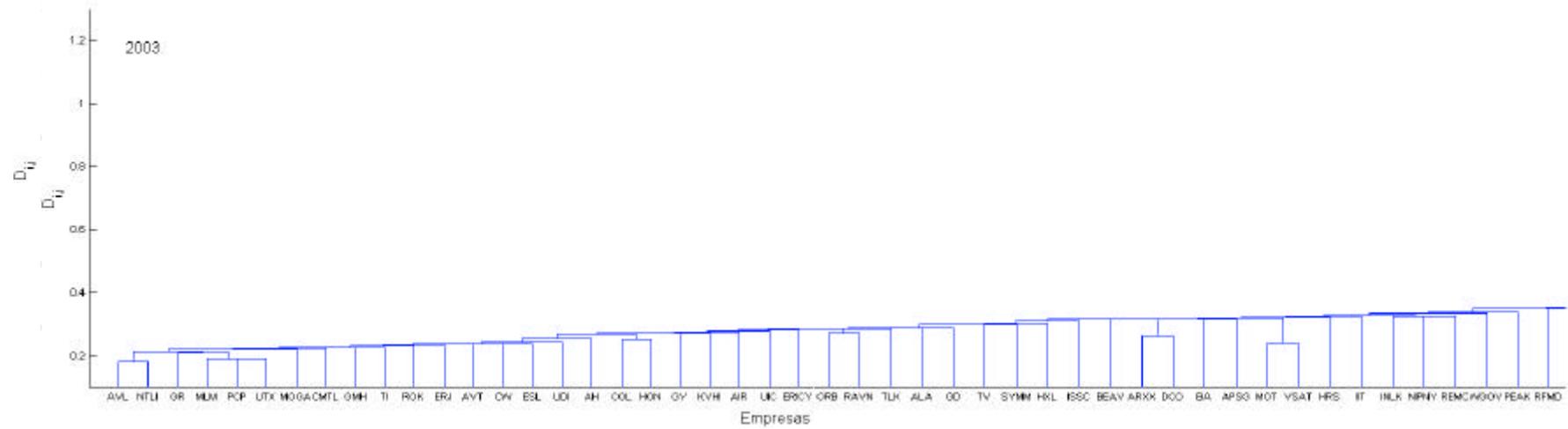


FIGURA C.3 – Continuação: (p) 2003.

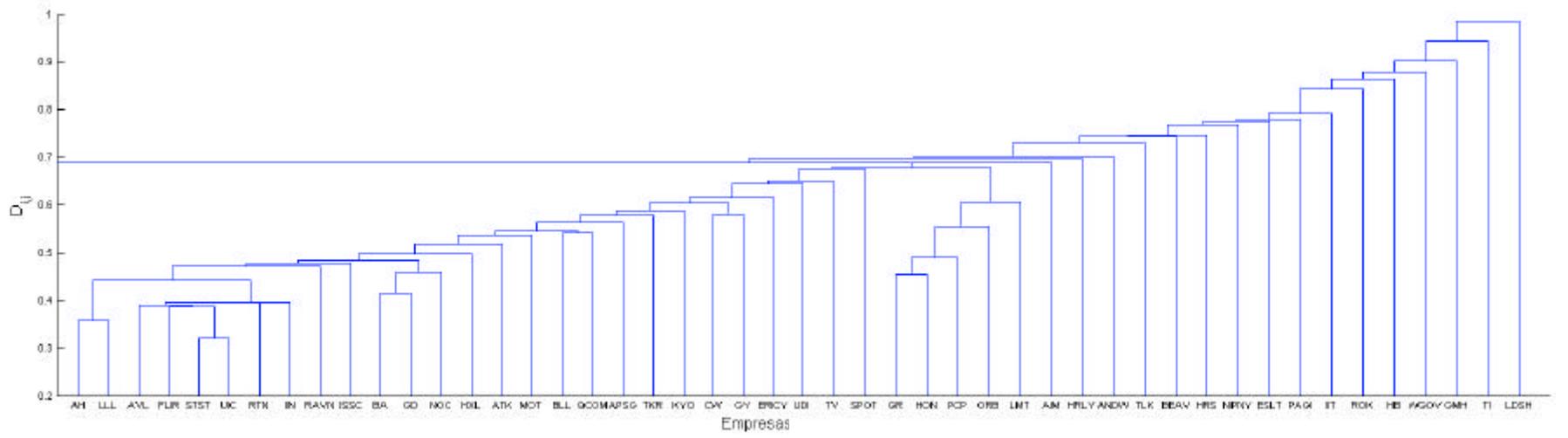
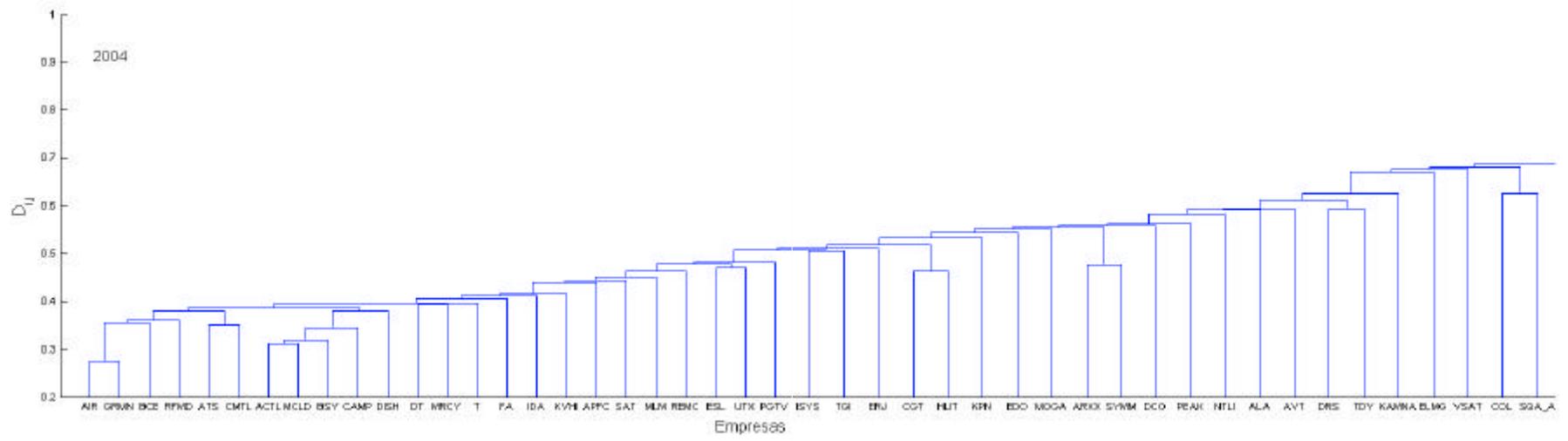


FIGURA C.3 – Continuação: (q) 2004.

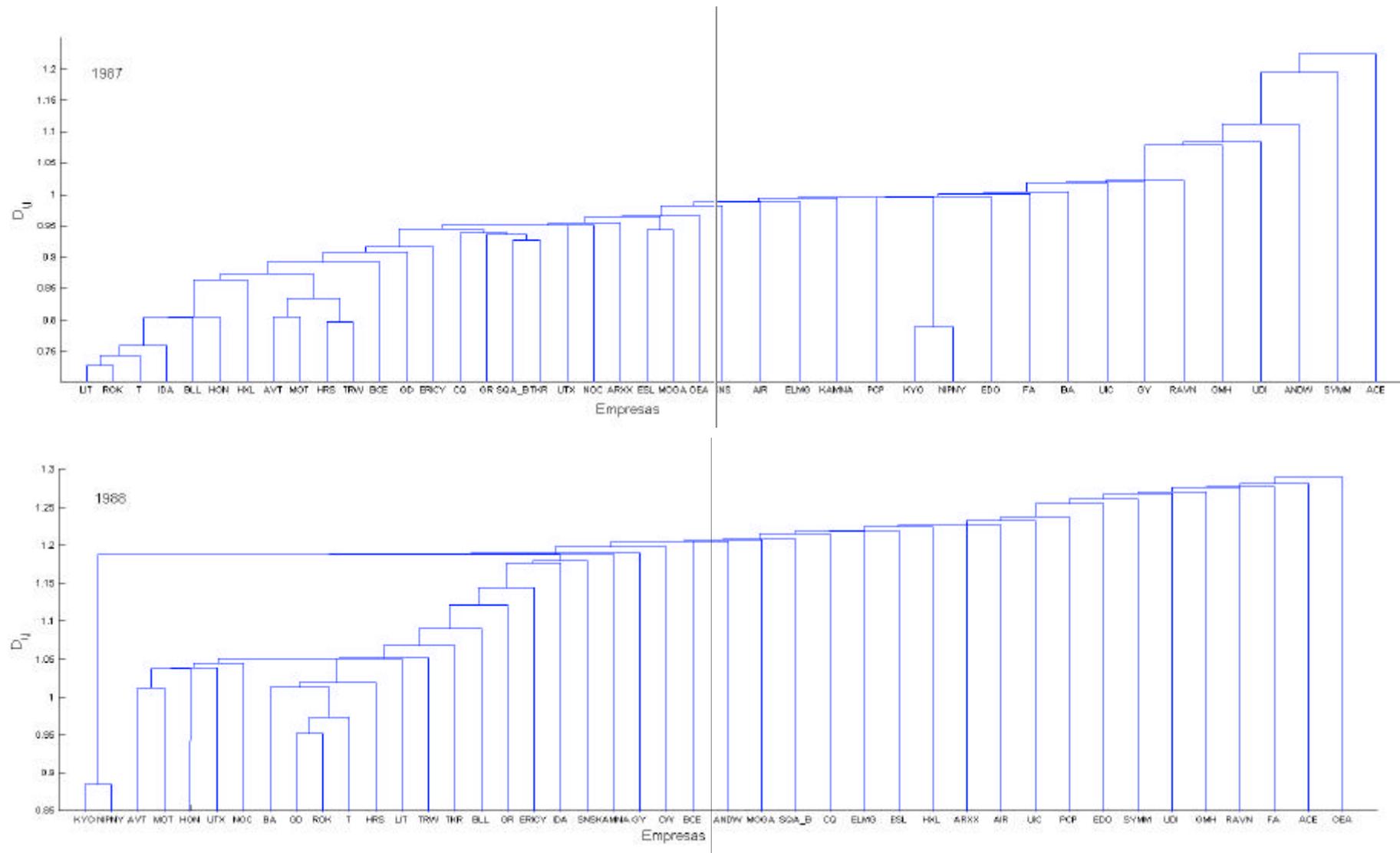


FIGURA C.4 – Dendrogramas calculados com base na variação dos preços: de 1987 a 2004.  
(a) 1987; e (b) 1988

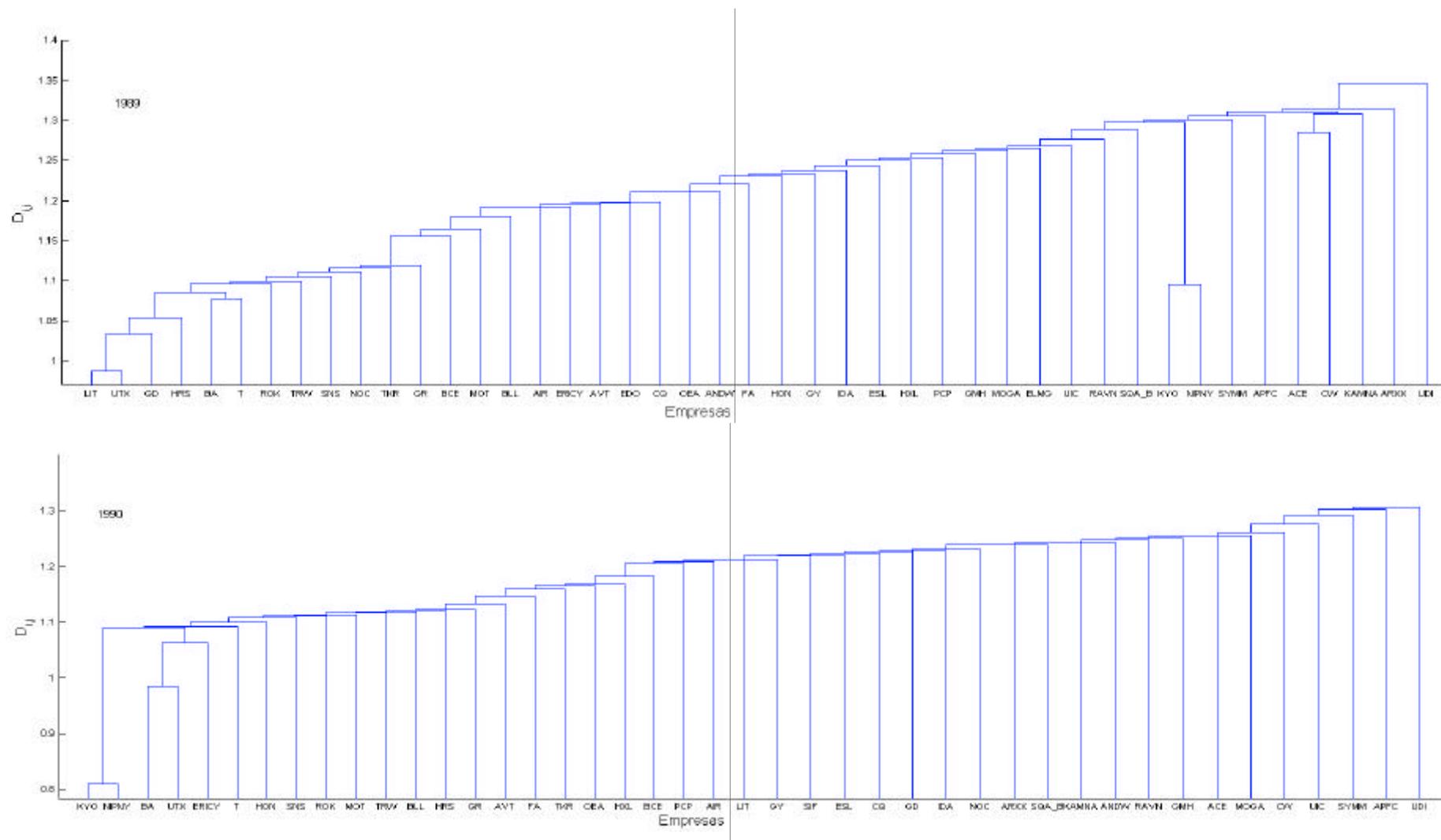


FIGURA C.4 – Continuação: (c) 1989; e (d) 1990.

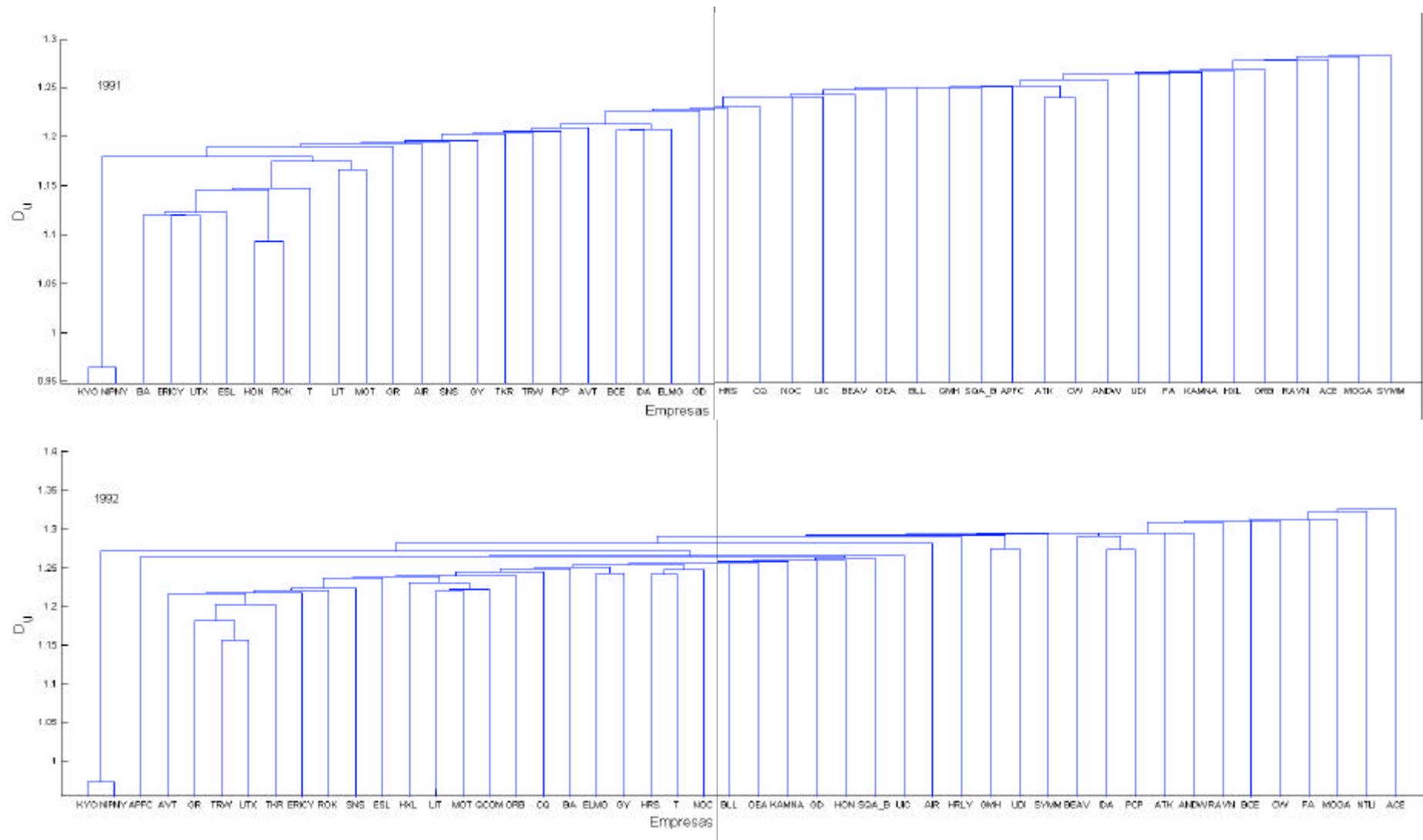


FIGURA C.4 – Continuação: (e) 1991; e (f) 1992.

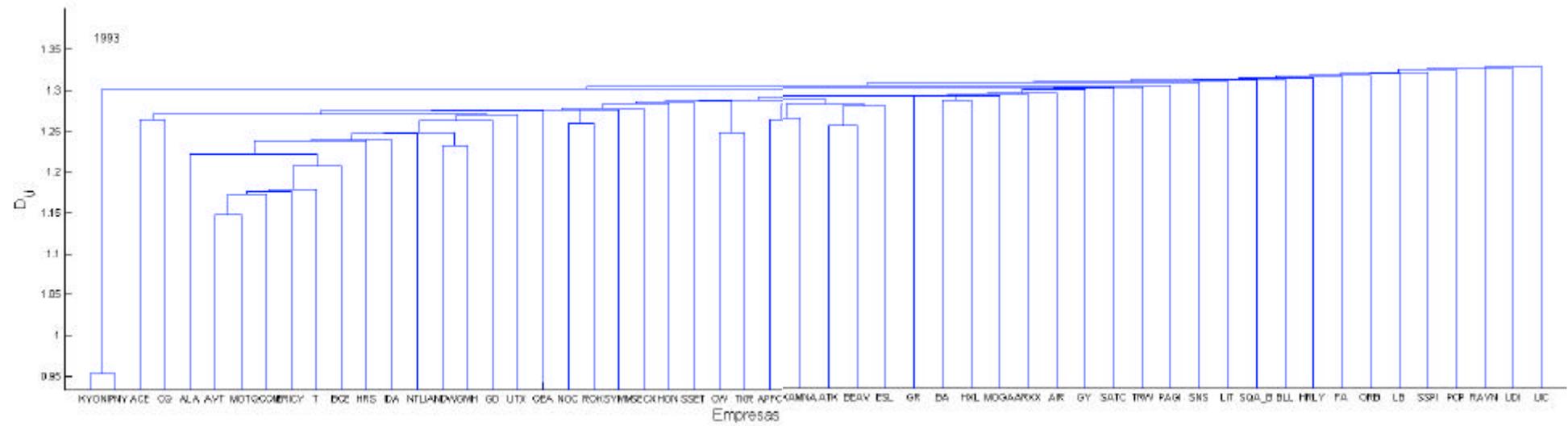


FIGURA C.4 – Continuação: (g) 1993.

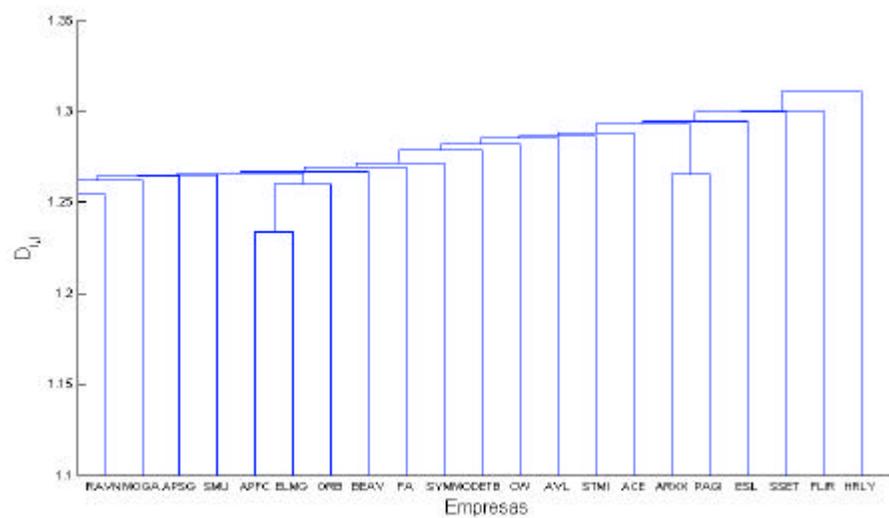
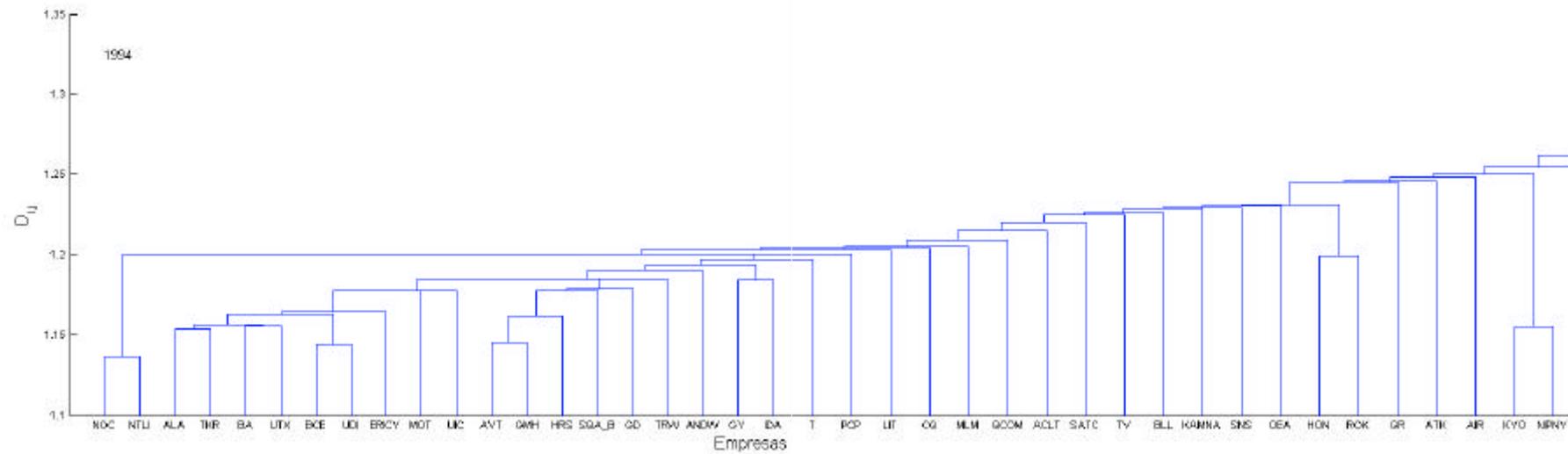


FIGURA C.4 – Continuação: (h) 1994.

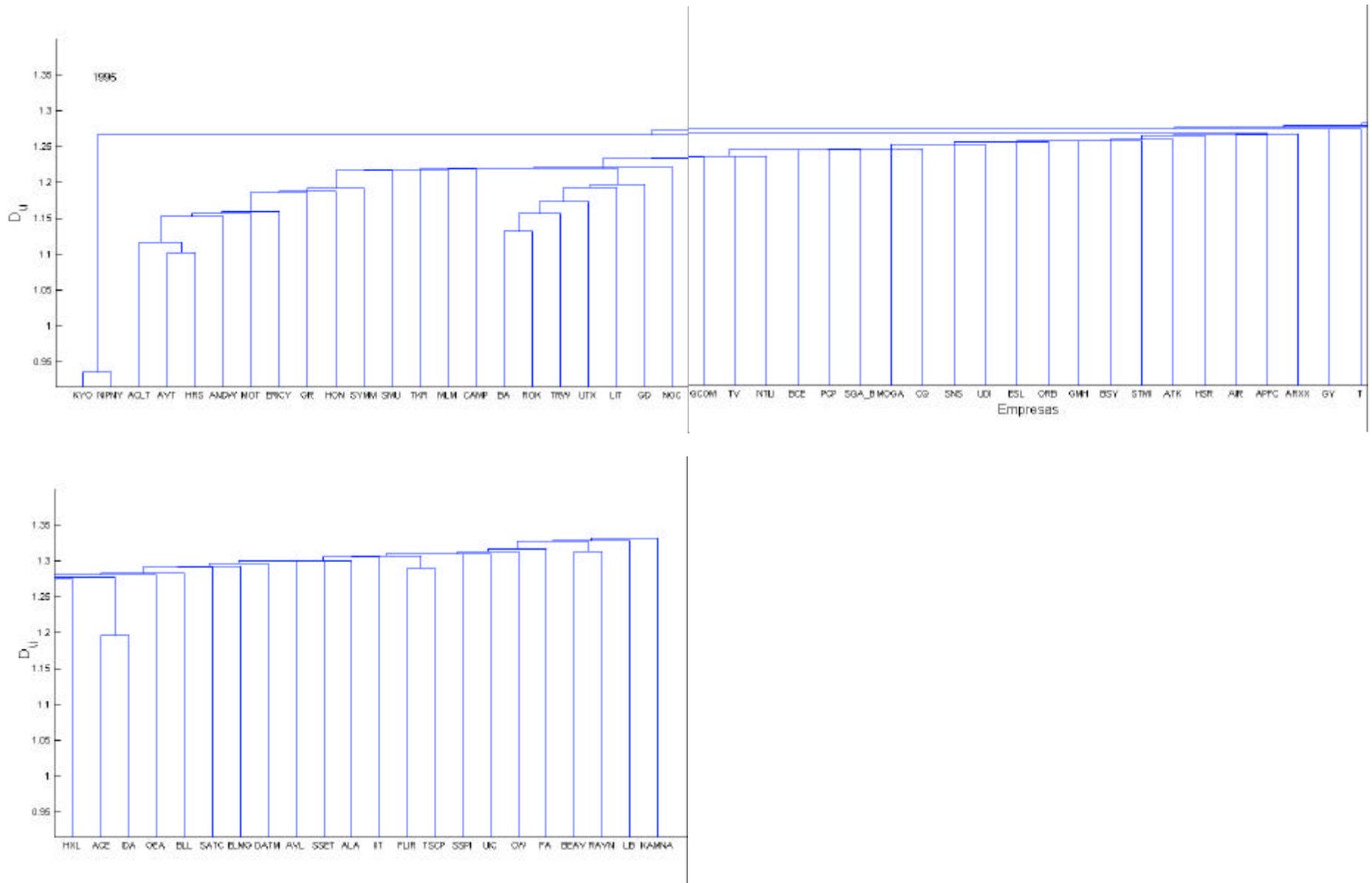


FIGURA C.4 – Continuação: (i) 1995.

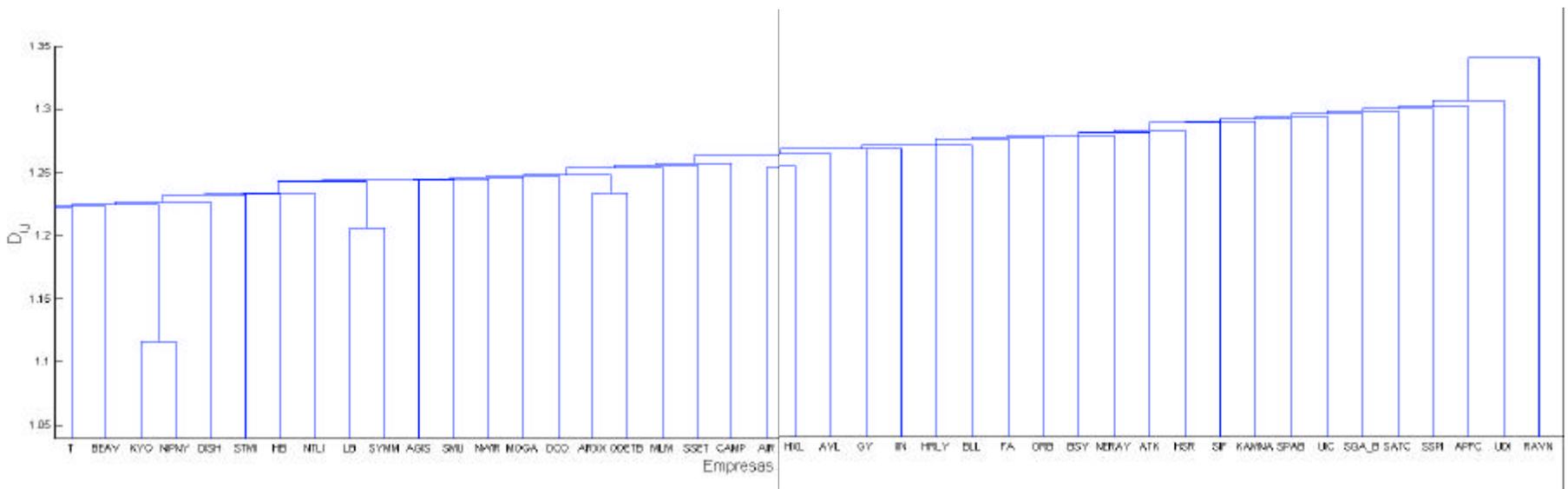
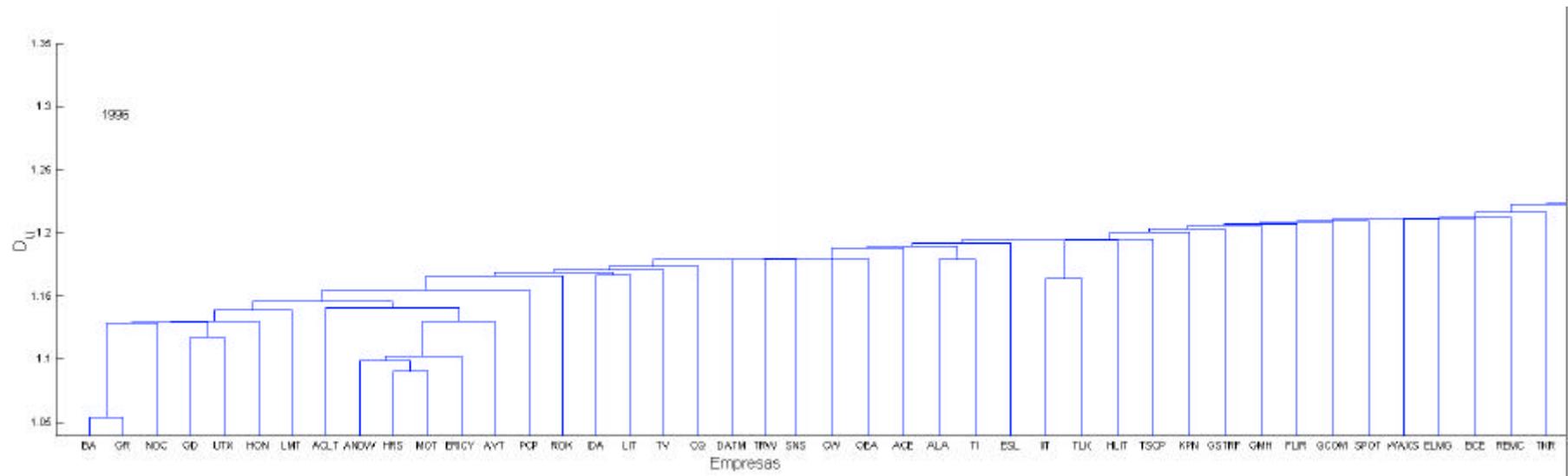


FIGURA C.4 – Continuação: (j) 1996.

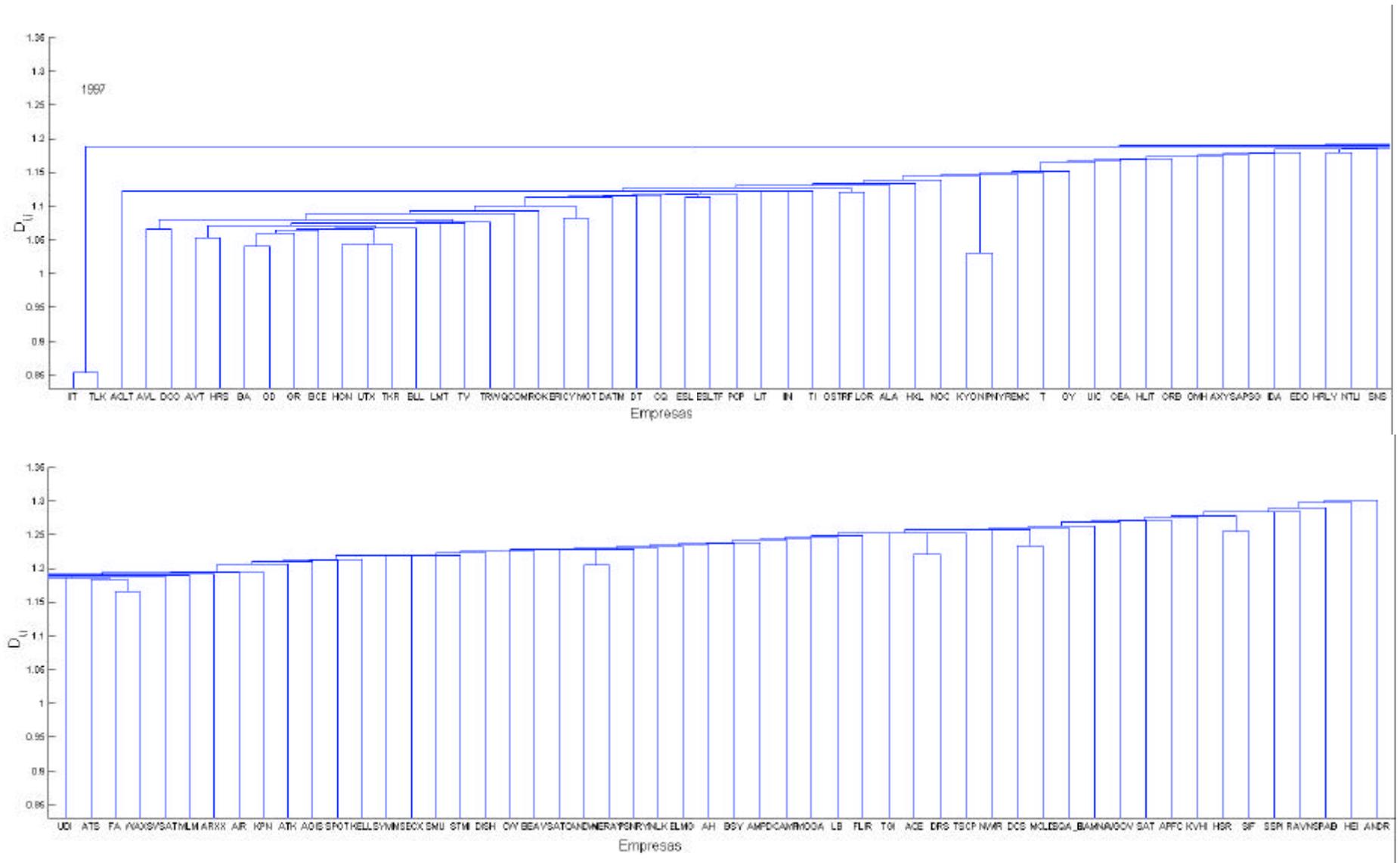


FIGURA C.4 – Continuação: (k) 1997.

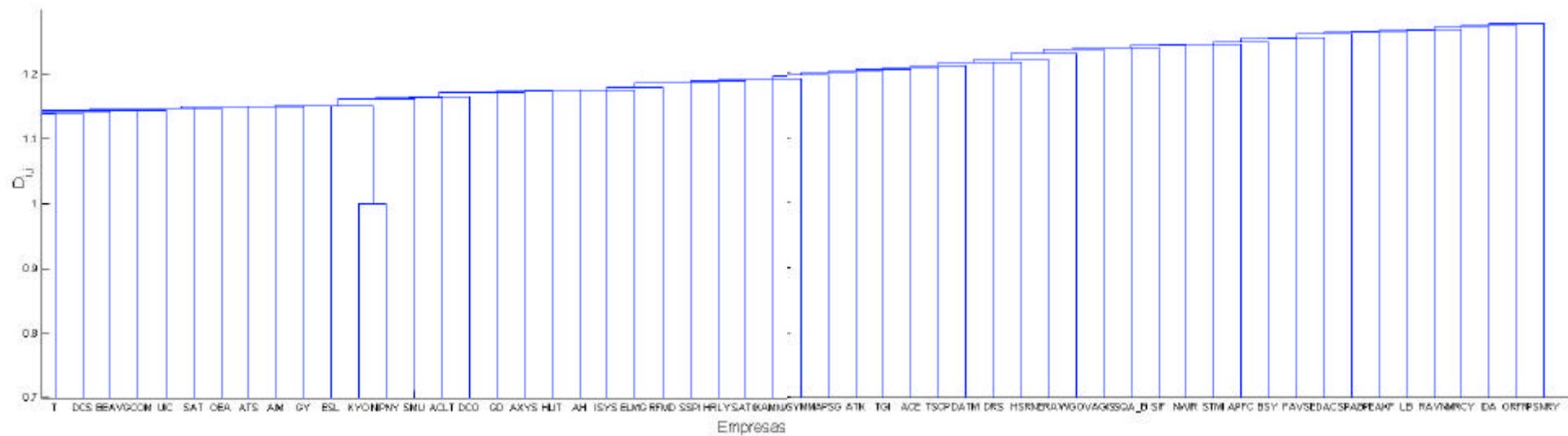
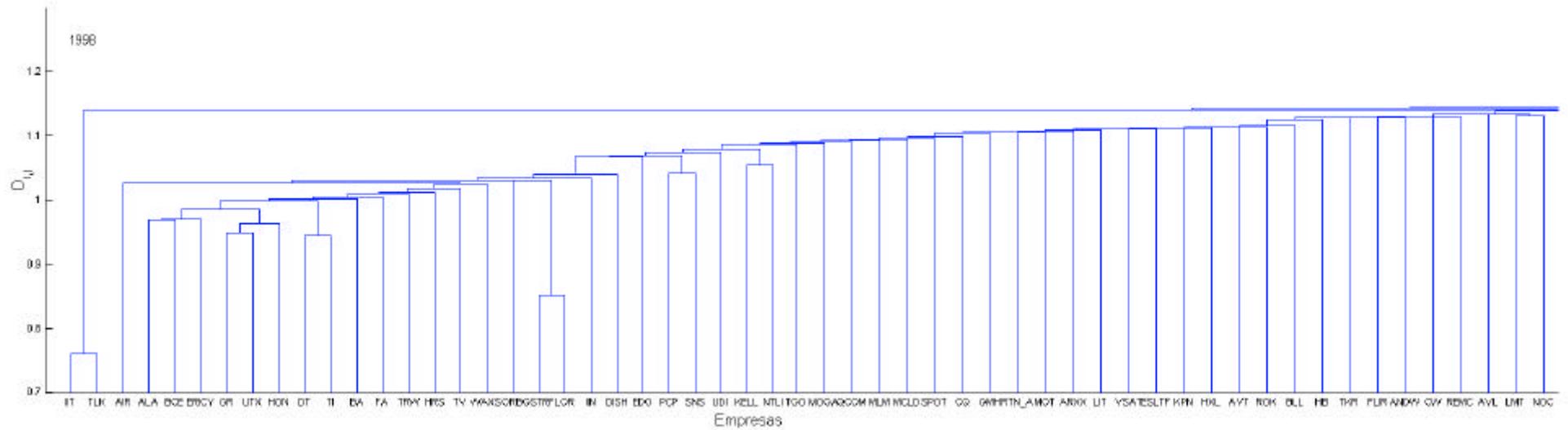


FIGURA C.4 – Continuação: (I) 1998.

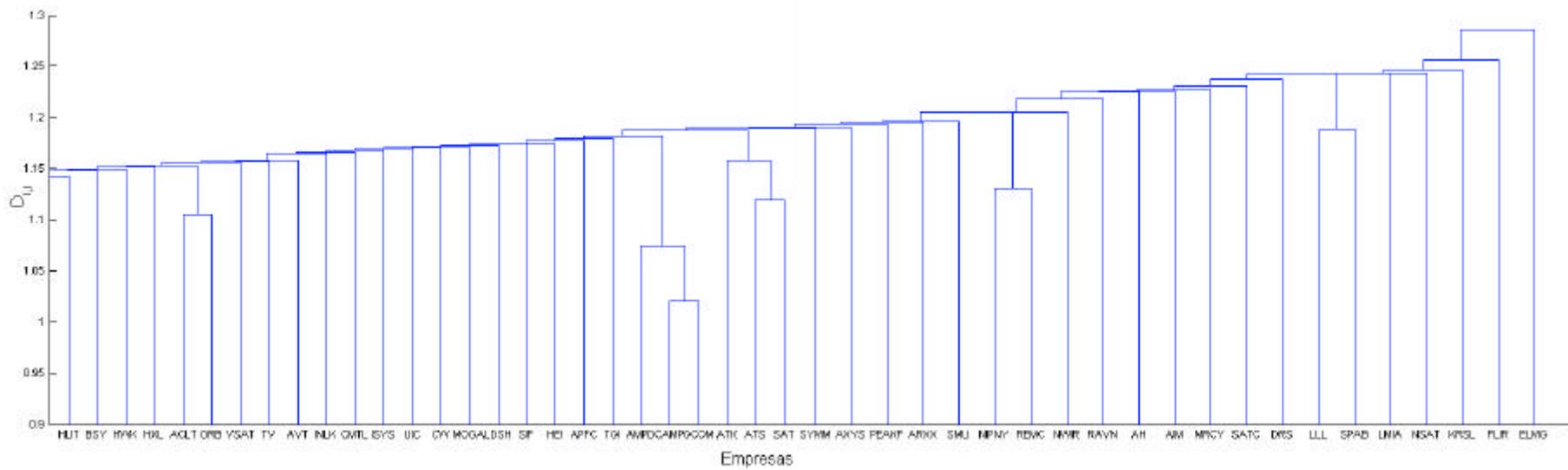
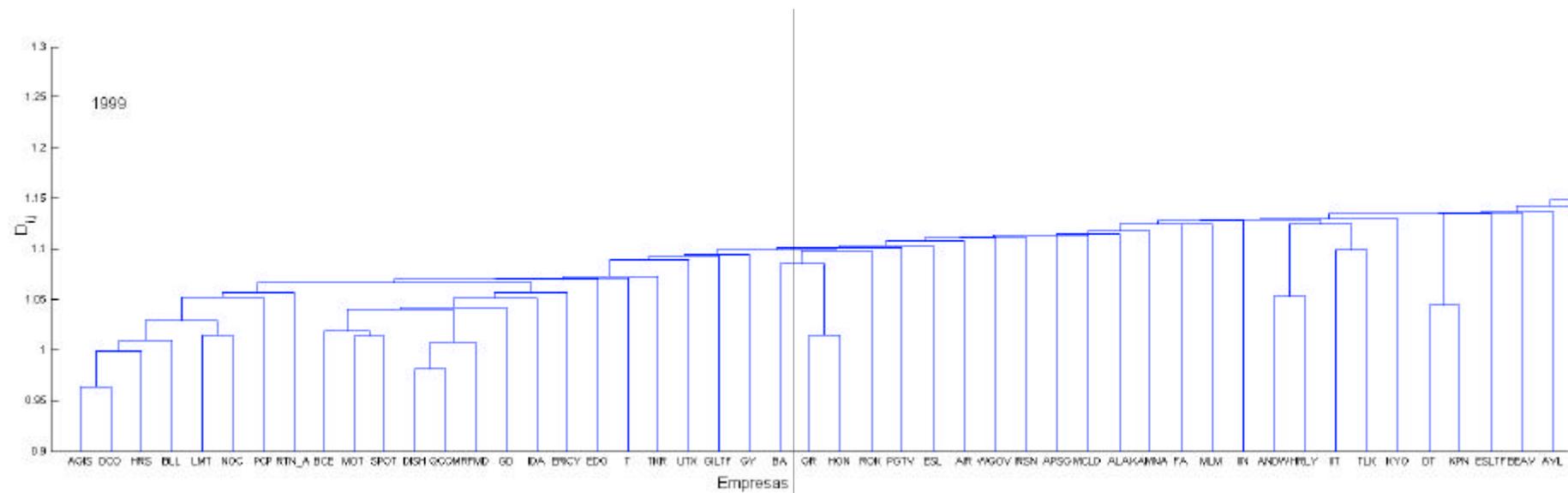


FIGURA C.4 – Continuação: (m) 1999.

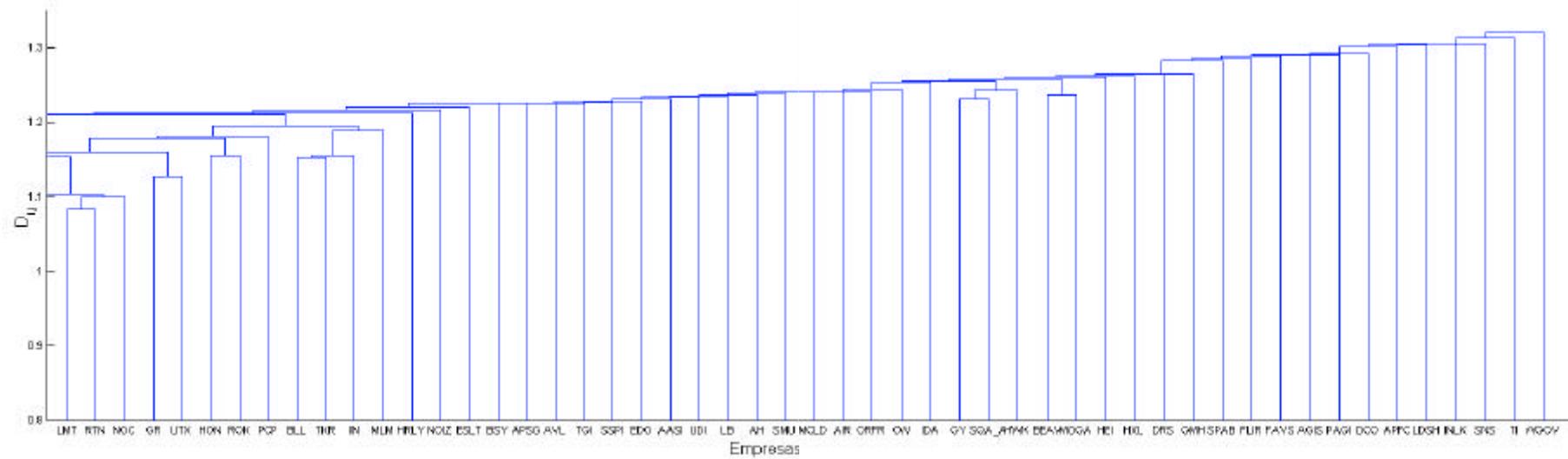
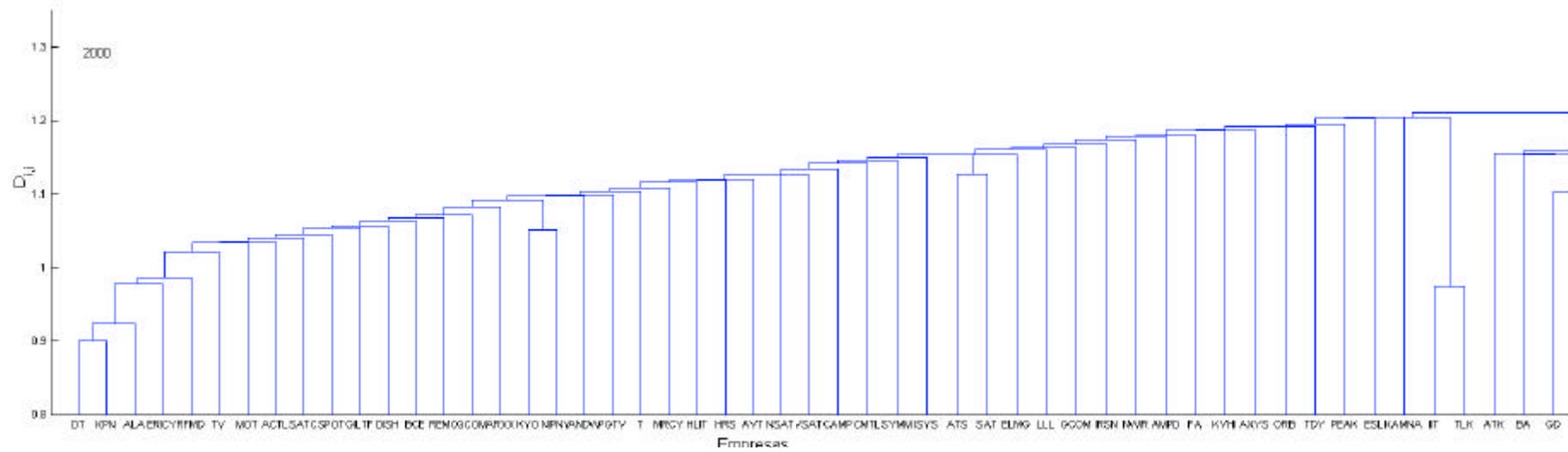


FIGURA C.4 – Continuação: (n) 2000.

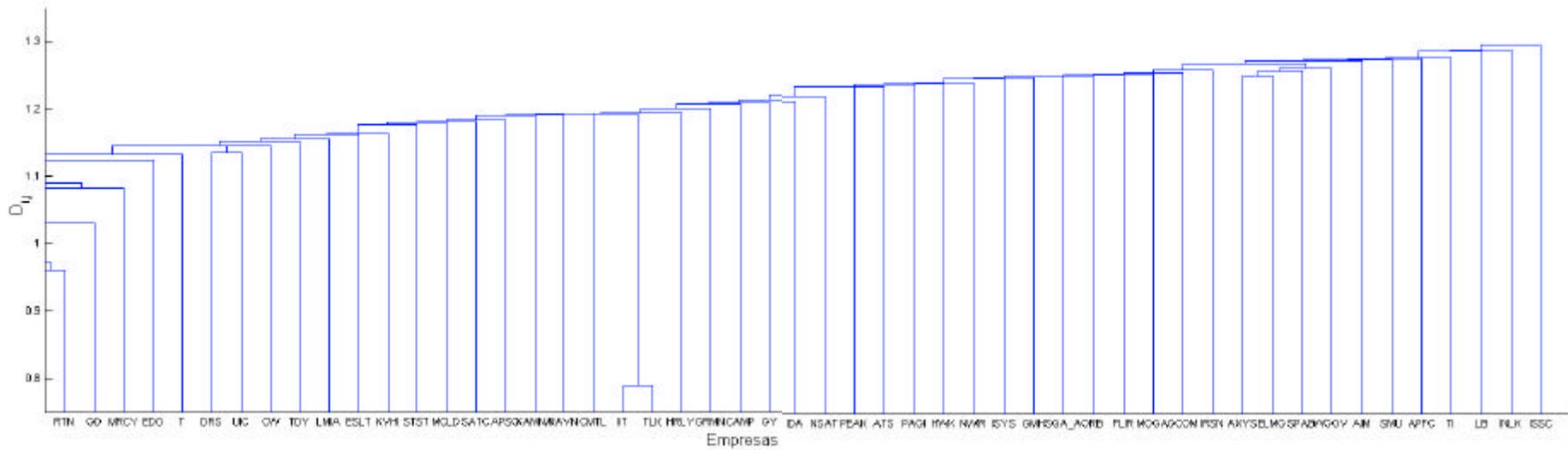
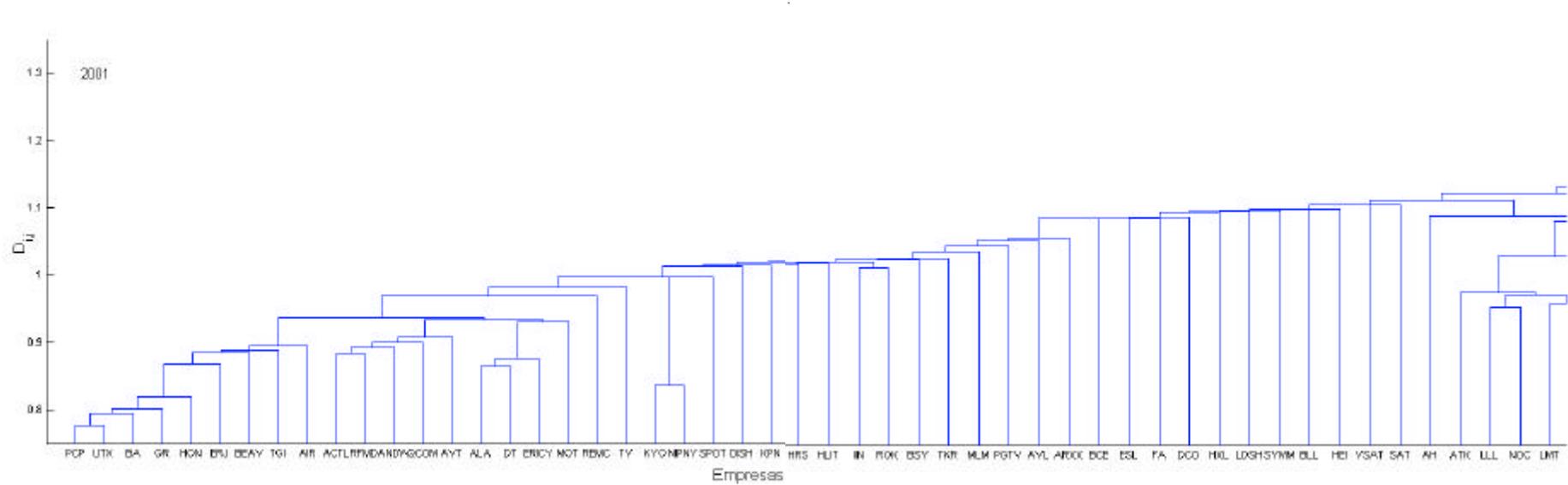


FIGURA C.4 – Continuação: (o) 2001

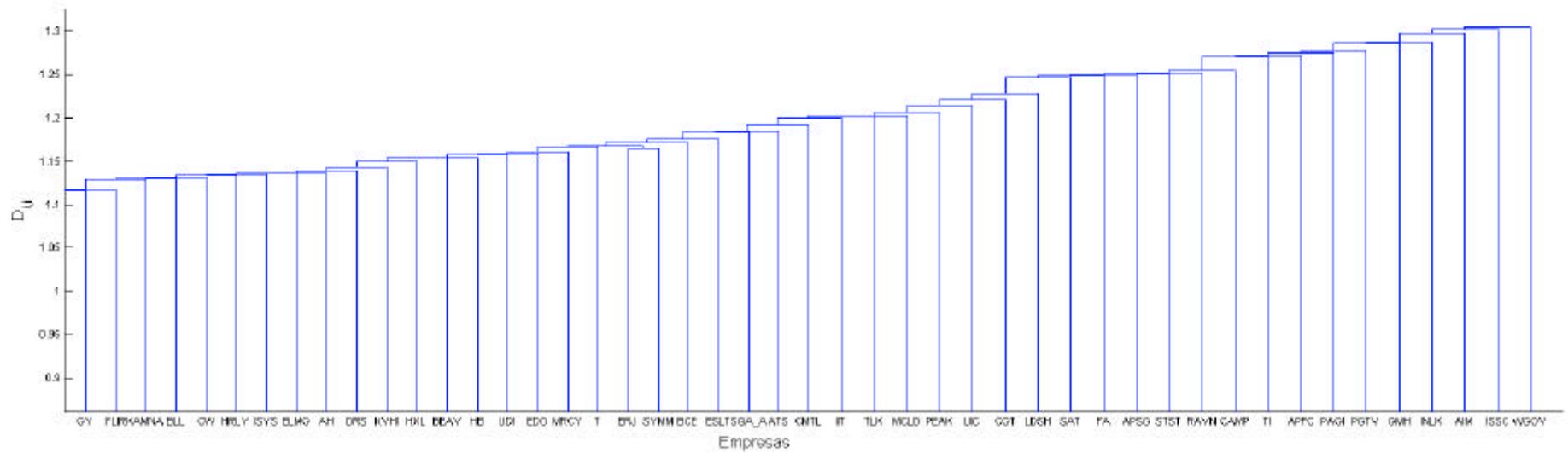
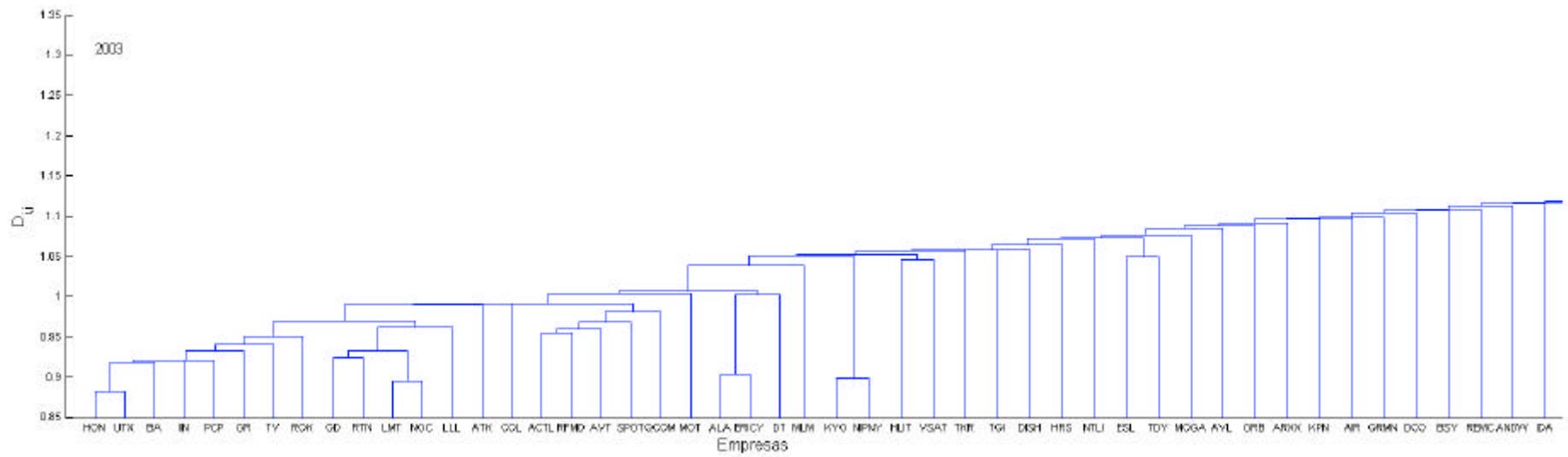
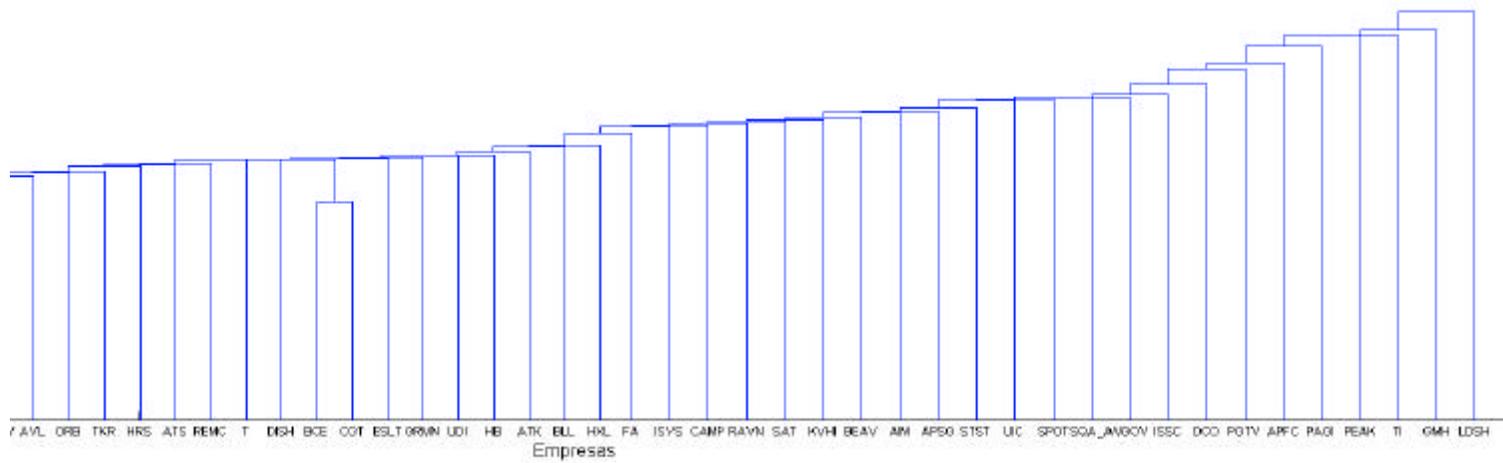
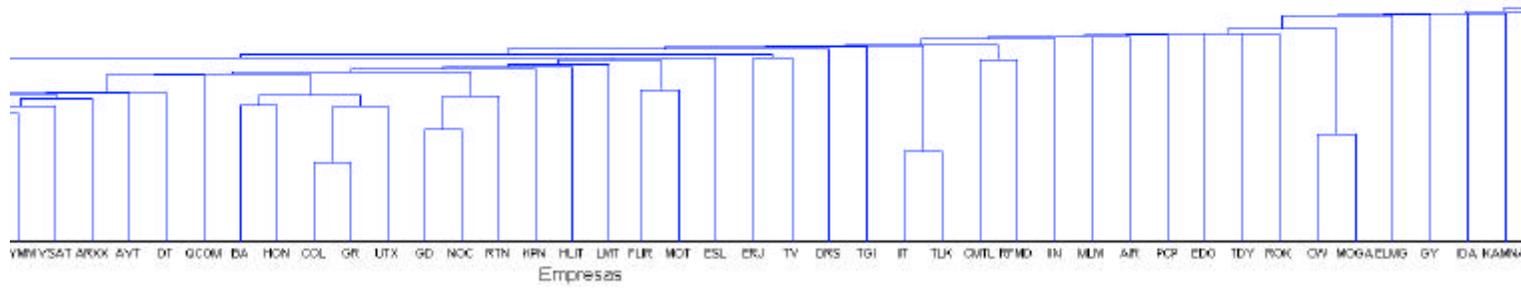


FIGURA C.4 – Continuação: (p) 2003

.FIGURA C.4 –  
 Continuação: (q) 2004.



## APÊNDICE D

### CONCEITOS BÁSICOS EM TEORIA DE FINANÇAS

Neste apêndice, são apresentados alguns conceitos na teoria de análise de preços de ativos financeiros.

#### PROCESSO MARTINGALE

A hipótese da forma fraca de eficiência do mercado é consistente com a propriedade markoviana de um processo, a qual estabelece que somente o preço atual é importante para prever o valor esperado para o próximo período, sendo o passado irrelevante (Baxter e Rennie, 1996).

$$E[Y_{t+1} / Y_0, Y_1, \dots, Y_t] = Y_t \quad (\text{D.1})$$

Este processo estocástico é conhecido como Processo Martingale (Baxter e Rennie, 1996) e deve obedecer a três critérios:

- $Y_t$  é conhecido dado  $F$  (família de informações);
- $E[Y_t] < \infty$
- $E[Y_{t+1} / F_t] = Y_t$ .

O modelo martingale implica que a seqüência de diferenças martingales seja um jogo justo, no qual não há nada a favor nem contra o apostador:

$$E[S_{t+1} / F_t] = 0 \quad (\text{D.2})$$

onde  $S$  é a dada pela Equação 1.2. Assim, por este modelo, as variações de preços são imprevisíveis se condicionadas à seqüência histórica de preços. O processo, desta forma, não tem tendência e o seu valor esperado futuro, em  $t + 1$ , é o próprio valor do processo no tempo  $t$ . Para o mercado financeiro isso significa que não há maneira de

realizar lucro com um ativo, usando, apenas, seu dados históricos de flutuação de preço (Hull, 1993).

O modelo martingale pode ser também escrito como (Baxter e Rennie, 1996):

$$E[Y_{t+1}] = Y_t + \mathbf{e}_t \quad (\text{D.3})$$

onde  $\mathbf{e}_t$  representa um choque aleatório com média zero, variância  $n\mathbf{S}^2$ , e ausência de correlação, i.e.,  $\langle \mathbf{e}_t \rangle = 0$ ;  $\langle \mathbf{e}_t^2 \rangle = n\mathbf{S}^2$ ; e  $\langle \mathbf{e}_t \mathbf{e}_{t+1} \rangle = 0$ .

A seguir é feita uma breve descrição dos conceitos de caminho aleatório e do processo Wiener muito usados para a modelagem na teoria de finanças.

### CAMINHO ALEATÓRIO

Um caminho aleatório pode ser ilustrado como o percurso percorrido por um caminhante que começa em um determinado ponto e dá passos, de tamanhos aleatórios, em uma ou mais direções também aleatórias. No caso mais simples, discreto e 1D, considera-se o caminhante andando a passos fixos para uma direção ou outra com igual probabilidade (Srikant, 1998):

$$P(X_{t+1} - X_t = 1) = P(X_{t+1} - X_t = -1) = \frac{1}{2}$$

onde:

$X_t$  é o estado inicial do caminhante;

$X_{t+1}$  é o estado final após um passo;

1 representa o tamanho do passo para cima; e

-1 representa o tamanho do passo para baixo.

Isso significa, de maneira simples, que o caminhante tem igual probabilidade de ir para cima ou para baixo. Substituindo X pelas diferenças de preço de um ativo, tem-se a formulação utilizada por Bachelier, que apontou que os preços de um ativo são afetados

por fatores políticos e econômicos (como as moléculas de água agindo de maneira aleatória em um grão de pólen descrito no movimento browniano), os quais provocam variações positivas e negativas nos preços. Assim, a probabilidade de o preço de um ativo subir num determinado instante será igual à probabilidade de o preço cair (Courtault et al, 2000).

Agora, considerando que o caminhante, estando no estado  $x$ , só poderá ir, no próximo passo, para  $x + 1$  ou  $x - 1$ , tem-se:

$$P(X_{i+1} = x) = \frac{1}{2}(P(X_i = x+1) + P(X_i = x-1)) \quad (D.4)$$

Subtraindo o termo  $P(X_i = x)$  nos dois lados da Equação acima, obtém-se:

$$P(X_{i+1} = x) - P(X_i = x) = \frac{1}{2}(P(X_i = x+1) - 2P(X_i = x) + P(X_i = x-1)) \quad (D.5)$$

Rearranjando a Equação D.5 de modo que o tamanho do passo seja  $h$  e o tempo no passo é  $\tau$  a equação torna-se:

$$\frac{P((x, t + \tau)) - P((x, t))}{\tau} = \frac{h^2}{2\tau} \frac{P((x + h, t)) - 2P((x, t)) + P((x - h, t))}{h^2} \quad (D.6)$$

Deste modo, no limite quando  $h \rightarrow 0$  e  $\tau \rightarrow 0$ ,  $x$  e  $t$  passam a ser variáveis contínuas.

Resultando na chamada Equação da difusão:

$$\frac{dP(x, t)}{dt} = D \frac{d^2 P(x, t)}{dx^2} \quad (D.7)$$

onde  $D = \frac{h^2}{2\tau}$  é a constante de difusividade.

O próximo passo é generalizar a probabilidade do caminhante, ou seja, agora a probabilidade de ir para um lado é  $p$  e para o outro é  $q$ . Assim, a Equação D.4 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$P(x, t + \tau) = pP(x + h, t) + qP(x - h, t) \quad (\text{D.8})$$

sendo  $p + q = 1$ .

Novamente, no limite quando  $h \rightarrow 0$  e  $\tau \rightarrow 0$ , a Equação D.7 será:

$$\frac{dP(x, t)}{dt} = \left( D \frac{d^2}{dx^2} + v \frac{d}{dx} \right) P(x, t) \quad (\text{D.9})$$

onde  $v$  é dado por  $\frac{h}{\tau}(p - q)$ .

### PROCESSO DE WIENER

O movimento browniano foi descrito pela primeira vez pelo botânico Robert Brown, em 1827, ao observar o movimento do grão de pólen ao dispersar-se na água em direções que estariam de acordo com as do caminho aleatório. A formulação matemática que descreve este movimento molecular aleatório, também conhecido como movimento browniano ou processo de Wiener, foi desenvolvida por A. Einstein, em 1905 (Tsallis, 1997).

O Processo de Wiener é um processo estocástico que obedece às seguintes propriedades (Parzen, 1964):

- Possui incrementos independentes e estacionários;
- Pelo teorema do limite central, a variação no processo sobre qualquer intervalo de tempo, que pode ser considerada como a soma de um grande número de variações menores independentes, é normalmente distribuída, com uma variância que aumenta linearmente com o intervalo de tempo.

Formalmente, o comportamento de uma variável aleatória  $z(t)$ , que segue um processo de Wiener, pode ser entendido considerando as variações em seus valores ( $\Delta z$ ) em pequenos intervalos de tempo ( $\Delta t$ ), que obedecem às seguintes condições (Parzen, 1964; Hull, 1993):

- a relação entre  $\Delta z$  e  $\Delta t$  é dada por:  $\Delta z = \mathbf{e}\sqrt{\Delta t}$ , onde  $\mathbf{e} \sim N(0,1)$ . Desta forma,  $\Delta z \sim N(0, \Delta t)$ , pois:

$$E[\Delta z] = E[\mathbf{e}\sqrt{\Delta t}] = \sqrt{\Delta t}E[\mathbf{e}] = 0 \quad \text{e}$$

$$E[\Delta z^2] = E[(\mathbf{e}\sqrt{\Delta t})^2] = \Delta t E[\mathbf{e}^2] = \Delta t$$

- $e$  não possui correlação serial, isto é,  $E[e(t), e(t + \mathbf{t})] = 0$ . Assim, os valores  $\Delta z$  para quaisquer dois intervalos de tempo diferentes são independentes, de forma que  $z(t)$  segue um processo de Markov.

Para um intervalo de tempo longo,  $z(T) - z(0)$ , tem-se que:

$$z(T) - z(0) = \sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i \sqrt{\Delta t}, \quad \text{onde } N = \frac{T}{\Delta t}$$

Neste caso, a média é dada por:

$$E[z(T) - z(0)] = E\left[\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i \sqrt{\Delta t}\right] = \sum_{i=1}^N E[\mathbf{e}_i \sqrt{\Delta t}] = \sqrt{\Delta t} \sum_{i=1}^N E[\mathbf{e}_i] = 0$$

E a variância:

$$E[(z(T) - z(0))^2] = E\left[\left(\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i \Delta t\right)^2\right] = \Delta t E\left[\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i^2\right]$$

como:

$$E\left[\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i^2\right] = E\left[\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i\right]^2 - E^2\left[\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i\right] \quad \text{e}$$

$$E^2\left[\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i\right] = E\left[\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i\right]E\left[\sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i\right] = 0 \quad \text{e}$$

$$\left[ \sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i \right]^2 = \sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{i=1, j=1}^N \mathbf{e}_i \mathbf{e}_j \quad \text{então,}$$

$$E \left[ \sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i^2 \right] = E \left[ \sum_{i=1}^N \mathbf{e}_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{i=1, j=1}^N \mathbf{e}_i \mathbf{e}_j \right] = \sum_{i=1}^N \underbrace{E[\mathbf{e}_i^2]}_1 + 2 \underbrace{\sum_{i=1}^N \sum_{i=1, j=1}^N E[\mathbf{e}_i \mathbf{e}_j]}_0 = N$$

Assim,

$$E[(z(T) - z(0))^2] = \Delta t N = T$$

Assim,  $z(T) - z(0) \sim N(0, T)$ . Portanto, pode-se concluir que este é um processo não estacionário, uma vez que a variância cresce linearmente com o horizonte de tempo.

Em tempo contínuo, no limite quando  $\Delta t \rightarrow 0$ , o incremento na variável aleatória que segue o processo de Wiener pode ser representado como:

$$dz = \mathbf{e}_i \sqrt{\Delta t}$$

com:  $E[dz] = 0$ ;  $E[dz^2] = dt \Rightarrow dz \sim N(0, dt)$ .

O deslocamento de  $z$  se relaciona com o tempo através da equação:

$$E[z^2(t)] = D * t^\alpha \tag{D.10}$$

onde  $D$  é a constante de difusão e  $\alpha$  é o coeficiente dinâmico: quando  $\alpha$  é igual a 1 equivale à difusão normal; para  $\alpha > 1$  o processo é superdifusivo e para  $\alpha < 1$  o processo é subdifusivo.

O processo de Wiener explicado até agora possui taxa de tendência igual a zero e variância igual a um, o que significa que o valor esperado no futuro é igual ao valor atual e a variância da mudança em  $z$ , em um intervalo de tempo, é  $1 \times T$ . Uma extensão básica do processo de Wiener, apresentado anteriormente, é obtida acrescentando-se uma tendência ao processo de forma a ter um sentido de direção crescente ou decrescente na série.

Este processo, para uma variável  $x$  pode ser definido em termos de incrementos,  $dz$ , do processo de Wiener descrito anteriormente (Hull, 1993):

$$dx = a dt + \mathbf{s} dz \quad (\text{D.11})$$

onde  $a$  é o parâmetro que representa a tendência, e  $\mathbf{s}$  representa a variabilidade do processo (ambos constantes),  $dz = \mathbf{e}_i \sqrt{\Delta t}$  e  $\varepsilon \sim N(0,1)$ .

O primeiro termo do lado direito da Equação D.11 significa que  $x$  tem uma taxa de tendência esperada de  $a$  por unidade de tempo, ou seja,  $a = dx/dt$ . O segundo termo do lado direito da Equação,  $\mathbf{s} dz$ , pode ser visto como a variabilidade no caminho desenvolvido por  $x$  (a variabilidade vezes o processo de Wiener). Assim, em um intervalo de tempo  $\Delta t$ , a variação em  $x$ ,  $\Delta x$ , é dada por:

$\Delta x = a\Delta t + \mathbf{s}\mathbf{e}\sqrt{\Delta t}$ , que possui os seguintes parâmetros:

$$E[\Delta x] = E[a\Delta t + \mathbf{s}\Delta z] = E[a\Delta t] + E[\mathbf{s}\Delta z] = a\Delta t + \mathbf{s}E[\Delta z] = a\Delta t$$

$$E[\Delta x^2] = E[\Delta x - E[\Delta x]]^2 = E[a\Delta t + \mathbf{s}\Delta z - a\Delta t]^2 = E[\mathbf{s}\Delta z]^2 = E[\mathbf{s}^2 \mathbf{e}^2 \Delta t] = E[\mathbf{e}^2] \mathbf{s}^2 \Delta t = E[\Delta x^2] = \mathbf{s}^2 \Delta t$$

ou seja, a variação ocorrida em  $x$ , em um intervalo de tempo  $\Delta t$ , segue uma distribuição normal, com média  $a\Delta t$  e variância,  $\mathbf{s}^2 \Delta t$ , ou seja,  $(\Delta x \sim N(a\Delta t, \mathbf{s}^2 \Delta t))$ .

