



Álvaro Rocha Albuquerque

**Fluxo de Caixa em Risco: Uma Nova
Abordagem para o Setor de Distribuição
de Energia Elétrica**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Reinaldo Castro Souza

Co-orientadora: Profa. Fernanda Finotti Cordeiro Perobelli

Rio de Janeiro
Setembro de 2008



Álvaro Rocha Albuquerque

**Fluxo de Caixa em Risco: Uma Nova
Abordagem para o Setor de Distribuição de
Energia Elétrica**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Dr. Reinaldo Castro Souza
Orientador

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Dr. José Roberto Securato
USP

Dra. Marina Figueira de Mello
Departamento de Economia – PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 08 de setembro de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Álvaro Rocha Albuquerque

Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF. Especialista em Métodos Estatísticos Computacionais. Com experiência de 5 anos no mercado financeiro e de capitais, atualmente trabalha com pesquisas e clubes de investimento voltados para esta área.

Ficha Catalográfica

Albuquerque, Álvaro Rocha

Fluxo de caixa em risco: uma nova abordagem para o setor de distribuição de energia elétrica / Álvaro Rocha Albuquerque ; orientador: Reinaldo Castro Souza; co-orientadora: Fernanda Finotti Cordeiro Perobelli – 2008.

116 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Fluxo de caixa. 3. Risco de mercado. 4. Simulação de Quase-Monte Carlo. 5. Setor elétrico. I. Souza, Reinaldo Castro. II. . Fernanda Finotti Cordeiro Perobelli. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

Agradecimentos

Agradeço a Deus primeiramente porque sem ele eu não chegaria onde estou hoje. Também quero expressar minha gratidão àqueles que colaboraram diretamente no meu curso: Professor Reinaldo Castro e Professora Fernanda Perobeli, além do auxílio financeiro do CNPq.

Aos amigos(as) Márcio Leone, Luiz Albino, Mônica Barros, Marina Figueira, Sylvia Telles, Aquiles Poletti, deixo os meus enormes e sinceros agradecimentos por suas participações neste processo tão importante da minha formação acadêmica.

Por fim, quero agradecer ao apoio de toda a minha família que sempre esteve ao meu lado durante este percurso.

Resumo

Albuquerque, Álvaro Rocha; Souza, Reinaldo Castro (Orientador); Perobelli, Fernanda Finotti Cordeiro (Co-orientadora). **Fluxo de Caixa em Risco: Uma Nova Abordagem para o Setor de Distribuição de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2008. 116p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O gerenciamento de riscos de mercado é um assunto que já assume papel relevante e definitivo no ambiente das instituições financeiras. Mais recentemente o assunto vem ganhando espaço também no âmbito de instituições não financeiras. Dentre os benefícios advindos da implantação de sistemas de medição e gerenciamento de riscos de mercado no âmbito das instituições não financeiras, destacam-se como os mais diretos: o controle dos fluxos de caixa necessários ao cumprimento dos investimentos programados pela empresa, a redução da volatilidade desses fluxos e, conseqüentemente, da probabilidade de a empresa deixar de honrar compromissos futuros. Benefícios adicionais incluem o aumento da transparência aos investidores e a rápida assimilação de novas fontes de riscos de mercado pelos gestores. Considerando a existência deste espaço e a importância do tema para as empresas, este trabalho propõe a construção de um modelo teórico para mensuração do fluxo de caixa em risco e o aplica a uma única empresa pertencente ao setor de distribuição de energia elétrica no Brasil. Tal modelo deve ser capaz de informar a probabilidade dessa empresa não dispor de recursos para honrar seus compromissos em determinada data de pagamento futura, ou vértices do fluxo.

Palavras-chave

Fluxo de Caixa, Risco de Mercado, Simulação de Quase-Monte Carlo, Setor Elétrico.

Abstract

Albuquerque, Álvaro Rocha; Souza, Reinaldo Castro (Supervisor); Perobelli, Fernanda Finotti Cordeiro (Co-supervisor). **Cash Flow-at-Risk: a new approach for the distribution of electric energy sector**. Rio de Janeiro, 2008. 116p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In the last years, risk management assumed a relevant and definitive role in the environment of financial institutions. More recently however, the subject has also been gaining ground in the environment of non-financial institutions. Among the benefits arising from the introduction of risk management within the environment of non-financial institutions, those that stand out as being the most direct are the control of the cash flow necessary for the investments that have been programmed, reduction in the volatility of this cash flow, and consequently in the probability of the company failing to honor its future commitments. Additional benefits include an increase in transparency as far as investors are concerned, a rapid assimilation of new risk sources by the managers. Considering this gap and the theme's importance to non-financial institutions, this work proposes a theoretical model, which aims to measure firm cash flow-at-risk. Afterwards, the proposed model is applied and tested in only one Brazilian distribution electric sector company. Such a model may be able to return the probability that a company faces a financial distress, for not being able to make due payments in the set dates.

Keywords

Cash Flow, Market Risk, Quasi-Monte Carlo Simulation, Electric Sector.

SUMÁRIO

1. Introdução	13
2. Um Breve Histórico do Setor Elétrico Brasileiro	15
2.1. O Novo Modelo do Setor Elétrico ou Modelo de <i>POOL</i>	22
2.1.1. A garantia do fornecimento de energia	27
3. Uma Abordagem Sobre a Teoria de Risco Corporativo e a Análise do CFaR	29
3.1. Administrando riscos em instituições não-financeiras ou ambientes corporativos	29
3.1.1. Risco de Crédito	30
3.1.2. Risco de Liquidez	31
3.1.3. Risco Operacional	31
3.1.4. Risco de Negócio <i>versus</i> Risco de Mercado	31
3.1.5. Risco de Mercado e o Valeu at Risk (VaR)	32
3.2. As diversas tentativas de administração de riscos corporativos e o <i>Cashflow-at-Risk</i> (CFaR)	37
3.2.1. A metodologia do <i>CorporateMetrics</i> para avaliação de risco de mercado	41
3.3. CFaR <i>versus</i> VaR	44
4. Modelo Teórico Para Mensuração de Risco de Mercado em Corporações: <i>Cashflow-At-Risk</i>	46
4.1. As variáveis do modelo, frequência de observação dos dados e horizonte de previsão	47
4.2. Identificação dos fatores de risco próprios e macroeconômicos relevantes para o modelo	50
4.3. Tratamento dos fatores de risco próprio, macroeconômicos e estimação do comportamento médio esperado	52
4.4. Simulação de cenários para os fatores de risco macroeconômicos	57
4.5. Simulação de Quase-Monte Carlo	60
4.5.1. Sequências pseudo-aleatórias	60
4.5.2. O método tradicional de Monte Carlo (MC)	60
4.5.3. Simulação por Quase-Monte Carlo (QMC)	63
4.5.4. Sequência de baixa discrepância	64
4.5.5. Quase-Monte Carlo Híbrido (QMCH)	65
4.5.6. Gerando a distribuição Normal Padrão na simulação de Quase-Monte Carlo	67
5. Aplicação do modelo proposto para a Distribuidora de Energia Elétrica Light S/A	71
5.1. Amostra de trabalho e simplificações do modelo	75
5.2. Identificação dos fatores de risco relevantes: Estimação via Regressão Dinâmica	79

5.2.1. Modelo para receita bruta da classe residencial	83
5.2.2. Modelo para receita bruta da classe comercial	84
5.2.3. Modelo para receita bruta da classe industrial	85
5.2.4. Modelo para receita financeira, despesa financeira, duplicatas a receber, fornecedores e impostos a pagar de curto prazo	86
5.3. Estimação e simulação do comportamento médio dos fatores de risco macroeconômicos para as classes residencial, comercial e industrial	87
5.3.1. Teste de Raiz Unitária	87
5.3.2. Teste de Co-integração	88
5.3.3. VAR com mecanismo de correção de erros (VECM)	90
5.3.4. Simulação e cálculo do Fluxo de Caixa Livre empírico	98
6. Considerações finais	103
7. Referências bibliográficas	105
Anexo A: Gráficos das Distribuições de Probabilidade dos Fluxos de Caixa Livre (FCF) para cada classe de Consumo	111

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Consumo Mensal de Energia Elétrica no Brasil (Mwh)	19
Gráfico 02: Ilustração da área integrada de uma função	61
Gráfico 03: Formação de <i>clusters</i> em problemas de alta dimensão	66
Gráfico 04: Função de autocorrelação dos resíduos do modelo de Regressão Dinâmica	72
Gráfico 05: Função de autocorrelação dos resíduos do modelo de Regressão Dinâmica	73
Gráfico 06: Função de autocorrelação dos resíduos do modelo de Regressão Dinâmica	73
Gráfico 07: Gráfico das autocorrelações dos resíduos para o modelo Residencial	94
Gráfico 08: Gráfico das autocorrelações dos resíduos para o modelo Comercial	96
Gráfico 09: Gráfico das autocorrelações dos resíduos para o modelo Industrial	98
Gráfico 10: Fluxo de Caixa Livre (FCF) para a Classe Residencial: Estimado <i>versus</i> Real	99
Gráfico 11: Fluxo de Caixa Livre (FCF) para a Classe Industrial: Estimado <i>versus</i> Real	100
Gráfico 12: Fluxo de Caixa Livre (FCF) para a Classe Comercial: Estimado <i>versus</i> Real	101
Gráfico 13: Distribuição de Probabilidades do Fluxo de Caixa Livre para a Classe Residencial em um cenário de racionamento de energia elétrica usando Simulação de Quase-Monte Carlo	111
Gráfico 14: Distribuição de Probabilidades do Fluxo de Caixa Livre para a Classe Residencial em um cenário de racionamento de energia elétrica usando Simulação de Monte Carlo	112
Gráfico 15: Distribuição de Probabilidades do Fluxo de Caixa Livre para a Classe Comercial em um cenário de racionamento de energia elétrica usando Simulação de Quase-Monte Carlo	113
Gráfico 16: Distribuição de Probabilidades do Fluxo de Caixa Livre para a Classe Comercial em um cenário de racionamento de energia elétrica usando Simulação de Monte Carlo	114

Gráfico 17: Distribuição de Probabilidades do Fluxo de Caixa Livre para a Classe Industrial em um cenário de racionamento de energia elétrica usando Simulação de Quase-Monte Carlo	115
Gráfico 18: Distribuição de Probabilidades do Fluxo de Caixa Livre para a Classe Industrial em um cenário de racionamento de energia elétrica usando Simulação de Monte Carlo	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Convivência entre o mercado competitivo e regulado	26
Quadro 02: Etapas do <i>CorporateMetrics</i>	42
Quadro 03: Ilustração do <i>CorporateMetrics</i>	43
Quadro 04: Fluxo de Caixa Livre	48
Quadro 05: DRE e Fluxo de Caixa a serem estimados e simulados	78
Quadro 06: Regressão Dinâmica para Receita Bruta da classe Residencial	82
Quadro 07: Regressão Dinâmica para Receita Bruta da classe Comercial	82
Quadro 08: Regressão Dinâmica para Receita Bruta da classe Industrial	83
Quadro 09: Regressão Dinâmica para CPV da classe Residencial	84
Quadro 10: Regressão Dinâmica para CPV da classe Industrial	85
Quadro 11: Regressão Dinâmica para CPV da classe Comercial	85
Quadro 12: Teste de Causalidade de Granger para as classes Residencial, Comercial e Industrial	89
Quadro 13: Teste de Raiz Unitária para Consumo de Energia Residencial, Comercial e Industrial	89
Quadro 14: Teste de Raiz Unitária para PIB a preços de mercado, PIB Comercial e PIB Industrial	90
Quadro 15: Teste de Raiz Unitária para IGPM	90
Quadro 16: Teste de Co-integração para as variáveis do modelo Residencial, Comercial e Industrial	91
Quadro 17: Estrutura ótima de defasamento para o VECM do modelo Residencial	91
Quadro 18: Estrutura ótima de defasamento para o VECM do modelo Comercial	93
Quadro 19: Estrutura ótima de defasamento para o VECM do modelo Industrial	95
Quadro 20: Teste LM de autocorrelação dos resíduos para o modelo Residencial	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Valores de a_n e b_n .	68
Tabela 02: Valores de c_n e k_n	69
Tabela 03: Cálculo dos parâmetros da Normal padrão pela Inversão de Moro e Excel (N = 100 simulações)	69
Tabela 04: Comparação entre a Inversão de Moro e Excel no cálculo de valores extremos da cauda esquerda da distribuição Normal padrão	70
Tabela 05: Teste de Raiz Unitária para os fatores de risco macroeconômicos	88
Tabela 06: Comparação dos CFaR para cada tipo de simulação e classe de consumo	102