

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

LIU YUAN CHUN

**COMPARATIVO DE METODOLOGIAS DE MENSURAÇÃO DE VAR
PARA O MERCADO FINANCEIRO BRASILEIRO**

SÃO PAULO
Dezembro/2007

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

LIU YUAN CHUN

**COMPARATIVO DE METODOLOGIAS DE MENSURAÇÃO DE VAR
PARA O MERCADO FINANCEIRO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Finanças e Economia Empresarial.

Campo de Conhecimento: Finanças aplicadas a Risco.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Matone.

SÃO PAULO
Dezembro/2007

Liu, Yuan Chun

Comparativo de Metodologias de Mensuração de VaR para o Mercado Financeiro Brasileiro / Liu Yuan Chun. – 2008.

114 f.

Orientador: Ricardo Matone.

Dissertação (mestrado profissional) – Escola de Economia de São Paulo.

1. Avaliação de riscos. 2. Avaliação de riscos - Metodologia. 3. Administração de riscos. 4. Risco (Economia). I. Matone, Ricardo. II. Dissertação (mestrado profissional) – Escola de Economia de São Paulo. III. Título.

CDU 330.131.7

Liu Yuan Chun

Comparativo de Metodologias de Mensuração de VaR
para o Mercado Financeiro Brasileiro

	<p>Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Finanças e Economia Empresarial.</p> <p>Campo de Conhecimento: Finanças aplicadas a Risco.</p> <p>Data de Aprovação: 17/01/2008</p> <p>Banca Examinadora:</p> <hr/> <p>Prof. Dr. Ricardo Matone (Orientador) FGV - EESP</p> <hr/> <p>Prof. Dr. Amaury Fonseca Júnior FGV - EESP</p> <hr/> <p>Prof. Dr. Antônio Cláudio Reis de Paiva</p>
--	---

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação de mestrado aos meus pais e ao meu irmão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus professores, amigos e colegas que me incentivaram e apoiaram na realização deste sonho.

RESUMO

Várias metodologias de mensuração de risco de mercado foram desenvolvidas e aprimoradas ao longo das últimas décadas. Enquanto algumas metodologias usam abordagens não-paramétricas, outras usam paramétricas. Algumas metodologias são mais teóricas, enquanto outras são mais práticas, usando recursos computacionais através de simulações. Enquanto algumas metodologias preservam sua originalidade, outras metodologias têm abordagens híbridas, juntando características de 2 ou mais metodologias.

Neste trabalho, fizemos uma comparação de metodologias de mensuração de risco de mercado para o mercado financeiro brasileiro. Avaliamos os resultados das metodologias não-paramétricas e paramétricas de mensuração de VaR aplicados em uma carteira de renda fixa, renda variável e renda mista durante o período de 2000 a 2006.

As metodologias não-paramétricas avaliadas foram: Simulação Histórica pesos fixos, Simulação Histórica Antitética pesos fixos, Simulação Histórica exponencial e Análise de Cenário. E as metodologias paramétricas avaliadas foram: VaR Delta-Normal pesos fixos, VaR Delta-Normal exponencial (EWMA), Simulação de Monte Carlo pesos fixos e Simulação de Monte Carlo exponencial.

A comparação destas metodologias foi feita com base em medidas estatísticas de conservadorismo, precisão e eficiência.

Palavras-chave: Gerenciamento de Risco, VaR ("Value at Risk"), Metodologias de Mensuração de Risco de Mercado, Avaliação de Metodologias de Mensuração de Risco de Mercado.

ABSTRACT

Many methodologies to measure market risk have been developed and improved in the last few decades. While some methodologies are non-parametric, others are parametric. Some methodologies are theoretical, while others are more practical. While some methodologies are original, others are hybrid.

In this work, we compared methodologies to measure market risk in the Brazilian market. We evaluated non-parametric and parametric methodologies to measure VaR in a fixed income, equities and a mixture between fixed income and equities' portfolios between 2000 and 2006.

Non-parametric methodologies evaluated were: Fixed-Weight Historical Simulation, Fixed-Weight Antithetic Historical Simulation, Exponential Historical Simulation and Scenario Analysis. Parametric methodologies evaluated were: Fixed-Weight VaR Delta-Normal, Exponential VaR Delta-Normal (EWMA), Fixed-Weight Monte Carlo Simulation and Exponential Monte Carlo Simulation.

Based on statistical measures of conservatism, accuracy and efficiency, we compared the methodologies.

Keywords: Risk Management, VaR (Value at Risk), Methodologies to Measure Market Risk, Evaluation of Methodologies to Measure Market Risk.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Revisão Bibliográfica	1
1.2 Estrutura do Trabalho	6
2. METODOLOGIAS DE MENSURAÇÃO DE VaR	7
2.1 Simulação Histórica pesos fixos	7
2.2 Simulação Histórica Antitética pesos fixos	11
2.3 Simulação Histórica exponencial	11
2.4 Análise de Cenário	13
2.5 VaR Delta-Normal pesos fixos	15
2.6 VaR Delta-Normal exponencial (EWMA)	17
2.7 Simulação de Monte Carlo pesos fixos	19
2.8 Simulação de Monte Carlo exponencial	22
3. ESTUDO DE CASO	23
3.1 Carteira de Renda Fixa	25
3.2 Carteira de Renda Variável	27
3.3 Carteira de Renda Mista	31
4. RESULTADOS	34
4.1 Simulação Histórica pesos fixos	34
4.1.1 Carteira de Renda Fixa	34
4.1.2 Carteira de Renda Variável	37
4.1.3 Carteira de Renda Mista	39
4.2 Simulação Histórica Antitética pesos fixos	41
4.2.1 Carteira de Renda Fixa	41
4.2.2 Carteira de Renda Variável	43
4.2.3 Carteira de Renda Mista	45

4.3	Simulação Histórica exponencial	47
4.3.1	Carteira de Renda Fixa	47
4.3.2	Carteira de Renda Variável	49
4.3.3	Carteira de Renda Mista	51
4.4	Análise de Cenário	53
4.4.1	Carteira de Renda Fixa	53
4.4.2	Carteira de Renda Variável	55
4.4.3	Carteira de Renda Mista	57
4.5	VaR Delta-Normal pesos fixos	59
4.5.1	Carteira de Renda Fixa	59
4.5.2	Carteira de Renda Variável	61
4.5.3	Carteira de Renda Mista	63
4.6	VaR Delta-Normal exponencial (EWMA)	65
4.6.1	Carteira de Renda Fixa	65
4.6.2	Carteira de Renda Variável	67
4.6.3	Carteira de Renda Mista	69
4.7	Simulação de Monte Carlo pesos fixos	71
4.7.1	Carteira de Renda Fixa	71
4.7.2	Carteira de Renda Variável	73
4.7.3	Carteira de Renda Mista	74
4.8	Simulação de Monte Carlo exponencial	77
4.8.1	Carteira de Renda Fixa	77
4.8.2	Carteira de Renda Variável	79
4.8.3	Carteira de Renda Mista	81
5.	AValiação das Metodologias	83
5.1	Medidas de Conservadorismo	83
5.1.1	Viés de Média Relativa	84
5.1.2	Viés da Raiz Quadrada da Média Relativa	86
5.2	Medidas de Precisão	90
5.2.1	Função de Perda Geral	90
5.2.1.1	Função de Perda Binária	90
5.2.1.2	Função de Perda Quadrática	92

5.2.2	Múltiplo para Obtenção de Cobertura	95
5.2.3	Média de Perdas não Cobertas pela Razão do VaR	97
5.2.4	Perda Máxima para Razão do VaR	100
5.3	Medidas de Eficiência	102
5.3.1	Viés de Escala de Média Relativa	102
5.3.2	Correlação	105
6.	CONCLUSÃO	108
7.	SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS	110
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
	APÊNDICES	113
	ANEXOS	114

1. INTRODUÇÃO

O mercado financeiro mundial evoluiu bastante nos últimos anos devido à própria evolução da teoria financeira, rede de telecomunicações e aumento na velocidade de processamento de dados dos computadores. Neste novo ambiente de negócios, novos produtos financeiros complexos são criados diariamente para atender às demandas do mercado. Os riscos financeiros de mercado associados aos novos produtos aumentaram na mesma proporção e velocidade. Metodologias de mensuração de risco de mercado foram criadas ou aperfeiçoadas para acompanhar o aumento da exposição dos riscos envolvidos na estruturação destes produtos financeiros.

O VaR (“Value at Risk”) sintetiza a **maior perda esperada** dentro de um **determinado período de tempo e intervalo de confiança**, em condições **normais** de mercado.

Matematicamente, temos:

$$Pr ob(\Delta P(\Delta t, \Delta x) < VaR) = \alpha$$

onde $\Delta P(\Delta t, \Delta x)$ é a variação do valor de mercado da carteira, expressa num período de tempo Δt e variação de preço dos ativos Δx , e α é o intervalo de confiança. Interpretamos a expressão acima como a perda do valor de mercado da carteira é menor que o VaR em α por cento do período de tempo Δt . Ou seja, se o VaR calculado para o período de um dia e com intervalo de confiança de 99%, significa que na média, as perdas diárias devido a volatilidade do mercado excederá o VaR uma vez a cada 100 dias.

1.1. Revisão Bibliográfica

Em “Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data”, Darryll Hendricks (1996) avaliou metodologias que utilizam dados históricos na mensuração de risco de mercado. As metodologias usadas foram:

- Variância-Covariância pesos fixos;
- Variância-Covariância exponencial;
- Simulação Histórica.

Ele aplicou estas metodologias numa carteira composta de moedas estrangeiras no período de 1983 a 1994. Os intervalos de confiança usados foram de 95% e 99% e dados históricos de 50, 125, 250, 500 e 1250 dias para estimação dos parâmetros usados nas metodologias. Ele avaliou estas metodologias usando medidas estatísticas de viés de média relativa, viés da raiz quadrada da média relativa, volatilidade percentual anualizada, fração de cobertura excedente, múltiplo para obtenção de cobertura, múltiplo médio da cauda para mensuração do risco, múltiplo máximo da cauda para mensuração do risco, correlação entre mensuração de risco e valor absoluto do excedente e viés de escala de média relativa.

Em seu artigo “Monte Carlo by Day: Intraday Value-at-Risk Using Monte Carlo Simulation”, Jon Frye (1998) usou a metodologia de Análise de Componentes Principais aplicada na Simulação de Monte Carlo. O objetivo do seu trabalho foi mostrar que o uso de Análise de Componentes Principais diminuiu o tempo de processamento para mensurar o risco de mercado em uma carteira de ativos.

Em “The Best of Both Worlds: A Hybrid Approach to Calculating Value at Risk”, Jacob Boudoukh (1998) avaliou duas metodologias híbridas de mensuração de risco de mercado. A primeira metodologia é RiskMetrics™ e a segunda é Simulação Histórica exponencial. A abordagem exponencial dá maior peso para eventos mais recentes. Testes empíricos mostraram que as metodologias híbridas tiveram melhorias significativas na precisão das mensurações de risco de mercado em relação às metodologias de pesos fixos.

James Engel e Marianne Gizycki (1999), respectivamente da Autoridade Regulatória e do Banco Central da Austrália, seguem a mesma linha do trabalho de Darryll Hendricks. No trabalho “Conservatism, Accuracy and Efficiency: Comparing Value-at-Risk Models”, eles compararam treze metodologias de mensuração de risco de mercado e fizeram avaliações destes modelos baseadas em medidas estatísticas de conservadorismo, precisão e eficiência. As metodologias usadas neste trabalho foram:

- Variância-Covariância pesos fixos;
- Variância-Covariância exponencial;

- Variância-Covariância GARCH multivariado com correlação constante;
- Variância-Covariância GARCH multivariado BEKK;
- Variância-Covariância GARCH ortogonal;
- Variância-Covariância Kernel;
- Simulação Histórica pesos fixos;
- Simulação Histórica Antitética pesos fixos;
- Simulação Histórica usando simulação de variâncias e correlações;
- Simulação Histórica exponencial;
- Simulação de Monte Carlo usando retorno de ativos com distribuição normal;
- Simulação de Monte Carlo usando misturas de distribuições normais;
- Estimação de Valores Extremos.

Eles aplicaram estas treze metodologias numa carteira de ativos composta de nove moedas estrangeiras mais negociadas no mercado de câmbio australiano. Estas nove moedas foram:

- Dólar americano;
- Marco alemão;
- Dólar canadense.
- Franco francês;
- Libra britânica;
- Yen japonês;
- Dólar neozelandes;
- Franco suíço;
- Guilder holandês.

Eles utilizaram uma série histórica de dez anos. Os primeiros cinco anos desta série foram usados como histórico para estimação dos parâmetros usados nestas metodologias. Os intervalos de confiança utilizados foram de 95% e 99% e histórico de 125, 250, 500, 750 e 1250 dias.

Eles usaram as seguintes medidas estatísticas para avaliação destas treze metodologias:

- Conservadorismo (através de tamanho relativo e variabilidade):
 - ✓ Viés de Média Relativa;

- ✓ Viés da Raiz Quadrada da Média Relativa.
- Precisão:
 - ✓ Função de Perda Geral:
 - Função de Perda Binária;
 - Função de Perda Quadrática.
 - ✓ Múltiplo para Obtenção de Cobertura;
 - ✓ Média de Perdas não Cobertas pela Razão do VaR;
 - ✓ Perda Máxima para Razão do VaR.
- Eficiência:
 - ✓ Viés de Escala de Média Relativa;
 - ✓ Correlação;
 - ✓ Percentil uniforme;
 - ✓ Autocorrelação em percentil.

Peter A. Abken (2000) aplicou as metodologias de Simulação de Monte Carlo, Análise de Cenário aplicada na Simulação de Monte Carlo e Análise de Componentes Principais numa carteira de ativos internacionais e comparou o resultado destas metodologias.

Dentre os trabalhos nacionais, podemos citar os seguintes:

Antônio Cláudio Reis de Paiva e Paulo Kwok Shaw Sain (1999) publicaram na resenha 130 da BM&F uma descrição das metodologias Simulação Histórica e Matriz de Variância-Covariância e uma comparação dos resultados aplicados numa carteira de renda fixa, com ativos tendo como fator de risco as taxas de juros ligadas ao real, do período da crise asiática de 1997 e da crise russa (Abril - Setembro de 1998).

Marcos Antônio Mollica (1999), em sua dissertação de mestrado em Economia pela FEA - USP com orientação do Prof. Dr. Pedro Luiz Valls Pereira, escreveu uma “Avaliação de Modelos de Value-at-Risk: Comparação entre Métodos Tradicionais e Modelos de Variância Condicional”. Nesta dissertação, ele descreveu as metodologias Simulação Histórica e Matriz de Variância-Covariância Volatilidade Estocástica, GARCH e EWMA. Ele comparou os resultados destas metodologias

aplicadas em duas carteiras com ativos brasileiros do período entre 1994 e 1998 e comparou-as através da função de perda binária, desenvolvida por Lopez (1998).

Mário César de Mattos Milone e Rubens Famá (2001) descreveram as metodologias Simulação Histórica e Matriz de Variância-Covariância, aplicaram as metodologias numa carteira compostas de ativos atrelados ao índice Bovespa, ouro spot, dólar paralelo, índice Nasdaq e índice Dow Jones.

Na sua dissertação de mestrado em Administração pela FEA – USP com orientação do Prof. Dr. José Roberto Securato, Paulo Kwok Shaw Sain (2001) escreveu “Estudo Comparativo dos Modelos de Value-at-Risk para instrumentos Pré-Fixados”. Nesta dissertação, ele descreveu as metodologias Simulação Histórica, Matriz de Variância-Covariância e Simulação de Monte Carlo. Porém, ele comparou apenas os resultados das metodologias Simulação Histórica e Matriz de Variância-Covariância numa carteira de renda fixa nacional do período entre 1996 e 2001.

Luis Renato Lima e Breno Pinheiro Néri (2007) compararam 4 metodologias de mensuração de VaR através da Simulação de Monte Carlo usando modelos de volatilidade ARCH e GARCH (RiskMetrics™, Gaussian GARCH(1,1) e Skewed Student-t APARCH(1,1)) e aplicaram numa carteira composta pelo índice Bovespa do período de Julho de 1996 a Março de 2000.

Não temos conhecimento de artigos, dissertações de mestrado ou teses de doutorado aplicadas ao mercado nacional que abordaram um comparativo de metodologias de mensuração de VaR, descrevendo e comparando oito metodologias aplicadas em três carteiras com ativos brasileiros através de medidas estatísticas de conservadorismo, precisão e eficiência, seguindo a mesma linha do artigo de James Engel e Marianne Gizycki (1999) mencionado anteriormente nesta revisão bibliográfica.

1.2. Estrutura do Trabalho

No capítulo 2, descrevemos as 8 metodologias de mensuração de risco de mercado avaliadas nesta dissertação, apresentamos suas vantagens e desvantagens.

No capítulo 3, citamos as principais crises econômicas e financeiras que aconteceram no mundo que afetaram diretamente ou indiretamente o ambiente econômico-financeiro do Brasil durante o período avaliado e apresentamos a composição das 3 carteiras composta de ativos brasileiros utilizadas neste trabalho.

No capítulo 4, apresentamos os resultados da aplicação de cada uma destas 8 metodologias nas 3 carteiras.

No capítulo 5, descrevemos as medidas estatísticas de conservadorismo, precisão e eficiência usadas na avaliação destas metodologias e seus respectivos resultados.

No capítulo 6, apresentamos as conclusões destas avaliações.

E finalmente no capítulo 7, sugerimos alguns temas para a continuação deste trabalho.

2. METODOLOGIAS DE MENSURAÇÃO DE VaR

As metodologias de mensuração de risco de mercado são classificadas em não-paramétricas e paramétricas.

As metodologias não-paramétricas são aquelas que não assumem hipótese na distribuição dos retornos da carteira. Enquanto que as metodologias paramétricas assumem certas hipóteses. Por exemplo, pode-se associar a distribuição dos retornos a uma distribuição normal ou t-student.

As metodologias não-paramétricas avaliadas foram:

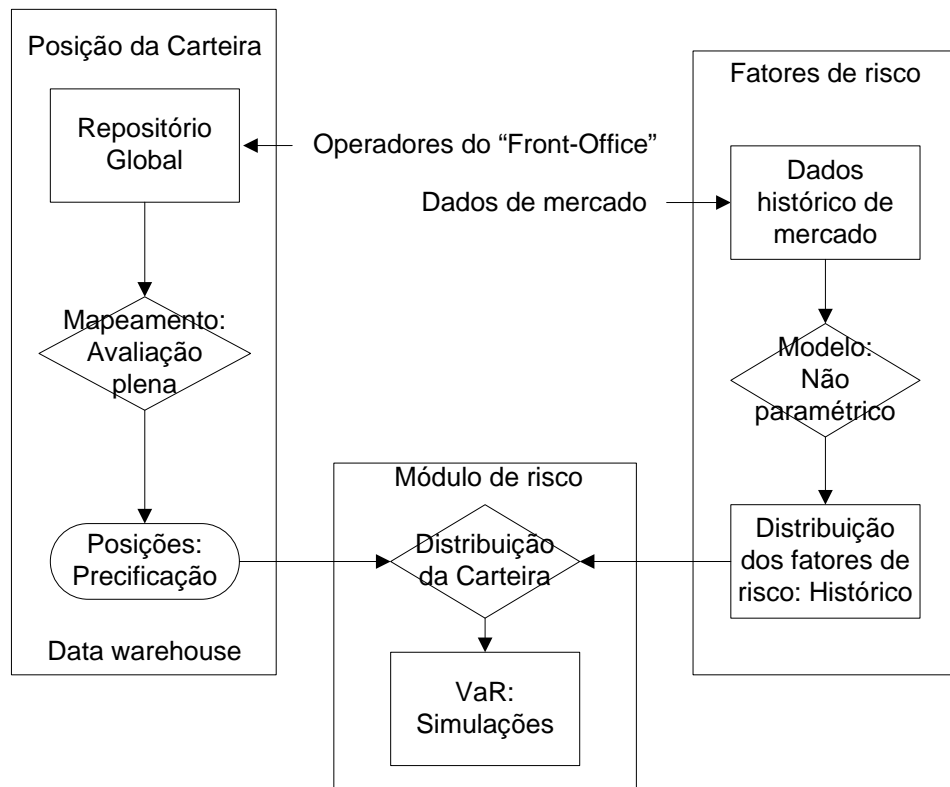
- Simulação Histórica pesos fixos;
- Simulação Histórica Antitética pesos fixos;
- Simulação Histórica exponencial;
- Análise de Cenário.

As metodologias paramétricas, assumindo hipótese na distribuição normal dos retornos, avaliadas foram:

- VaR Delta-Normal pesos fixos;
- VaR Delta-Normal exponencial (EWMA);
- Simulação de Monte Carlo pesos fixos;
- Simulação de Monte Carlo exponencial.

2.1. Simulação Histórica pesos fixos

A Simulação Histórica pesos fixos é uma metodologia não paramétrica de mensuração de risco de mercado. Considerada relativamente simples, usa basicamente os retornos passados da carteira, que são ordenados em ordem crescente (do prejuízo ao lucro), e escolhe-se o retorno cujo percentil corresponde ao intervalo de confiança α definido. Os retornos históricos têm o mesmo peso na mensuração do risco de mercado.



Esquema 1 – Processo para mensuração do risco de mercado pela Simulação Histórica pesos fixos.
 Fonte: JORION, 2007, p.264.

As etapas para mensuração do risco de mercado pela Simulação Histórica pesos fixos são:

- 1) Defina o intervalo de confiança α e o tamanho do histórico a ser usado. Quanto maior, melhor;
- 2) Calcule os retornos (lucros e perdas) diários do histórico considerando a composição atual da carteira;
- 3) Ordene os retornos diários em ordem crescente e escolha o retorno correspondente ao percentil definido pelo intervalo de confiança α da série ordenada. O retorno escolhido é o VaR.

Por exemplo:

Intervalo de confiança de 95%.

	P&L diário da carteira				P&L diário da carteira
8/1/2007	10		==>	1/1/1900	-10
9/1/2007	-5			2/1/1900	-5

10/1/2007	3	26/1/2007	-4
11/1/2007	-10	2/2/2007	-4
12/1/2007	15	22/1/2007	-3
15/1/2007	-2	24/1/2007	-3
16/1/2007	-1	15/1/2007	-2
17/1/2007	20	16/1/2007	-1
18/1/2007	4	29/1/2007	-1
19/1/2007	2	30/1/2007	2
22/1/2007	-3	30/1/2007	2
23/1/2007	5	31/1/2007	3
24/1/2007	-3	31/1/2007	3
25/1/2007	7	1/2/2007	4
26/1/2007	-4	23/1/2007	5
29/1/2007	-1	25/1/2007	7
30/1/2007	2	1/2/2007	9
31/1/2007	3	8/1/2007	10
1/2/2007	9	9/1/2007	15
2/2/2007	-4	10/1/2007	20

Logo, o VaR é **-10** com intervalo de confiança de 95%.

As principais vantagens desta metodologia são:

- Metodologia intuitiva e conceitualmente simples, fornecendo resultados que são fáceis de serem comunicadas à alta gerência e a outros interessados;
- Eventos históricos dramáticos podem ser simulados e os resultados apresentados individualmente, mesmo quando eles pré-datam históricos correntes. Impactos hipotéticos de movimentos extremos de mercado, que são sempre lembradas pela alta gerência, podem ser colocados na informação presente, embora não esteja inclusa no VaR;
- Necessidade de baixa tecnologia para implementação em planilhas eletrônicas e podem acomodar qualquer tipo de ativos na carteira, inclusive os ativos não lineares;
- Uso de dados que são disponíveis em fontes públicas, por exemplo, terminal Bloomberg ou banco de dados da própria empresa;
- Não dependem de hipóteses paramétricas sobre o comportamento das variáveis de mercado. Logo, podem acomodar “heavy tails”, “skewness” e outras características não normais que causam problemas para as aproximações paramétricas, incluindo a Simulação de Monte Carlo;

- Simulação Histórica pode ser modificada para permitir ponderações devido a eventos. Por exemplo, sazonalidade, tempo ou volatilidade;
- Há uma percepção entre os profissionais de riscos que a simulação histórica trabalha relativamente bem;
- Número limitado de avaliações da carteira;
- Não protege contra eventos extremos que não estão presentes no histórico.

E as desvantagens são:

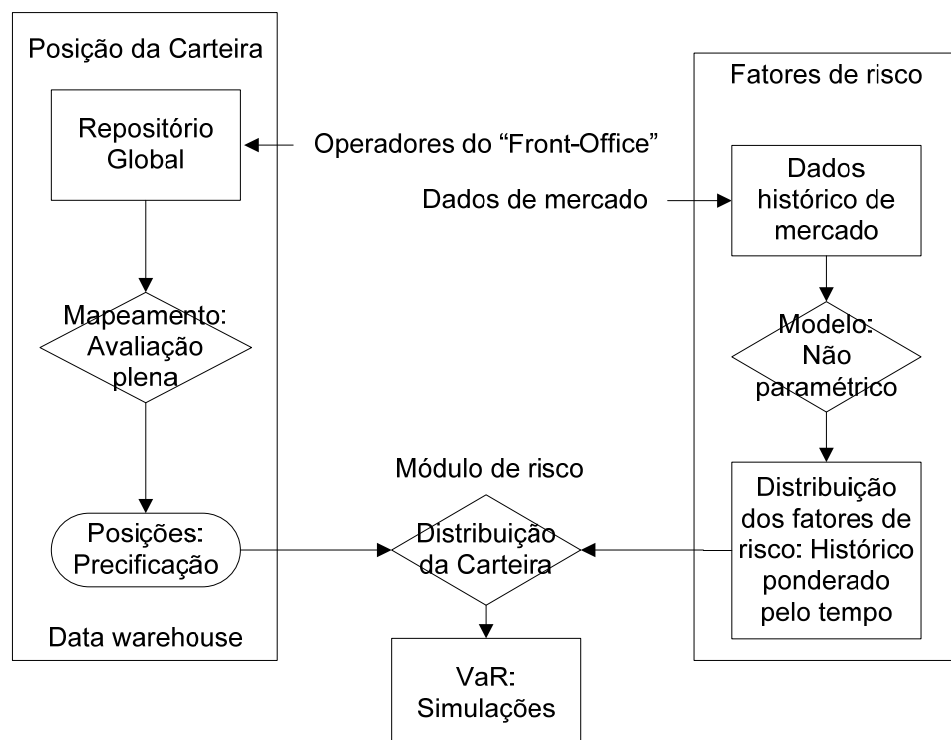
- Os resultados da Simulação Histórica dependem completamente do histórico de dados. Isto pode gerar problemas como:
 - ✓ Se o período contemplado pela série histórica for pouco volátil (ou muito volátil) e as condições de mercado tem mudado recentemente, a Simulação Histórica tenderá a produzir resultados muito baixo (ou alto) para os riscos atuais;
 - ✓ Lentidão para refletir eventos recentes. Por exemplo, aumento nos riscos associados às turbulências de mercado;
 - ✓ Dificuldade em lidar com mudanças estruturais. Por exemplo, mudança no regime de câmbio levará tempo para refletir a nova condição;
 - ✓ Passíveis de distorção por causa dos efeitos fantasmas, que são eventos que aconteceram e que não acontecerão mais, permanecendo no histórico e distorcendo a mensuração do VaR.
- Necessidade de uma série histórica longa para ter uma precisão aceitável. Sem isto, o resultado pode mudar ao longo do tempo. Por outro lado, séries longas podem criar certos problemas como:
 - ✓ Problemas com o efeito do tempo;
 - ✓ Resultado será distorcido pelos eventos passados que dificilmente acontecerão novamente e o efeito fantasma levará mais tempo para desaparecer;
 - ✓ Necessidade de mais tempo para refletir os eventos mais recentes no resultado;
 - ✓ Dificuldade para obtenção de dados históricos, principalmente os instrumentos financeiros novos ou emergentes.

2.2. Simulação Histórica Antitética pesos fixos

Um dos problemas apresentados pela Simulação Histórica simples é a tendência que os retornos (lucros e perdas) desta carteira apresentam. Uma solução para o problema de tendência da carteira é impor uma simetria na distribuição dos retornos da carteira através da inclusão do mesmo retorno usado na Simulação Histórica simples com sinal invertido, dobrando a série histórica dos retornos usados para a escolha do VaR através do percentil definido pelo intervalo de confiança α (HOLTON, 1998).

2.3. Simulação Histórica exponencial

Um dos problemas apresentados pela Simulação Histórica pesos fixos é a atribuição do mesmo peso para cada retorno histórico da carteira. Uma solução proposta é atribuir pesos diferentes para cada retorno histórico baseado no período de tempo que antecedeu ao momento atual, dando maior peso para retornos recentes e menor peso para retornos mais antigos.



Esquema 2 – Processo para mensuração do risco de mercado pela Simulação Histórica exponencial.

As etapas para mensuração do risco de mercado pela Simulação Histórica exponencial são:

- 1) Defina o intervalo de confiança α e o tamanho do histórico a ser usado.
Quanto maior, melhor;
- 2) Calcule os retornos (lucros e perdas) diários $R(t)$, $R(t-1)$, ..., $R(t-k+1)$ do histórico considerando a composição atual da carteira;
- 3) Associe os pesos $(\frac{1-\lambda}{1-\lambda^k})$, $(\frac{1-\lambda}{1-\lambda^k})\lambda$, ..., $(\frac{1-\lambda}{1-\lambda^k})\lambda^{k-1}$ respectivamente aos retornos diários $R(t)$, $R(t-1)$, ..., $R(t-k+1)$ dando maior peso para os retornos mais recentes e menor peso para retornos mais antigos (Boudoukh, Richardson and Whitelaw, 1998);
- 4) Ordene os retornos históricos diários em ordem crescente. Acumule os pesos associados aos retornos históricos diários da série ordenada e escolha o retorno que apresente o peso acumulado mais próximo do percentil definido pelo intervalo de confiança α . Este retorno escolhido é o VaR da carteira.

As vantagens são:

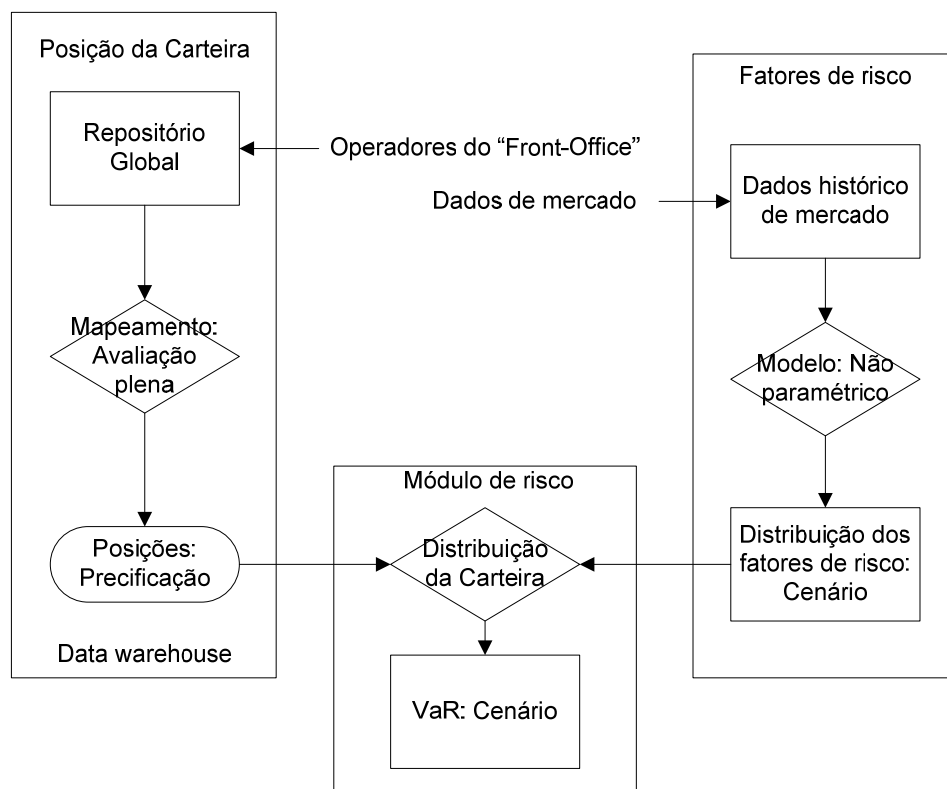
- Elimina o efeito fantasma com mais rapidez;
- Reflete os acontecimentos recentes com mais rapidez devido ao peso maior que é associado aos acontecimentos recentes em detrimento ao peso menor associado aos acontecimentos mais antigos;
- Mensura VaR com mais eficiência.

E as desvantagens são:

- Reage aos acontecimentos recentes do mercado sempre com atraso de um período;
- Necessidade de um histórico menor devido a associação de pesos, gerando menos precisão na mensuração do VaR.

2.4. Análise de Cenário

A Análise de Cenário é uma metodologia não paramétrica de mensuração de risco de mercado. Usamos os dados históricos na nossa análise de cenário, que considera um percentil, definido pelo intervalo de confiança α , da série ordenada dos retornos de cada ativo como sendo o atual cenário.



Esquema 3 – Processo para mensuração do risco de mercado pela Análise de Cenário.

Os passos para mensuração do risco de mercado pela Análise de Cenário são:

- 1) Defina o intervalo de confiança α e o tamanho do histórico a ser usado. Quanto maior, melhor;
- 2) Calcule os retornos (lucros e perdas) diários do histórico de cada ativo considerando a composição atual da carteira;

- 3) Ordene o retorno em ordem crescente e escolha o retorno correspondente ao percentil definido pelo intervalo de confiança α da série ordenada. Este retorno é o resultado do ativo analisado;
- 4) Repita as etapas 2 e 3 para cada ativo da carteira;
- 5) O VaR da carteira é a soma dos retornos de cada ativo.

Por exemplo:

Intervalo de confiança de 95%.

P&L diário do ativo A		==>	P&L diário do Ativo A	
8/1/2007	10		1/1/1900	-10
9/1/2007	-5		2/1/1900	-5
10/1/2007	3		26/1/2007	-4
11/1/2007	-10		2/2/2007	-4
12/1/2007	15		22/1/2007	-3
15/1/2007	-2		24/1/2007	-3
16/1/2007	-1		15/1/2007	-2
17/1/2007	20		16/1/2007	-1
18/1/2007	4		29/1/2007	-1
19/1/2007	2		30/1/2007	2
22/1/2007	-3		30/1/2007	2
23/1/2007	5		31/1/2007	3
24/1/2007	-3		31/1/2007	3
25/1/2007	7		1/2/2007	4
26/1/2007	-4		23/1/2007	5
29/1/2007	-1		25/1/2007	7
30/1/2007	2		1/2/2007	9
31/1/2007	3		8/1/2007	10
1/2/2007	9		9/1/2007	15
2/2/2007	-4		10/1/2007	20

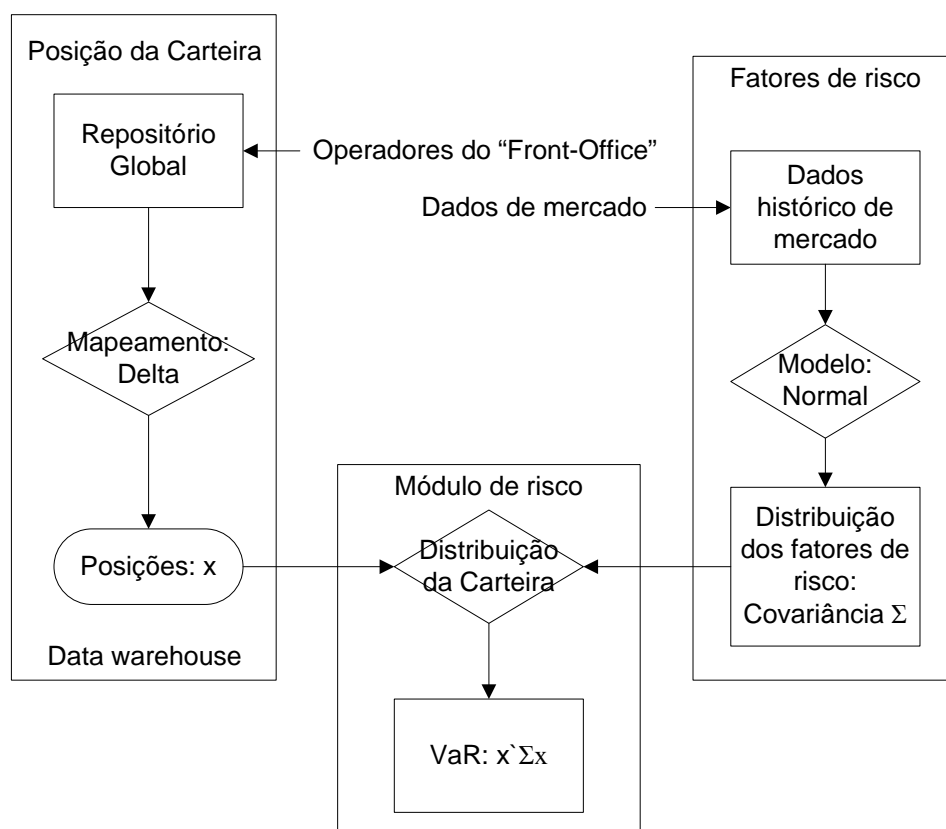
P&L diário do Ativo B		==>	P&L diário do Ativo B	
8/1/2007	5		1/1/1900	-10
9/1/2007	-10		2/1/1900	-4
10/1/2007	-3		3/1/1900	-3
11/1/2007	7		15/1/2007	-3
12/1/2007	15		30/1/2007	-3
15/1/2007	-3		31/1/2007	-2
16/1/2007	-4		22/1/2007	-1
17/1/2007	20		23/1/2007	-1
18/1/2007	5		24/1/2007	0
19/1/2007	3		25/1/2007	3
22/1/2007	-1		25/1/2007	3
23/1/2007	-1		29/1/2007	3

24/1/2007	0	1/2/2007	3
25/1/2007	3	8/1/2007	5
26/1/2007	5	9/1/2007	5
29/1/2007	3	26/1/2007	5
30/1/2007	-3	2/2/2007	6
31/1/2007	-2	3/2/2007	7
1/2/2007	3	4/2/2007	15
2/2/2007	6	5/2/2007	20

Logo, o VaR é **-20 ((-10) + (-10))** com intervalo de confiança de 95%.

2.5. VaR Delta-Normal pesos fixos

O VaR Delta-Normal pesos fixos, também conhecido como modelo de Variância-Covariância, é uma metodologia paramétrica de mensuração de risco de mercado. Atribui o mesmo peso para o histórico na estimativa dos parâmetros da metodologia.



Esquema 4 – Processo para mensuração do risco de mercado pelo VaR Delta-Normal pesos fixos.

Fonte: JORION, 2007, p.261.

As etapas para mensuração do risco de mercado pelo VaR Delta-Normal pesos fixos são:

- 1) Defina o intervalo de confiança α ;
- 2) Calcule a volatilidade σ de cada ativo da carteira. Monte uma matriz S nxn, onde n é o número de ativos da carteira. Os elementos da diagonal principal são os desvios padrão de cada ativo da carteira e o restante dos elementos da matriz é zero;

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{(k-1)} \sum_{s=t-k}^{t-1} (x_s - \mu)^2}$$

onde σ_t é o desvio padrão estimado da carteira no começo do dia t , k é o número de dias da janela móvel, x_s é a variação do valor da carteira no dia s e μ é a média do valor da carteira. Figlewski (1994) concluiu que a média μ assumindo o valor zero, ao invés da média da amostra, aumenta a precisão da previsão da volatilidade. Logo, μ sempre assume o valor zero.

- 3) Calcule a correlação entre os ativos da carteira e monte a matriz de correlações R;
- 4) Monte uma matriz x com os valores alocados em cada ativo;
- 5) Calcule $S'RS$, onde S' é a matriz transposta de S;
- 6) Multiplique o resultado da etapa anterior pela matriz x ($S'RSx$);
- 7) Multiplique a transposta da matriz x pelo resultado da etapa anterior ($x'S'RSx$);
- 8) Tire a raiz quadrada do resultado da etapa anterior;
- 9) Multiplique o resultado do passo anterior pelo inverso da distribuição normal padrão acumulada. O resultado é o VaR da carteira.

Por exemplo,

Intervalo de confiança de 95%

	S'			R (Matriz de correlação)			x
Ativo A	0,01	-	-	1,00	0,96	0,95	1.000.000,00
Ativo B	-	0,01	-	0,96	1,00	0,99	1.000.000,00
Ativo C	-	-	0,02	0,95	0,99	1,00	1.000.000,00

S'	R (Matriz de correlação)	S	S'RS = Result
0,01 - -	1,00 0,96 0,95	0,01 - -	0,00 0,00 0,00
- 0,01 -	0,96 1,00 0,99	- 0,01 -	0,00 0,00 0,00
- - 0,02	0,95 0,99 1,00	- - 0,02	0,00 0,00 0,00

S'RS	x	Postmultiplying S'RSx = Result
0,00 0,00 0,00	1.000.000,00	214,98
0,00 0,00 0,00	1.000.000,00	402,72
0,00 0,00 0,00	1.000.000,00	803,09

x'	Postmultiplying S'RSx	Premultiplying x'S'RSx = Result
1.000.000,00 1.000.000,00 1.000.000,00	214,98 402,72 803,09	1.420.783.676,20

Logo, o $VaR = 1,6448 * \sqrt{1.420.783.676,20} = 61.999,94$, com intervalo de confiança de 95%.

Algumas vantagens desta metodologia são;

- Relativamente simples;
- Necessidade de baixa tecnologia para implementação.

E as desvantagens são:

- Assume hipótese na distribuição normal dos retornos da carteira. Se a distribuição dos retornos não segue a hipótese assumida inicialmente pela metodologia, o VaR pode não corresponder as perdas da carteira devido a alterações nos preços de mercado.

2.6. VaR Delta-Normal exponencial (EWMA)

Uma dos problemas apresentados pelo VaR Delta-Normal pesos fixos é a estimação do desvio padrão baseado no histórico de cada ativo atribuindo pesos fixos. Isto causa lentidão para refletir mudanças nos cenários atuais de mercado, como aumento ou diminuição na volatilidade dos ativos, gerando VaR que não está

coerente com o cenário atual de mercado. Para minimizar este problema, foi introduzido um ajuste exponencial baseado no método EWMA (“Exponential Weighted Moving Average”) no cálculo do desvio padrão dos ativos, atribuindo maior peso ao retorno e desvio padrão mais recente:

$$\sigma_t = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{s=t-k}^{t-1} \lambda^{t-s-1} (x_s - \mu)^2}$$

onde λ é o fator de decaimento, que determina a taxa na qual os pesos das observações passadas decaem ao longo do tempo.

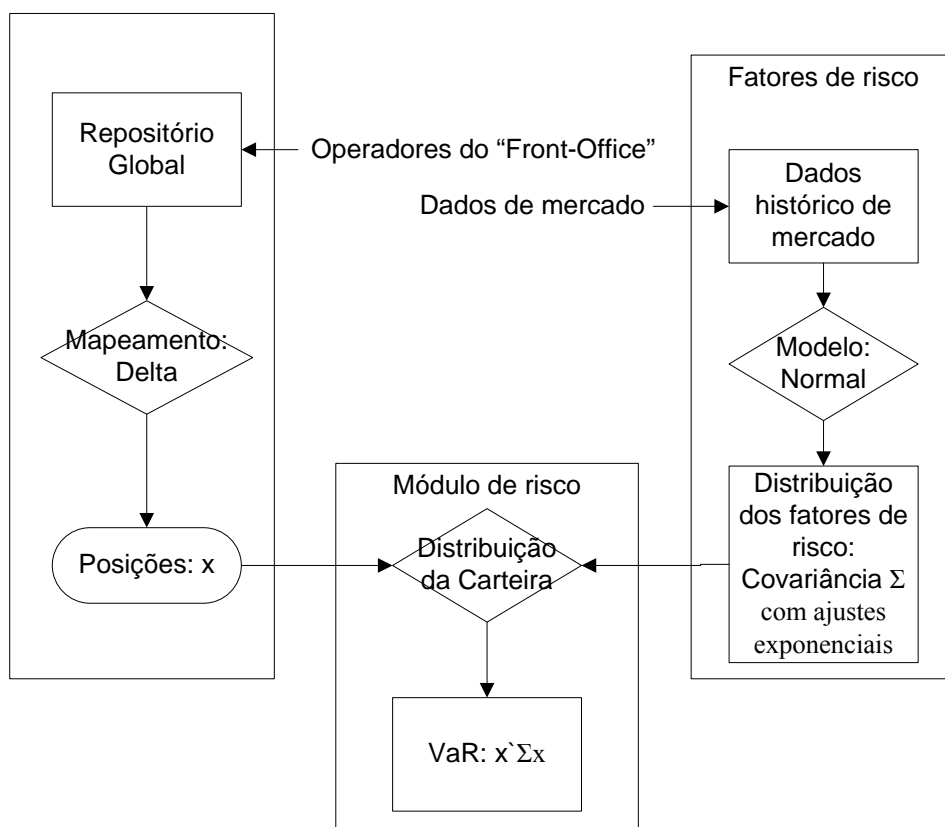
O método EWMA captura os movimentos de curto prazo na volatilidade. É equivalente ao método IGARCH(1,1), e pode ser representado pela seguinte expressão:

$$\sigma_t = \sqrt{\lambda \sigma_{t-1}^2 + (1-\lambda)(x_{t-1} - \mu)^2}$$

mostra que a média de ponderação exponencial num determinado dia é simplesmente a combinação de dois componentes. O primeiro componente é a média ponderada do dia anterior que recebe uma ponderação λ e o segundo é o desvio elevado ao quadrado que recebe uma ponderação de $(1-\lambda)$.

Esta metodologia é conhecida pelo mercado financeiro como método RiskMetrics™, que foi desenvolvida e usada inicialmente no banco de investimentos JP Morgan.

Foram realizados vários estudos empíricos no método RiskMetrics™ e chegaram na conclusão de que o fator de decaimento λ , que melhor reflete o risco de mercado da carteira, é 0,94.

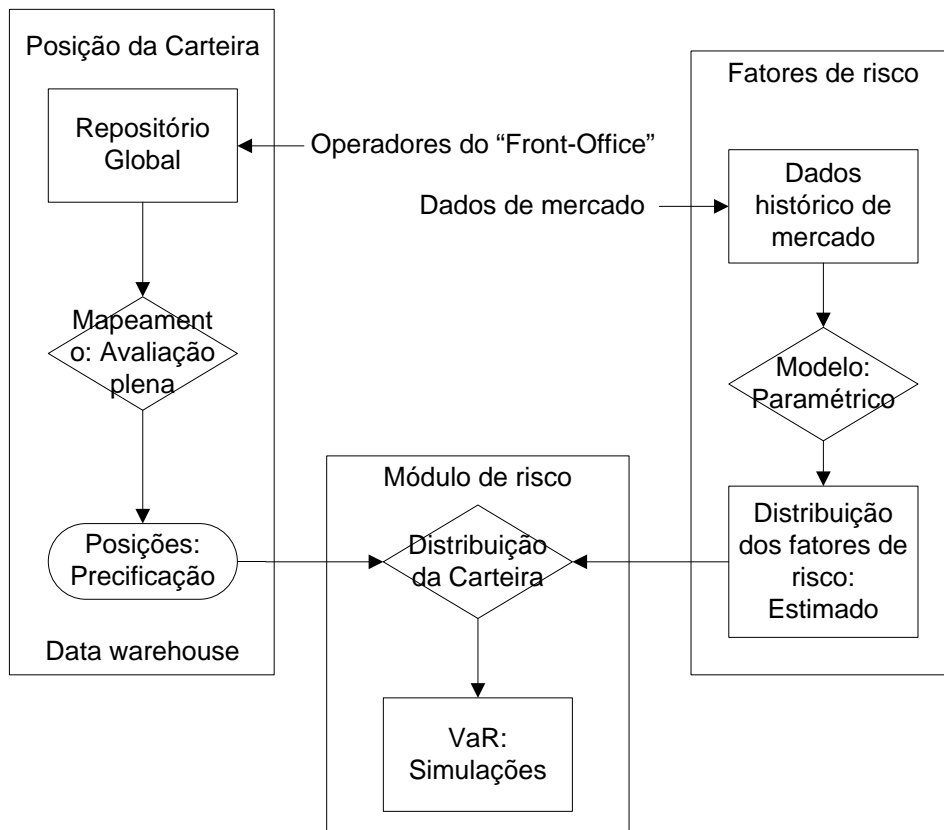


Esquema 5 – Processo para mensuração do risco de mercado pelo VaR Delta-Normal exponencial (EWMA).

As etapas para mensuração do risco de mercado pelo VaR Delta-Normal exponencial (EWMA) seguem as mesmas etapas da metodologia VaR Delta-Normal pesos fixos. A diferença está na estimação da volatilidade σ dos ativos que dá mais peso a eventos recentes.

2.7. Simulação de Monte Carlo pesos fixos

A Simulação de Monte Carlo pesos fixos é uma metodologia paramétrica de mensuração de risco de mercado. Com base no processo estocástico escolhido, preço atual do ativo, volatilidade σ , tendência μ e período de tempo Δt , este processo estocástico é simulado inúmeras vezes para determinar o preço futuro do ativo.



Esquema 6 – Processo para mensuração do risco de mercado pela Simulação de Monte Carlo pesos fixos.

Fonte: JORION, 2007, p.266.

As etapas para mensuração do risco de mercado pela Simulação de Monte Carlo pesos fixos são:

- 1) Defina o intervalo de confiança α ;
- 2) Escolha o processo estocástico a ser simulado para o preço do fator de risco S ;
- 3) Calcule a volatilidade σ e a tendência μ de cada fator de risco da carteira;
- 4) Gere números aleatórios com distribuição normal padrão representando o fator de risco num horizonte alvo S_t , onde $S_t = S_0 \exp[(\mu - \sigma^2 / 2)T + \sigma\phi(T)\sqrt{T}]$, S_0 é o preço presente do ativo, μ é a tendência, σ é a volatilidade, T é o período de tempo e $\phi(T)$ é o número aleatório representando o movimento browniano (DOWD, 2005, pg. 215). Os números aleatórios devem ser uniformes e independentes;
- 5) Calcule o valor da carteira neste horizonte $F_t(S_t)$;

6) Repita 10.000 vezes os passos 4 e 5.

Estas etapas criam as distribuições de valores, $F_t^1, F_t^2, \dots, F_t^k$, que podem ser ordenadas para derivar o VaR. Escolha o valor que corresponde ao percentil definido pelo intervalo de confiança α da série ordenada. O VaR é o retorno escolhido.

Como o número de simulações é grande, o percentil dos dados tende a aproximar-se do percentil da população.

Para isto, devemos calibrar o modelo adequadamente pois:

- Assumindo distribuição normal, precisamos encontrar as médias, desvios padrões e correlações;
- Mesmo com um modelo bom, ainda assim podemos falhar em capturar possíveis interações entre os dados;
- Podemos capturar faixas maiores do comportamento do mercado;
- Podemos lidar com ativos não lineares e seus resultados dependem do caminho percorrido pelo ativo, incluindo resultados de instrumentos financeiros sofisticados;
- Podemos capturar riscos de cenários atuais que não envolvam movimentos extremos de mercado;
- Podemos fornecer detalhes nos impactos de cenários extremos que acontecem nas caudas das distribuições;
- É fácil avaliarmos cenários específicos que são baseados em considerações geopolíticas e outras situações difíceis de serem quantificadas.

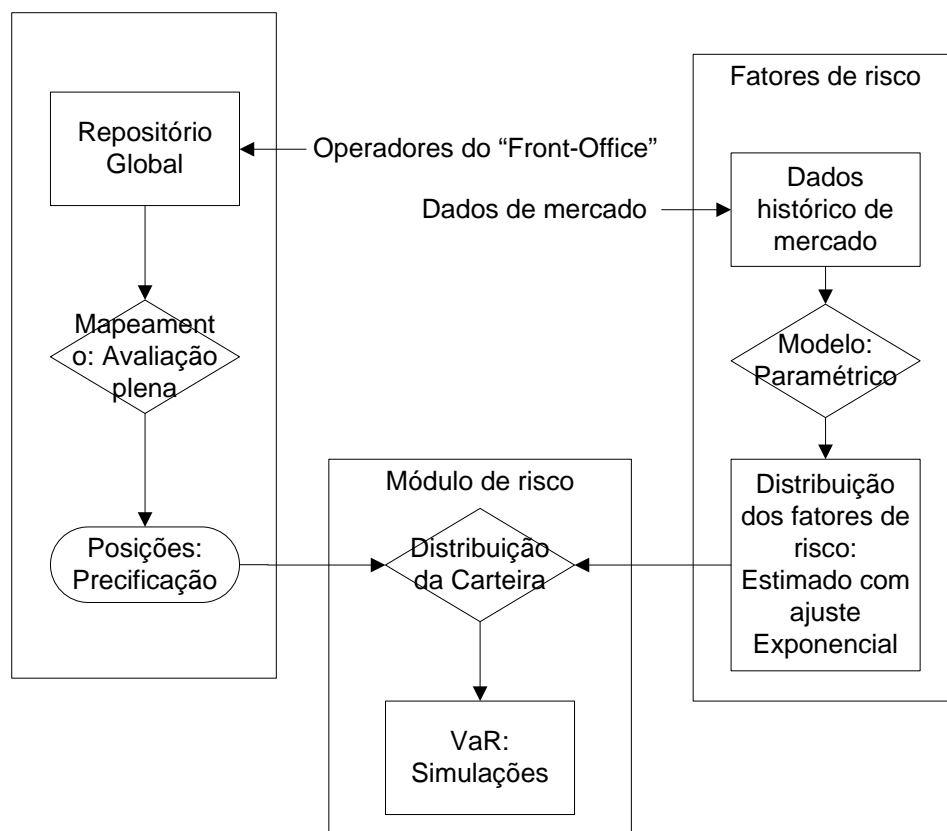
Algumas desvantagens desta metodologia são:

- Uso intensivo do computador através de elevados números de simulações para proteger contra eventos pouco prováveis;
- Se o portfólio é composto de muitos ativos ou de ativos complexos, a simulação de Monte Carlo é demorada;
- Assume hipótese na distribuição dos retornos da carteira;

- Os profissionais não especializados consideram esta metodologia complexa, comparando-a como uma caixa preta, e sua credibilidade depende dos profissionais especializados em gerar estes números.

2.8. Simulação de Monte Carlo exponencial

A Simulação de Monte Carlo exponencial é uma metodologia paramétrica de mensuração de risco de mercado. Com base no processo estocástico escolhido, preço atual do ativo, volatilidade σ , tendência μ e período de tempo Δt , este processo estocástico é simulado inúmeras vezes para determinar o preço futuro do ativo.



Esquema 7 – Processo para mensuração do risco de mercado pela Simulação de Monte Carlo exponencial.

As etapas para mensuração do risco de mercado pela Simulação de Monte Carlo exponencial são basicamente as mesmas etapas da Simulação de Monte Carlo pesos fixos. A diferença está na estimação da volatilidade σ dos ativos que dá mais peso a eventos recentes.

3. ESTUDO DE CASO

Durante o período estudado (1999 a 2006), algumas crises mundiais afetaram direta ou indiretamente o mercado financeiro brasileiro e consequentemente os valores dos seus ativos e o resultado deste trabalho:

- 1999: Dia 1º de janeiro, começou o 2º mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso. Logo no início do mês, o governador mineiro Itamar Franco anunciou a moratória do estado de Minas Gerais. Fortes pressões especulativas contra o Real geraram acentuadas perdas da reserva internacional do governo brasileiro, principalmente após o anúncio do governo sobre a possibilidade de uma mudança na política cambial através de uma desvalorização. Os juros dispararam no mercado futuro (BM&F). No dia 13, substituição do presidente do Banco Central do Brasil (entrou Chico Lopes e saiu Gustavo Franco) e desvalorização cambial de 8,3% dentro do sistema de bandas. No dia 15, aconteceram novas perdas acentuadas de reserva internacional e liberalização do câmbio. No dia 28, crise cambial grave após o fracasso de uma tentativa de mudança gradual na banda cambial. Demissão do Chico Lopes na presidência do Banco Central do Brasil e forte desvalorização cambial que vai de R\$ 1,20 à R\$ 2,00 em apenas quarenta e cinco dias. Armínio Fraga entrou na presidência do Banco Central do Brasil elevando as taxas de juros SELIC para 45% a.a.. Implantação do câmbio flutuante. A Câmara aprovou a volta da CPMF em março. Ao longo do mês, fortes pressões sobre o câmbio. O governo adotou novas medidas de ajuste fiscal com aumento da alíquota do IOF e CPMF, IR, IPI, lucro líquido, imposto sobre remessas ao exterior, prorrogação do FEF (Fundo de Estabilização Fiscal). Em julho, implantou o sistema de Metas de Inflação que estabeleceu a meta de 8% para 1999. Com base nos fundamentos macroeconômicos, a confiança no mercado financeiro foi sendo retornada.
- 2000: A bolha especulativa das empresas pontocom na Nasdaq estourou em Abril;
- 2001: Crise energética brasileira, crise argentina que começou em Março e ataque terrorista nos Estados Unidos em 11 de Setembro;

- 2002: Calote argentino em Janeiro e início do período de eleição presidencial em Maio causou nervosismo no mercado acionário brasileiro. Os investidores estrangeiros fugiram das aplicações em ações e buscaram proteção no dólar, causando desvalorização cambial e queda generalizada no valor das ações. A expectativa de alta na inflação brasileira fez o COPOM aumentar as taxas SELIC a partir de Outubro;
- 2004: Início do último ciclo de aperto monetário no Brasil. A política monetária do governo em aumentar a taxa básica de juros SELIC para controlar a inflação causou volatilidade no mercado financeiro brasileiro e as taxas de juros dos títulos públicos subiram.
- 2006: Temor de aperto de juros mais forte nos Estados Unidos em Maio.

A avaliação das metodologias de mensuração de risco de mercado pode ser abordada de duas maneiras. A primeira envolve comparação “ex-ante” VaR com “ex-post” retornos (lucros e perdas) e a segunda envolve retornos (lucros e perdas) hipotéticos assumindo posições estáticas da carteira no período analisado.

Os resultados excedem com frequência o VaR mensurado na primeira maneira. Os principais motivos são:

- Imprecisão nos dados históricos de mercado e/ou na estimação dos parâmetros;
- Posições negociadas não são consolidadas no VaR;
- Problemas na estimação do desvio padrão da carteira, carteira composta por muitos ativos não lineares e/ou padrão de distribuição dos retornos não seguem uma distribuição normal resultando em VaR estimado com imprecisão através de técnicas analíticas;
- Geração de cenários para Simulação de Monte Carlo que falham nas características implícitas dos parâmetros estimados;
- Séries históricas imprecisas ou insuficientes na mensuração do VaR através da Simulação Histórica;
- Retornos intradiários não foram considerados na mensuração do VaR.

Enquanto a segunda maneira avalia o VaR com os retornos hipotéticos considerando a posição estática do início do dia e revalorizados com os preços de mercado no final do dia. Isto elimina os efeitos das operações intradiárias.

Aplicamos a segunda maneira na comparação das metodologias de mensuração de risco de mercado, ou seja, as carteiras foram congeladas durante o período analisado, mantendo prazos de vencimento dos títulos públicos e valores alocados em cada ativo da carteira fixos, para cálculo dos retornos (lucros e perdas) hipotéticos.

Aplicamos as 8 metodologias apresentadas nas 3 carteiras composta de ativos brasileiros, que são:

3.1. Carteira de Renda Fixa

A carteira de renda fixa é composta por 3 títulos públicos:

- Valor de face de R\$ 10.000.000,00 com vencimento de 6 meses;
- Valor de face de R\$ 5.000.000,00 com vencimento de 1 ano;
- Valor de face de R\$ 2.500.000,00 com vencimento de 2 anos.

Não incluímos títulos com vencimentos mais longos nesta carteira, pois o mercado financeiro brasileiro não dispunha de títulos com vencimentos acima de 2 anos desde o período inicial do estudo.

Conforme as boas práticas adotadas pelo mercado, marcamos a mercado os títulos públicos da carteira para efeito de cálculo dos retornos.

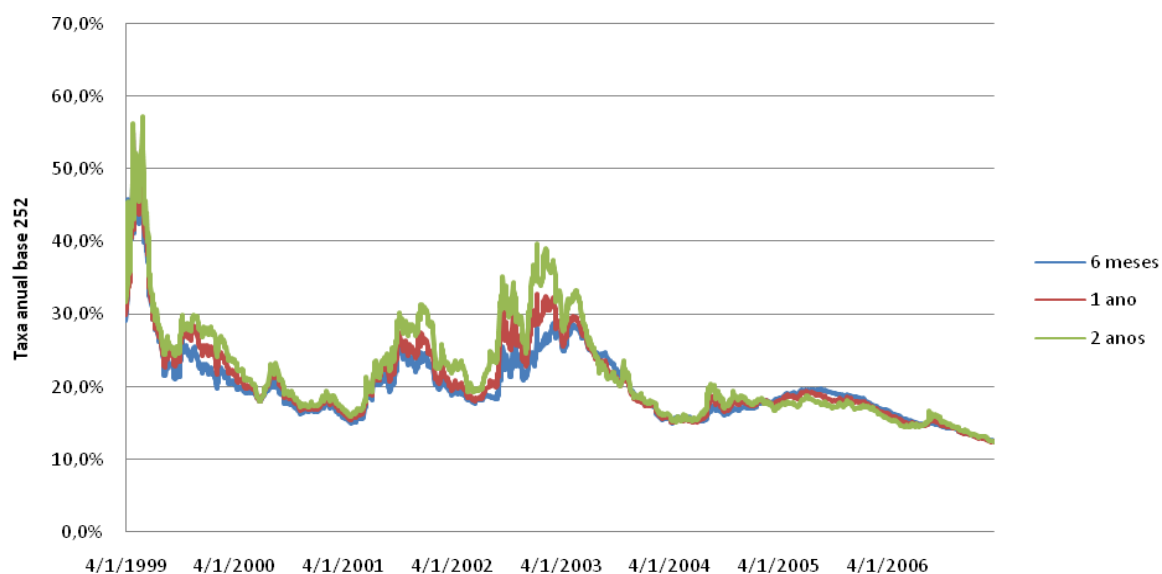


Gráfico 1 - Evolução da taxa negociada dos títulos públicos, 1999-2006.
Fonte: BANCO CREDIT SUISSE.

A volatilidade nas taxas de juros dos títulos da carteira causaram lucros e perdas diários, ilustrados no gráfico abaixo.

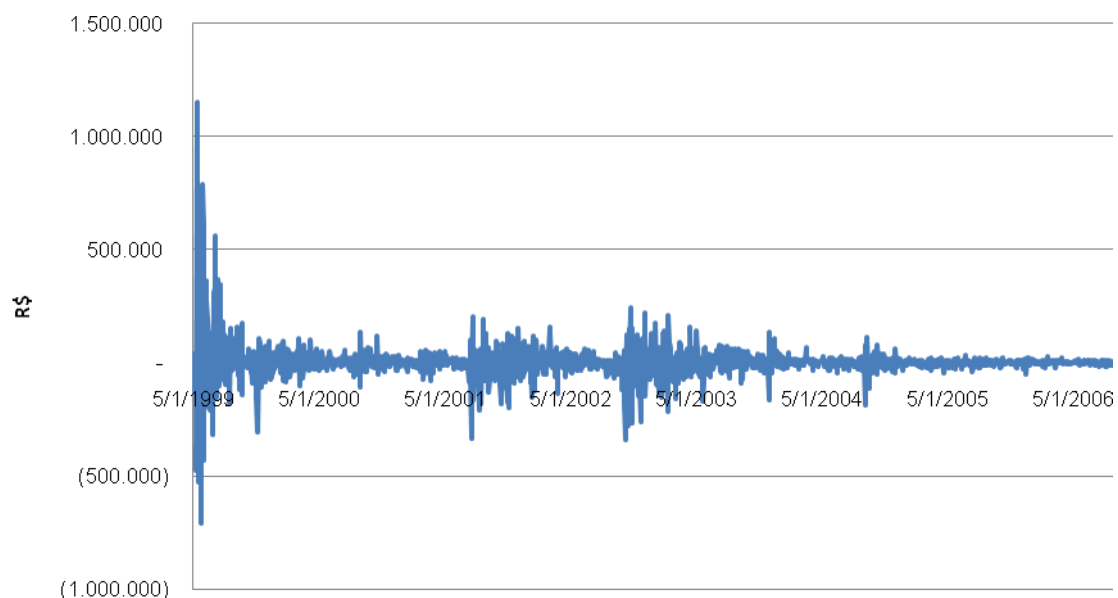


Gráfico 2 – Lucros e Perdas da carteira de renda fixa, 1999-2006.

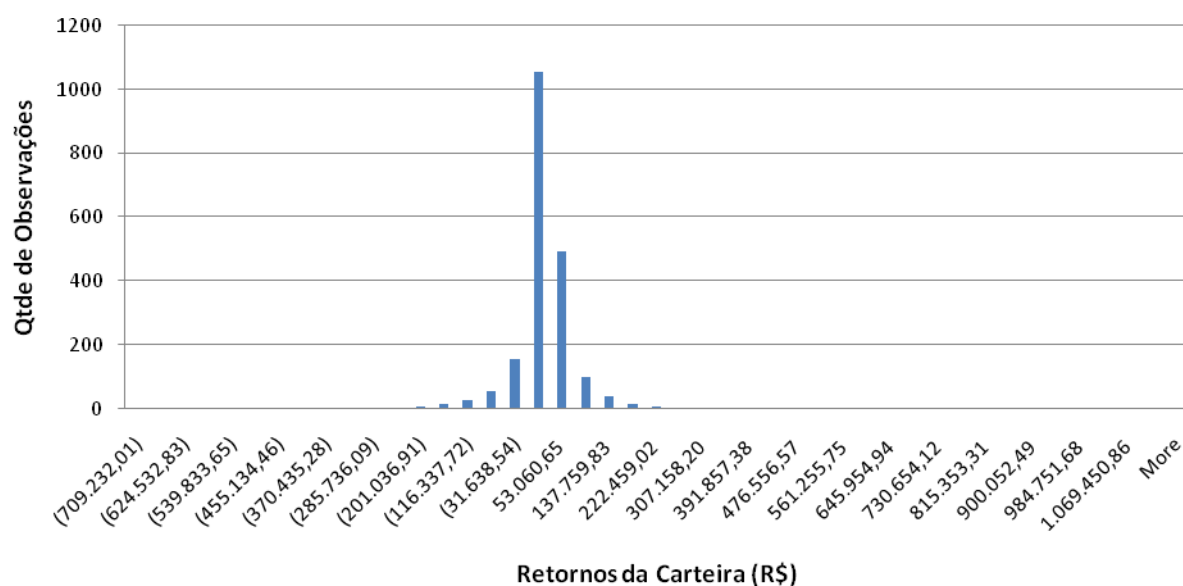


Gráfico 3 – Histograma dos retornos da carteira de renda fixa, 1999-2006.

3.2. Carteira de Renda Variável

A carteira de renda variável é composta de 5 ações mais líquidas da BOVESPA:

- R\$ 1.000.000,00 em Petrobrás PN (PETR4);
- R\$ 1.000.000,00 em Copel PN (CPLE6);
- R\$ 1.000.000,00 em Telesp PN (TLPP4);
- R\$ 1.000.000,00 em Bradesco PN (BBDC4);
- R\$ 1.000.000,00 em Cesp ON (CESP3).

Elas representam respectivamente os setores de prospecção de petróleo, de distribuição de energia, de telecomunicação, de serviço financeiro e de geração de energia.

Não consideramos o efeito da distribuição de dividendo destas ações na mensuração dos retornos e consequentemente do risco de mercado.

Durante o período analisado, a Petrobrás anunciou 2 eventos corporativos. O primeiro foi o grupamento de ações em 23/05/2000 com fator de agrupamento 100/1.

Enquanto o segundo foi o desdobramento de ações em 22/07/2005 com fator de agrupamento 300.



Gráfico 4 - Evolução do preço da ação Petrobrás PN (PETR4) após ajustes de eventos corporativos, 1999-2006.

Fonte: BOVESPA

Não houve evento corporativo na ação Copel PN durante o período estudado.

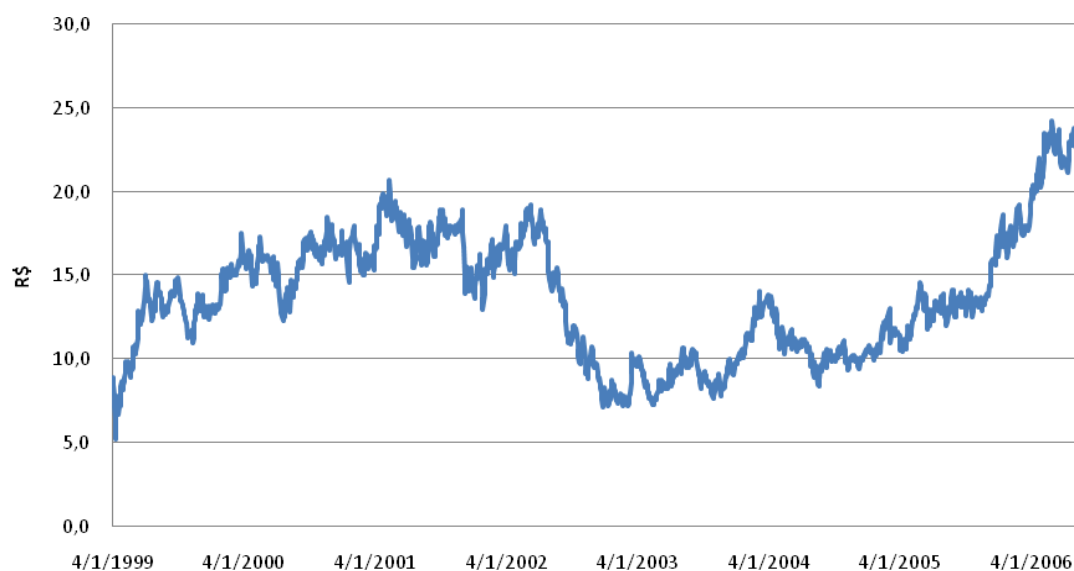


Gráfico 5 - Evolução do preço da ação Copel PN (CPLE6), 1999-2006.

Fonte: BOVESPA

A Telesp anunciou 2 eventos corporativos. O primeiro foi a cisão de ações em 30/01/2001 com fator de agrupamento 100. Enquanto o segundo foi o grupamento de ações em 11/05/2005 com fator de agrupamento 1.000/1.



Gráfico 6 - Evolução do preço da ação Telesp PN (TLPP4) após ajustes de eventos corporativos, 1999-2006.

Fonte: BOVESPA

O Bradesco anunciou 5 eventos corporativos. O primeiro foi a cisão de ações em 30/03/2000 com fator de agrupamento 100. O segundo foi o desdobramento de ações em 22/12/2000 com fator de agrupamento 20. O terceiro foi o grupamento de ações em 17/12/2003 com fator de agrupamento 10.000/1. O quarto foi o desdobramento de ações em 09/12/2004 com fator de agrupamento 200. E o quinto foi à bonificação de ações em 11/11/2005 com fator de agrupamento 100.



Gráfico 7 - Evolução do preço da ação Bradesco PN (BBDC4) após ajustes de eventos corporativos, 1999-2006.
Fonte: BOVESPA

A Cesp anunciou apenas 1 evento corporativo, que foi a cisão de ações em 26/03/1999 com fator de agrupamento 100.



Gráfico 8 - Evolução do preço da ação Cesp ON (CESP3) após ajustes de eventos corporativos, 1999-2006.
Fonte: BOVESPA

A volatilidade no valor das ações desta carteira causou lucros e perdas diários, ilustrados no gráfico abaixo.

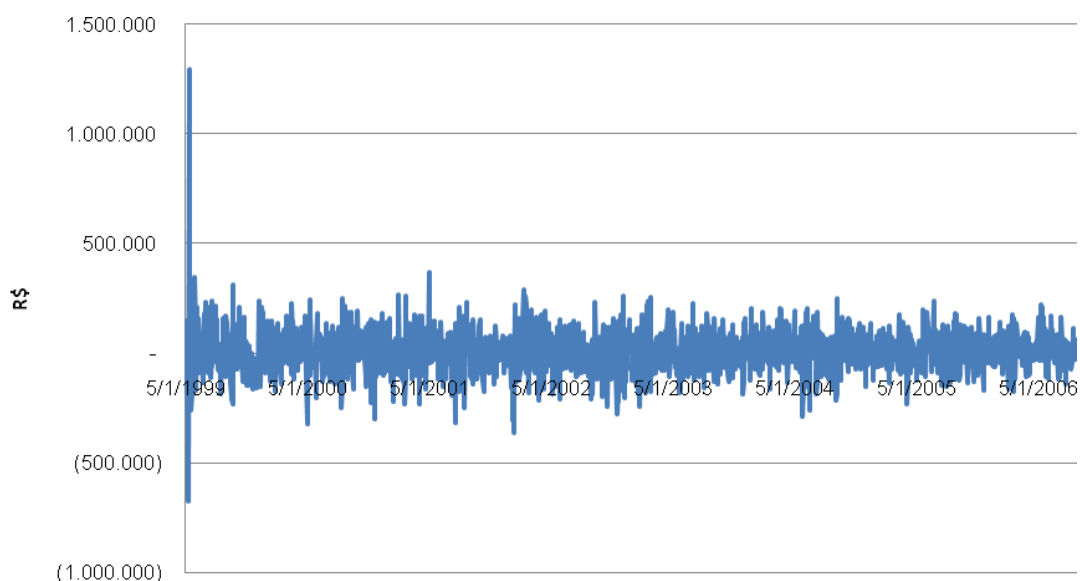


Gráfico 9 – Lucros e Perdas da carteira de renda variável, 1999-2006.

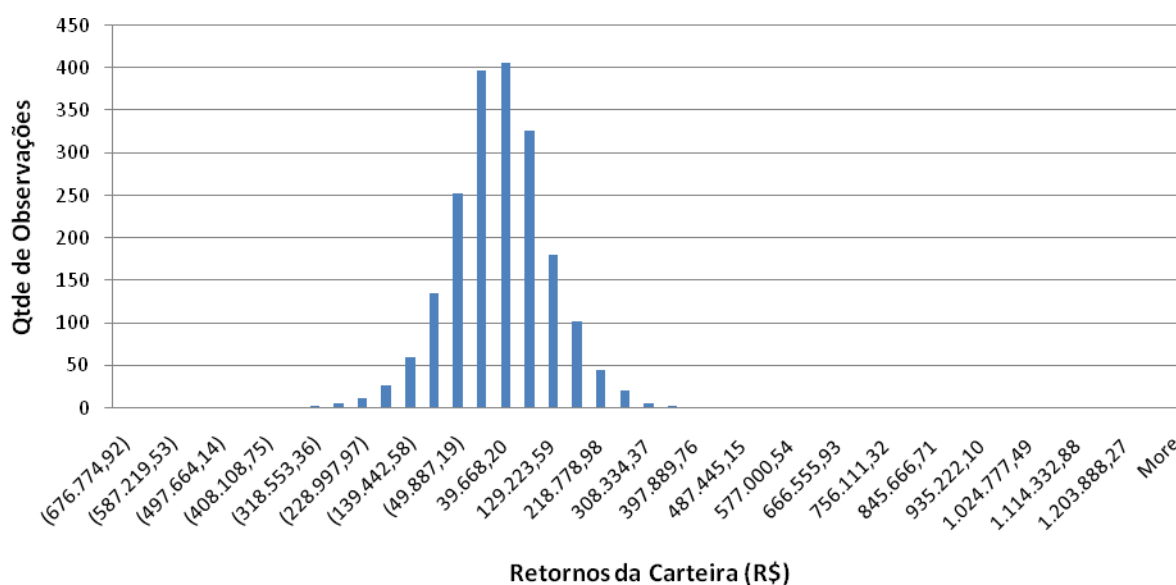


Gráfico 10 – Histograma dos retornos da carteira de renda variável, 1999-2006.

3.3. Carteira de Renda Mista

A carteira de renda mista é composta dos mesmos ativos que compõe as carteiras de renda fixa e renda variável:

- Valor de face de R\$ 10.000.000,00 em título público com vencimento de 6 meses;

- Valor de face de R\$ 5.000.000,00 em título público com vencimento de 1 ano;
- Valor de face de R\$ 2.500.000,00 em título público com vencimento de 2 anos;
- R\$ 1.000.000,00 em ação da Petrobrás PN (PETR4);
- R\$ 1.000.000,00 em ação da Copel PN (CPLE6);
- R\$ 1.000.000,00 em ação da Telesp PN (TLPP4);
- R\$ 1.000.000,00 em ação da Bradesco PN (BBDC4);
- R\$ 1.000.000,00 em ação da Cesp ON (CESP3).

A volatilidade nos preços dos ativos desta carteira causou lucros e perdas diários, ilustrados no gráfico abaixo.

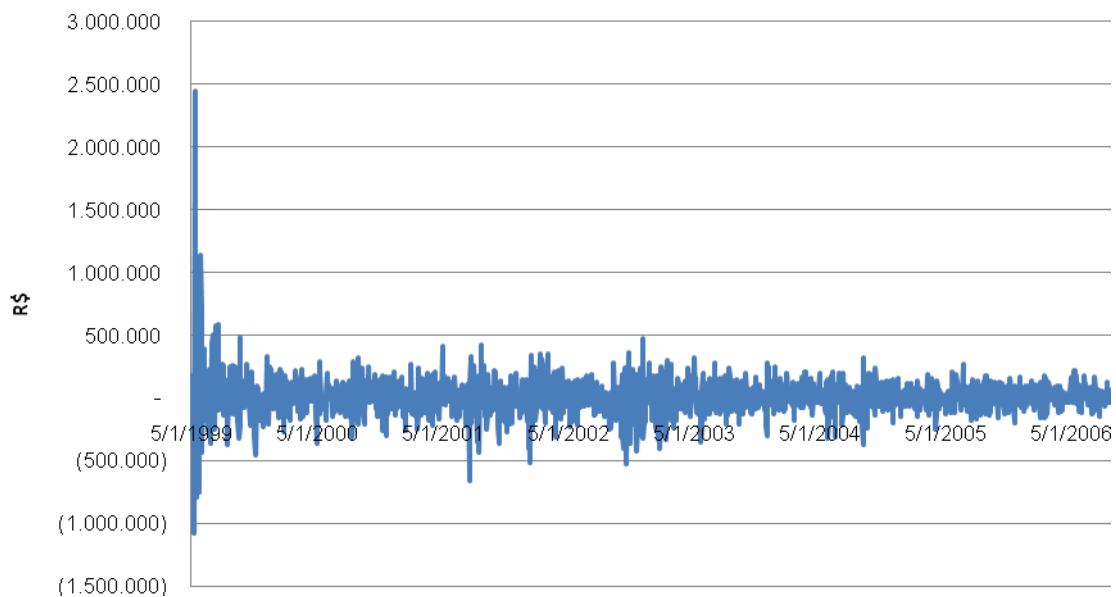


Gráfico 11 – Lucros e perdas da carteira de renda mista, 1999-2006.

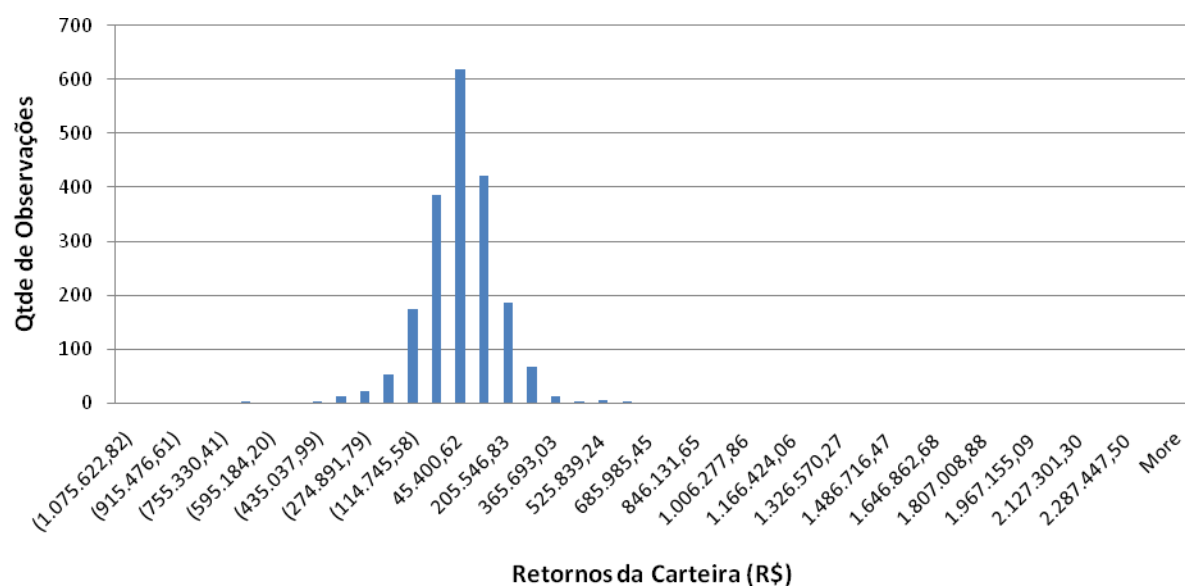


Gráfico 12 – Histograma dos retornos da carteira de renda mista. 1999-2006.

4. RESULTADOS

Os parâmetros usados para a mensuração do risco de mercado foram: período de tempo Δt de 1 dia útil, intervalo de confiança α de 95% e 99%, histórico de 250 dias úteis, estimação da volatilidade σ e correlação μ baseada neste histórico e λ (fator de decaimento) de 0,94, sugerido pelo RiskMetrics™. A periodicidade de atualização dos parâmetros usada nas metodologias foi diária para melhor refletir a dinâmica do mercado. O primeiro VaR calculado foi 03/01/2000 e o último 28/12/2006.

Para efeito de mensuração do VaR de todas as carteiras do presente trabalho, desconsideramos os custos de oportunidade dos retornos diários, uma vez que as suas dimensões são desprezíveis quando comparadas às suas respectivas volatilidades diárias.

Para propósitos regulatórios, bancos devem usar um histórico de no mínimo um ano.

4.1. Simulação Histórica pesos fixos

4.1.1. Carteira de Renda Fixa

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2004), que foram os anos onde as taxas de juros aumentaram devido ao aumento da volatilidade nos ativos do mercado financeiro. Para os anos de 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 26, 18 e 15 exceções.

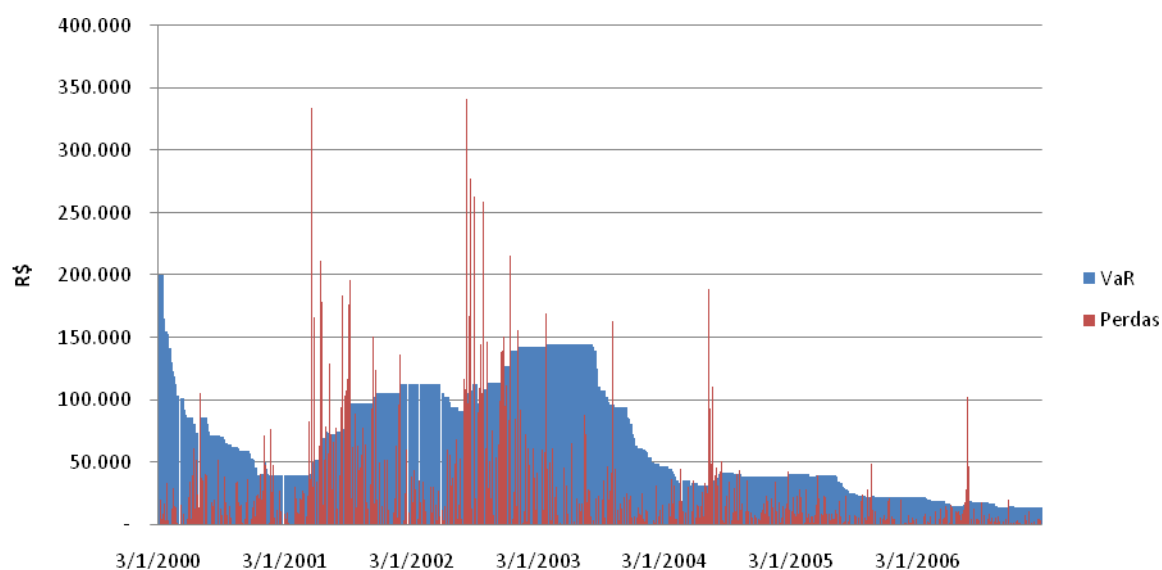


Gráfico 13 - Simulação Histórica pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 1 – Simulação Histórica pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	7	26	18	2	15	4	7	79
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	2,82%	10,57%	7,23%	0,80%	6,02%	1,61%	2,85%	4,55%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2006). Para os anos de 2001, 2002 e 2006 tivemos respectivamente 4, 4 e 3 exceções.

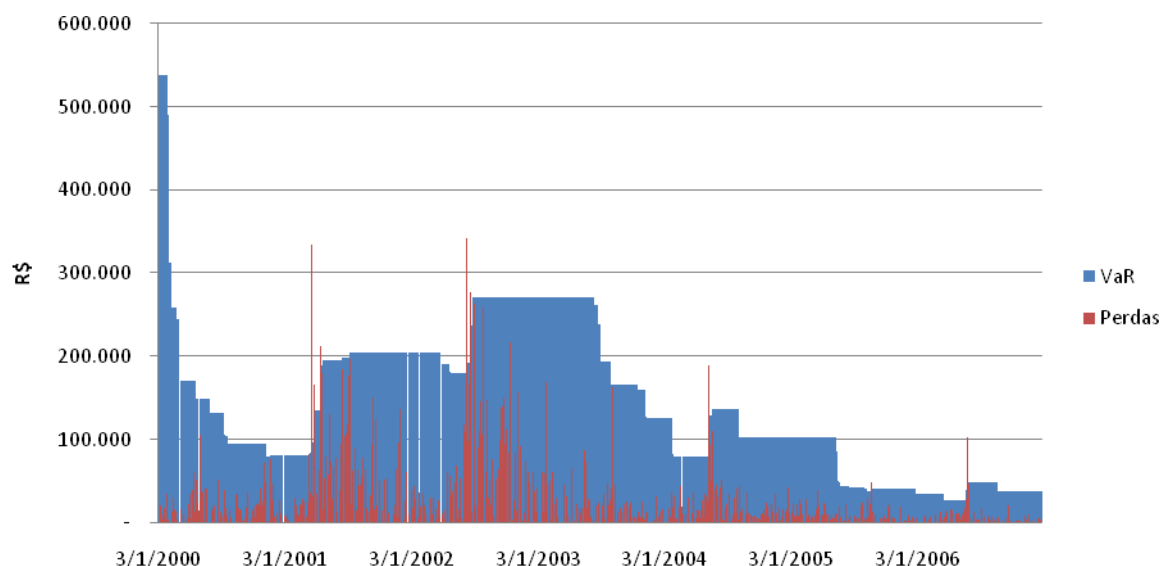


Gráfico 14 - Simulação Histórica pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 2 – Simulação Histórica pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	4	4	-	1	1	3	13
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	1,63%	1,61%	0,00%	0,40%	0,40%	1,22%	0,75%

4.1.2. Carteira de Renda Variável

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 4 anos (2000, 2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2000, 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 14, 13, 13 e 14 exceções.

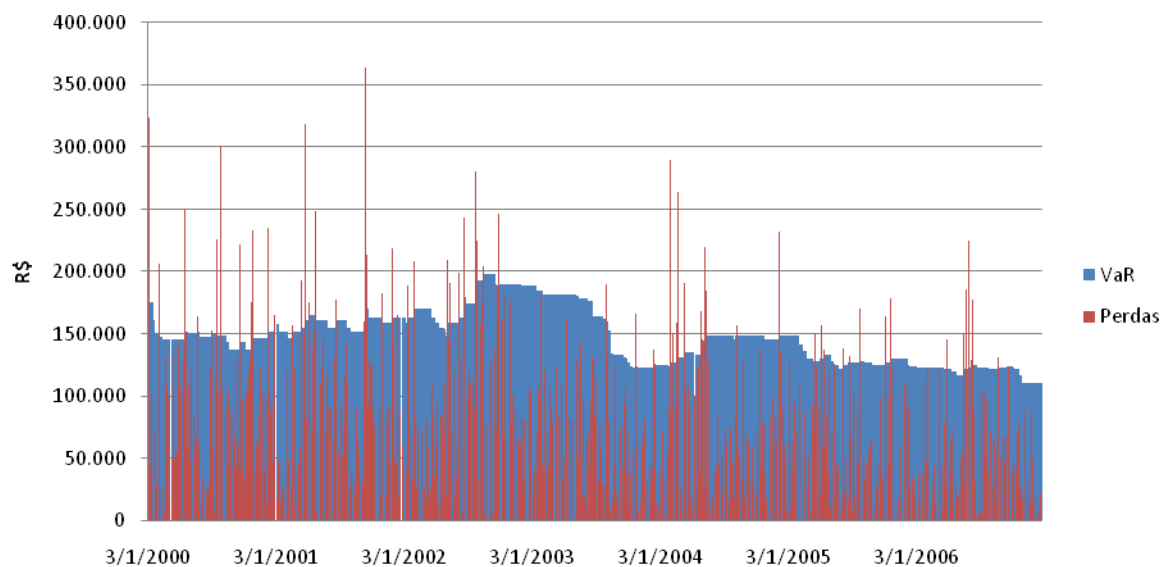


Gráfico 15 - Simulação Histórica pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 3 – Simulação Histórica pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	14	13	13	4	14	10	10	78
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	5,65%	5,28%	5,22%	1,60%	5,62%	4,02%	4,07%	4,49%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 2 anos (2001 e 2005). Para os anos de 2001 e 2005 tivemos respectivamente 3 e 3 exceções.

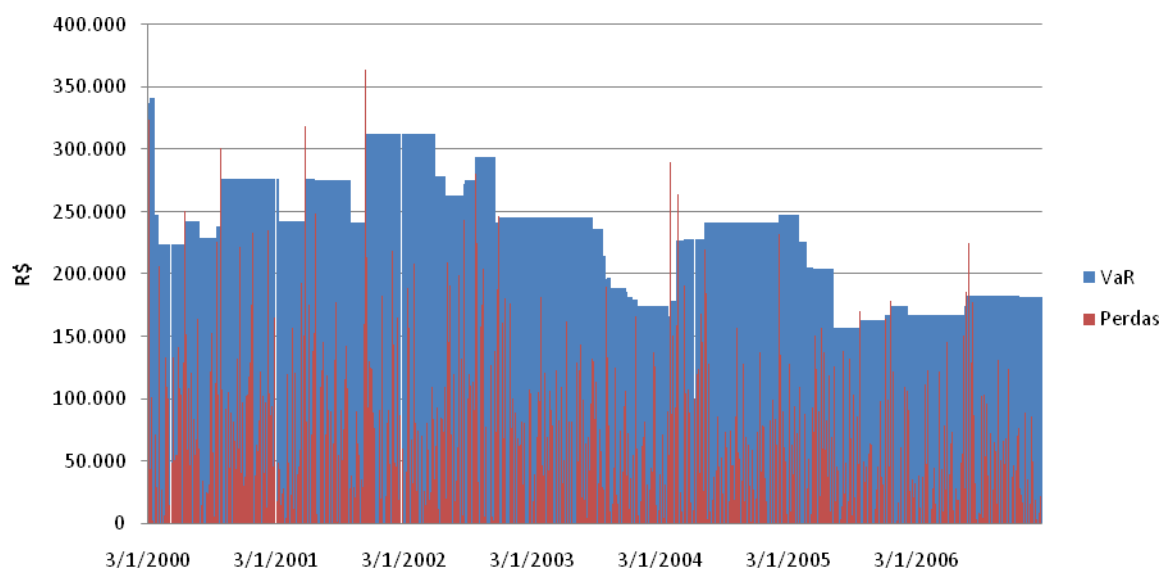


Gráfico 16 - Simulação Histórica pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 4 – Simulação Histórica pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	2	3	2	-	2	3	2	14
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,81%	1,22%	0,80%	0,00%	0,80%	1,20%	0,81%	0,81%

4.1.3. Carteira de Renda Mista

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 17, 15 e 16 exceções.

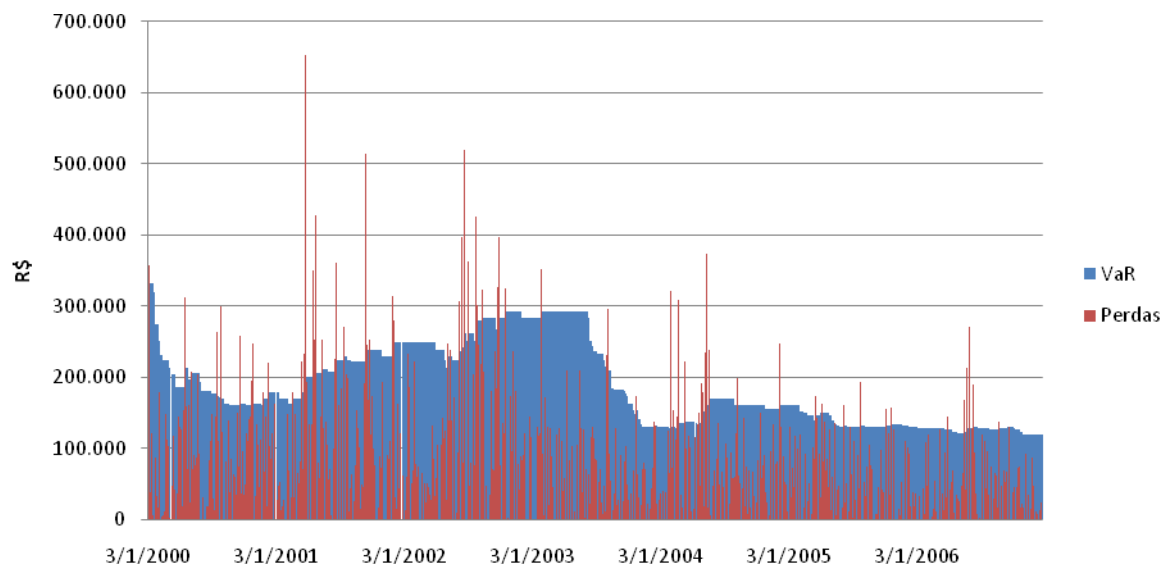


Gráfico 17 - Simulação Histórica pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 5 – Simulação Histórica pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	11	17	15	6	16	10	9	84
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	4,44%	6,91%	6,02%	2,40%	6,43%	4,02%	3,66%	4,84%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2004 e 2006). Para os anos de 2001, 2004 e 2006 tivemos respectivamente 5, 3 e 3 exceções.

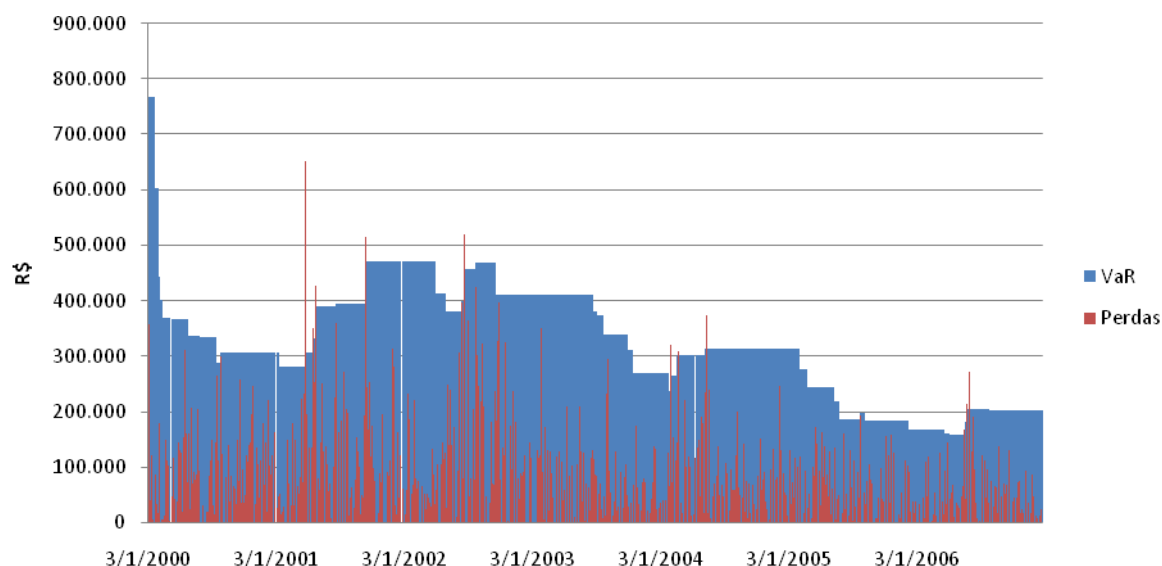


Gráfico 18 - Simulação Histórica pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 6 – Simulação Histórica pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	1	5	2	-	3	1	3	15
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,40%	2,03%	0,80%	0,00%	1,20%	0,40%	1,22%	0,86%

4.2. Simulação Histórica Antitética pesos fixos

4.2.1. Carteira de Renda Fixa

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 2 anos (2001 e 2002), que foram os anos onde as taxas de juros aumentaram devido ao aumento da volatilidade nos ativos do mercado financeiro. Para os anos de 2001 e 2002 tivemos respectivamente 28 e 19 exceções.

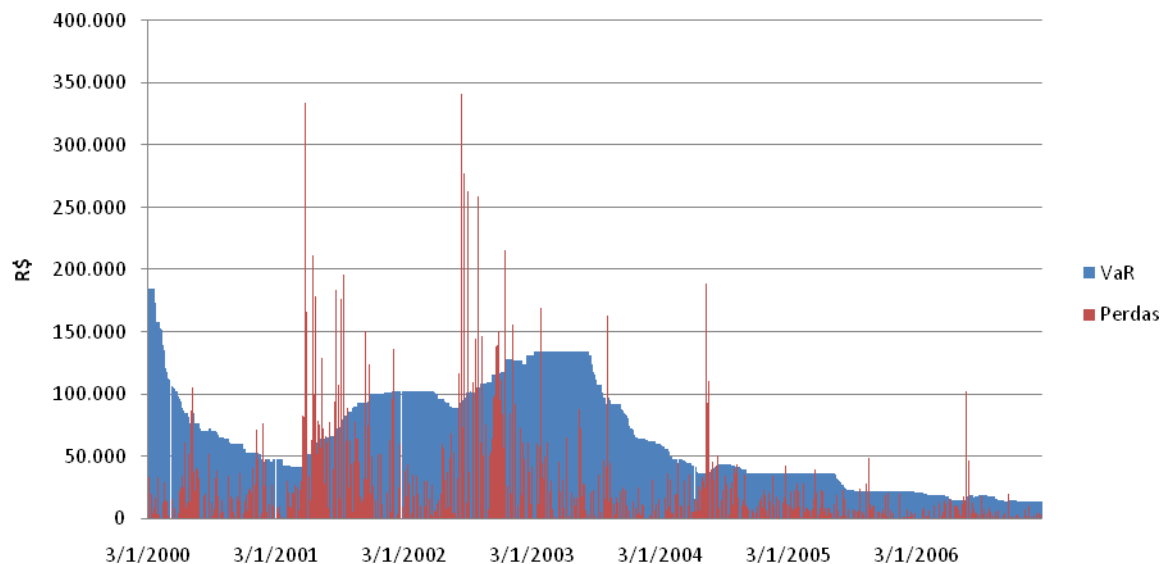


Gráfico 19 - Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 7 – Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	5	28	19	2	11	5	6	76
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	2,02%	11,38%	7,63%	0,80%	4,42%	2,01%	2,44%	4,38%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2006). Para os anos de 2001, 2002 e 2006 tivemos respectivamente 7, 5 e 3 exceções.

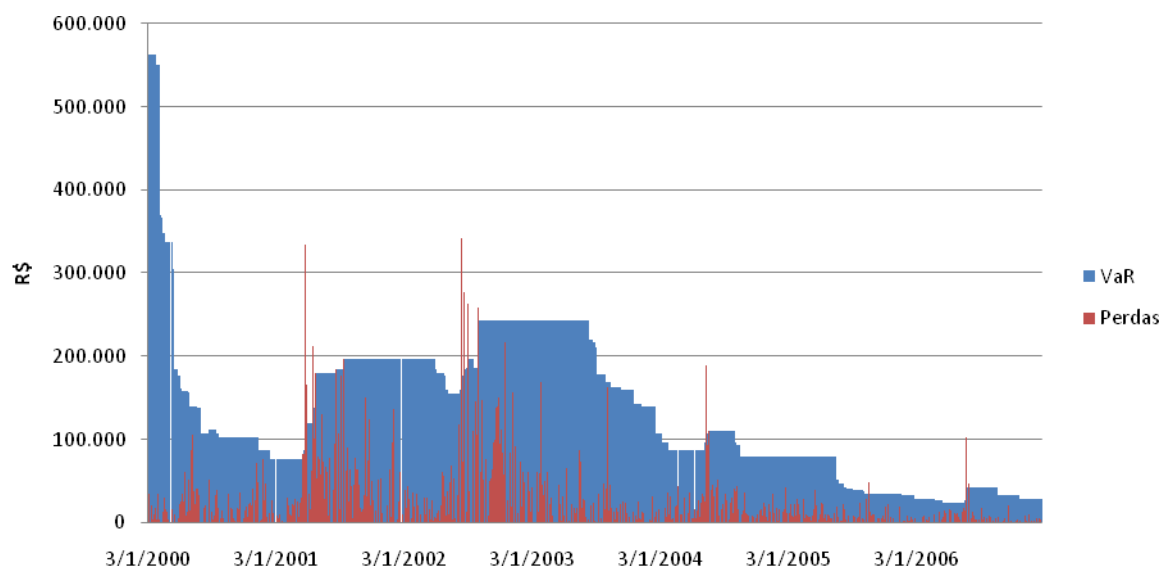


Gráfico 20 - Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 8 – Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	7	5	-	2	1	3	18
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	2,85%	2,01%	0,00%	0,80%	0,40%	1,22%	1,04%

4.2.2. Carteira de Renda Variável

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 13, 17 e 14 exceções.

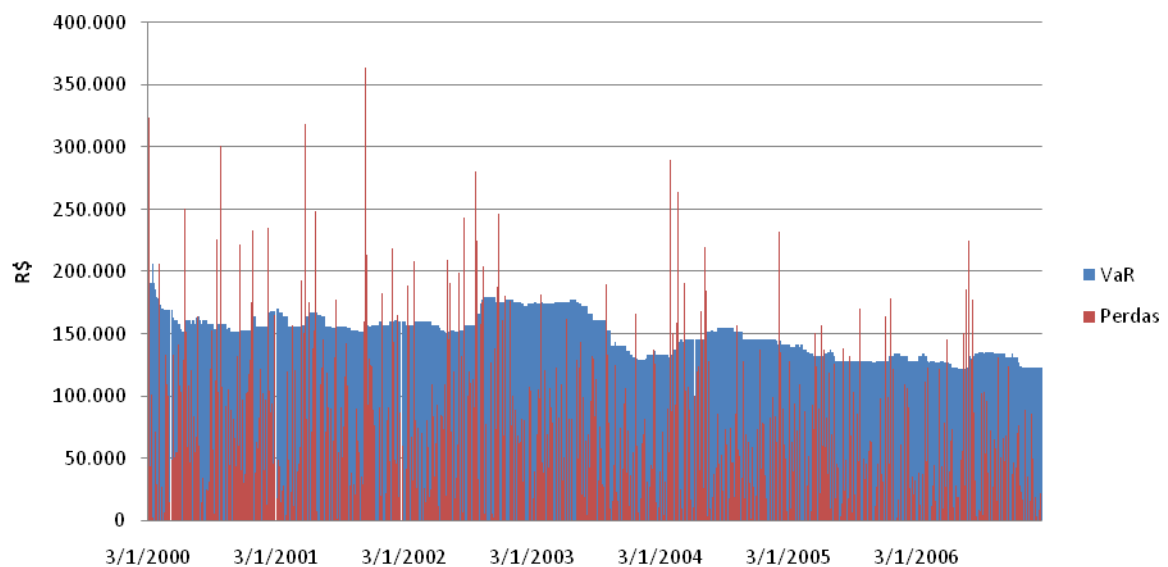


Gráfico 21 - Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 9 – Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	11	13	17	4	14	9	6	74
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	4,44%	5,28%	6,83%	1,60%	5,62%	3,61%	2,44%	4,26%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 4 anos (2000, 2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2000, 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 3, 3, 4 e 4 exceções.

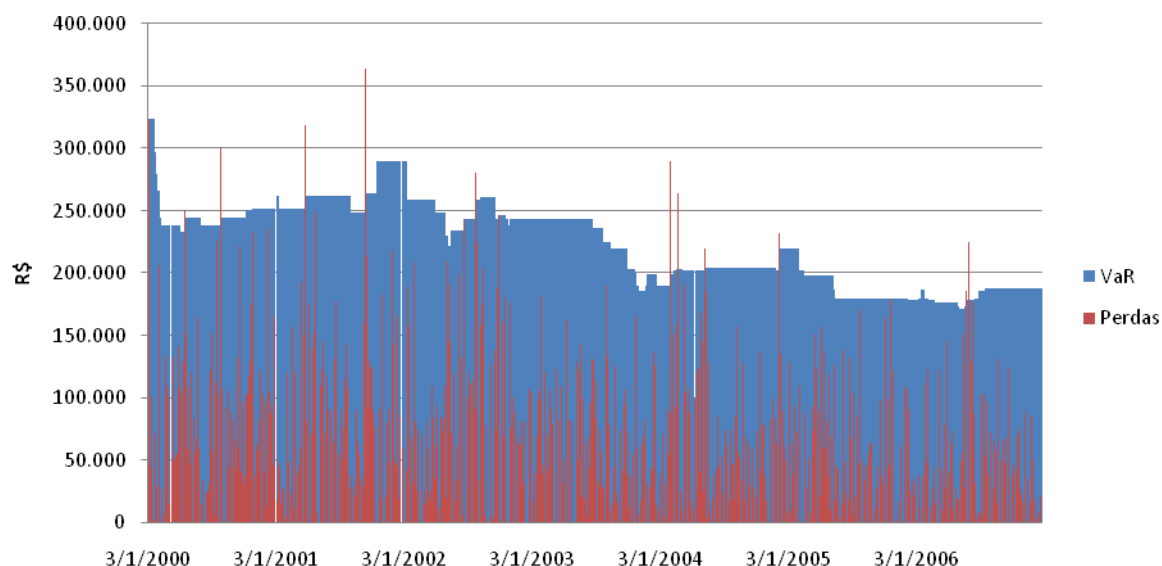


Gráfico 22 - Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 10 – Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	3	3	4	-	4	-	2	16
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	1,21%	1,22%	1,61%	0,00%	1,61%	0,00%	0,81%	0,92%

4.2.3. Carteira de Renda Mista

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 2 anos (2001 e 2002). Para os anos de 2001 e 2002 tivemos respectivamente 16 e 17 exceções.

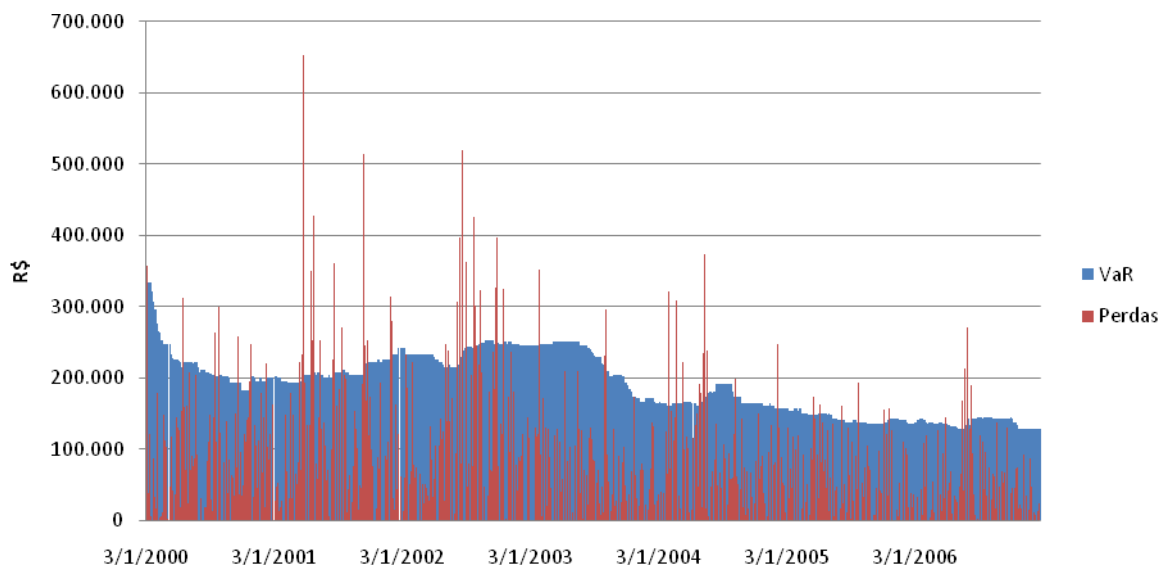


Gráfico 23 - Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 11 – Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	9	16	17	4	12	8	6	72
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	3,63%	6,50%	6,83%	1,60%	4,82%	3,21%	2,44%	4,15%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 6, 5 e 4 exceções.

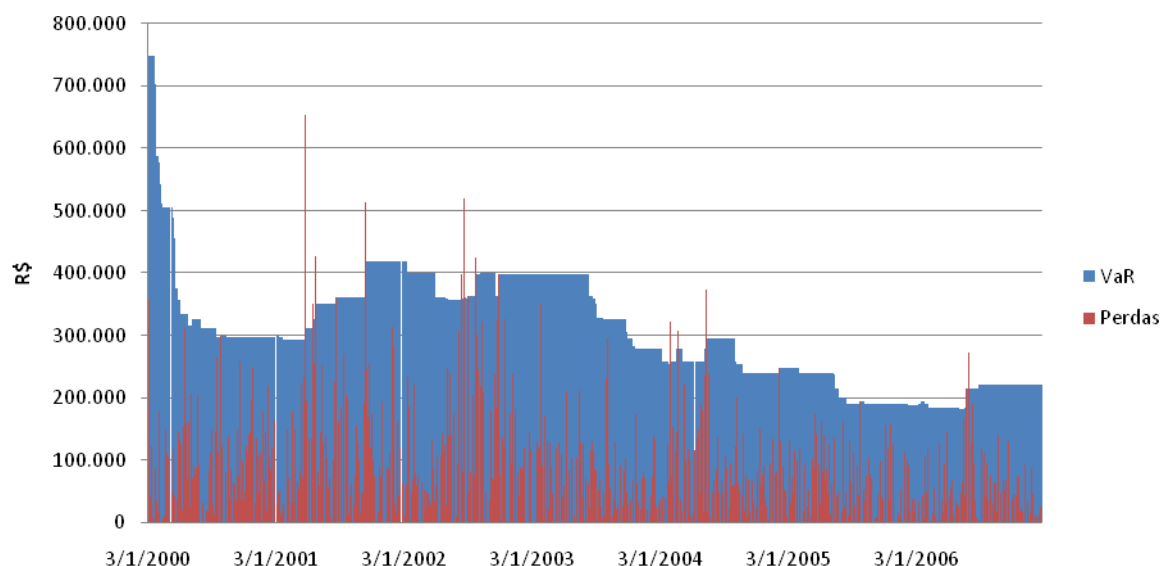


Gráfico 24 - Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 12 – Simulação Histórica Antitética pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	1	6	5	-	4	1	2	19
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,40%	2,44%	2,01%	0,00%	1,61%	0,40%	0,81%	1,09%

4.3. Simulação Histórica exponencial

4.3.1. Carteira de Renda Fixa

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 6 anos (2000, 2001, 2002, 2004, 2005 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2004, 2005 e 2006 tivemos respectivamente 22, 16, 14, 15, 15 e 18 exceções.

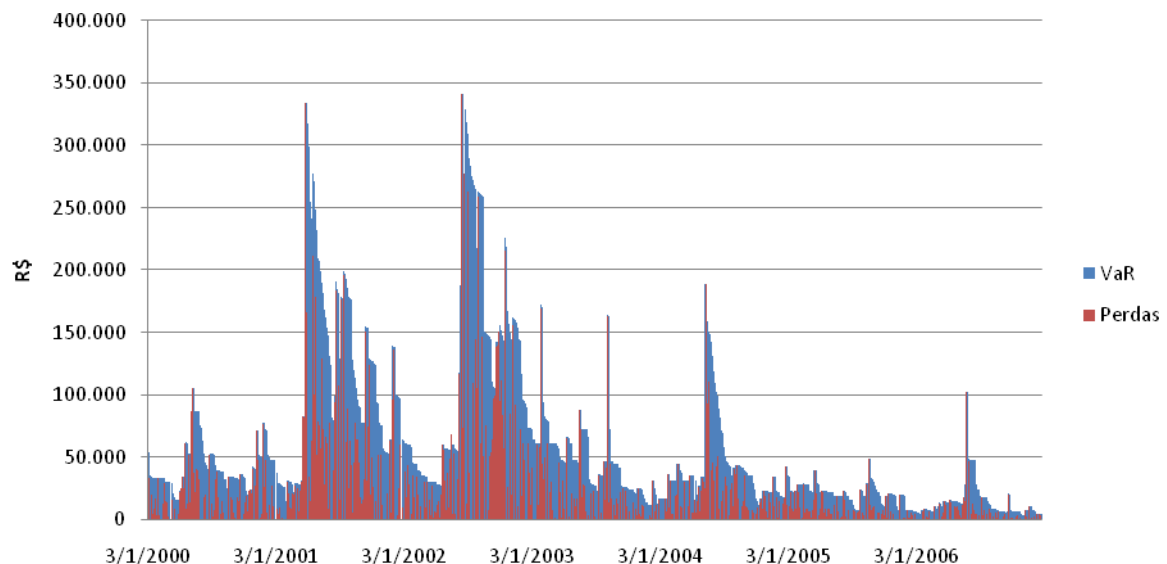


Gráfico 25 - Simulação Histórica exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 13 – Simulação Histórica exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	22	16	14	11	15	15	18	111
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	8,87%	6,50%	5,62%	4,40%	6,02%	6,02%	7,32%	6,39%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em todos os anos (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006). Para os anos 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006 tivemos respectivamente 10, 5, 6, 6, 5, 5 e 9 exceções.

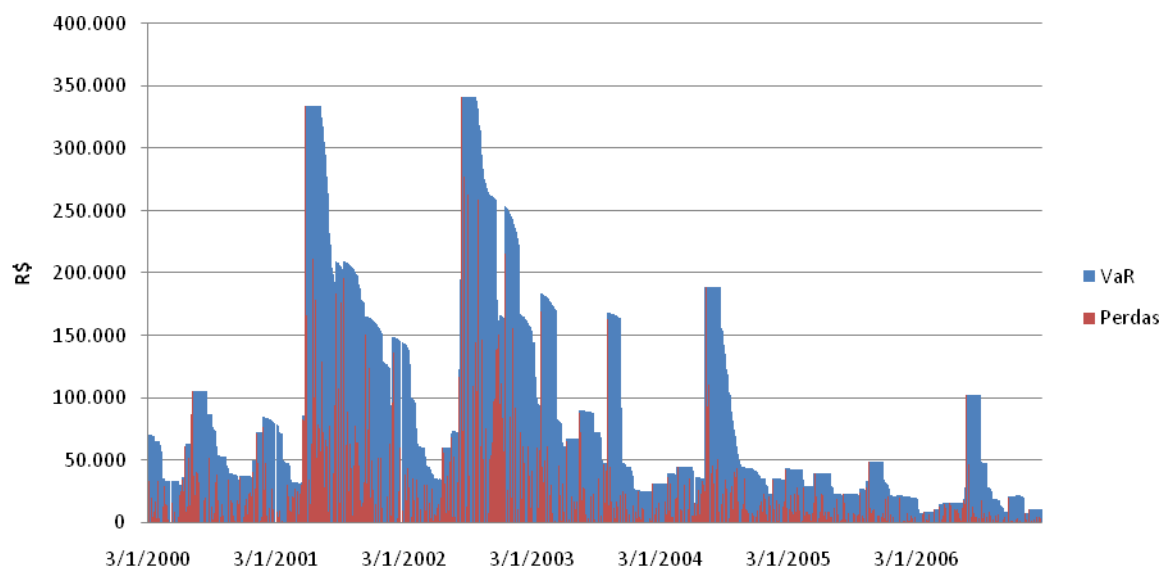


Gráfico 26 - Simulação Histórica exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 14 – Simulação Histórica exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	10	5	6	6	5	5	9	46
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	4,03%	2,03%	2,41%	2,40%	2,01%	2,01%	3,66%	2,65%

4.3.2. Carteira de Renda Variável

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 5 anos (2000, 2001, 2002, 2004 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2004 e 2006 tivemos respectivamente 22, 14, 13, 19 e 14 exceções.

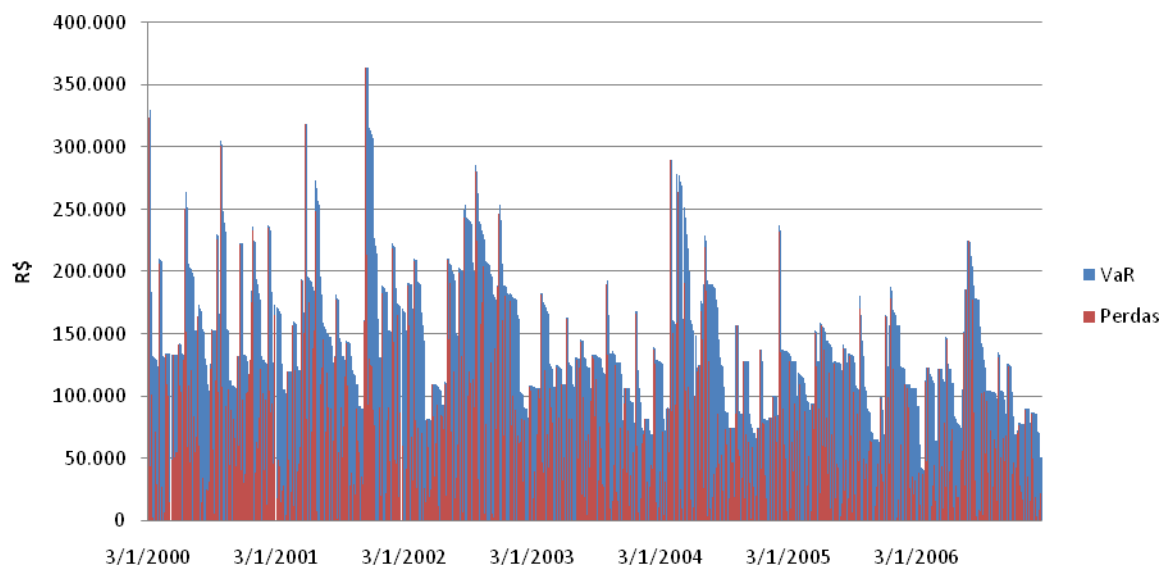


Gráfico 27 - Simulação Histórica exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 15 – Simulação Histórica exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	22	14	13	12	19	12	14	106
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	8,87%	5,69%	5,22%	4,80%	7,63%	4,82%	5,69%	6,10%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em todos os anos (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006 tivemos respectivamente 10, 6, 6, 5, 5, 5 e 7 exceções.

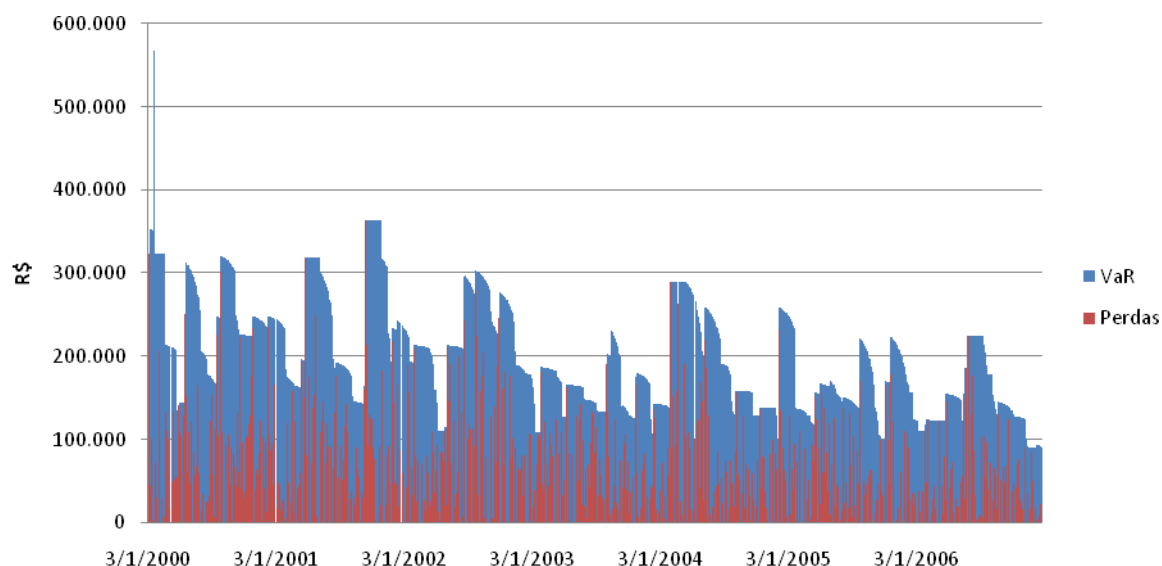


Gráfico 28 - Simulação Histórica exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 16 – Simulação Histórica exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	10	6	6	5	5	5	7	44
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	4,03%	2,44%	2,41%	2,00%	2,01%	2,01%	2,85%	2,53%

4.3.3. Carteira de Renda Mista

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 5 anos (2000, 2001, 2002, 2004 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2004 e 2006 tivemos respectivamente 19, 14, 13, 19 e 13 exceções.

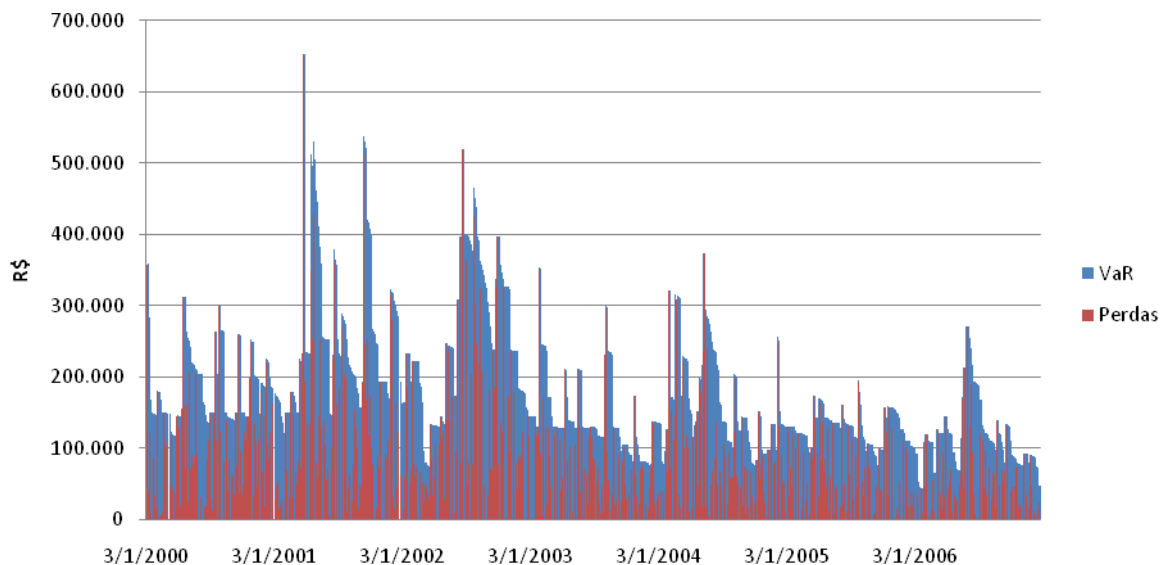


Gráfico 29 - Simulação Histórica exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 17 – Simulação Histórica exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	19	14	13	10	19	12	13	100
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	7,66%	5,69%	5,22%	4,00%	7,63%	4,82%	5,28%	5,76%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em todos os anos (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006 tivemos respectivamente 7, 7, 6, 6, 7, 4 e 8 exceções.

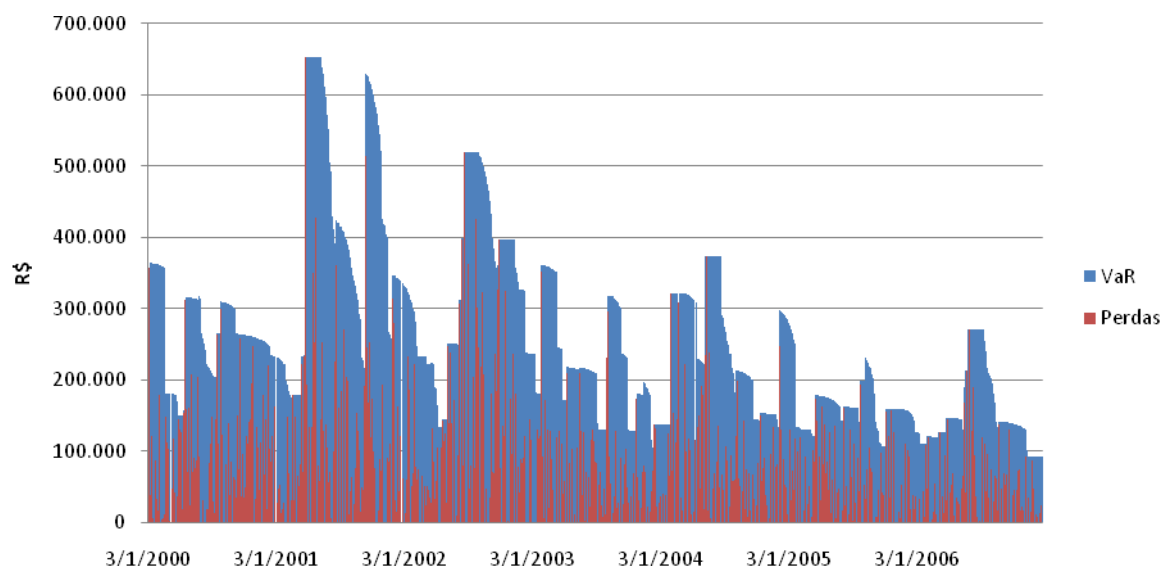


Gráfico 30 - Simulação Histórica exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 18 – Simulação Histórica exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	7	7	6	6	7	4	8	45
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	2,82%	2,85%	2,41%	2,40%	2,81%	1,61%	3,25%	2,59%

4.4. Análise de Cenário

4.4.1. Carteira de Renda Fixa

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 25, 17 e 15 exceções.

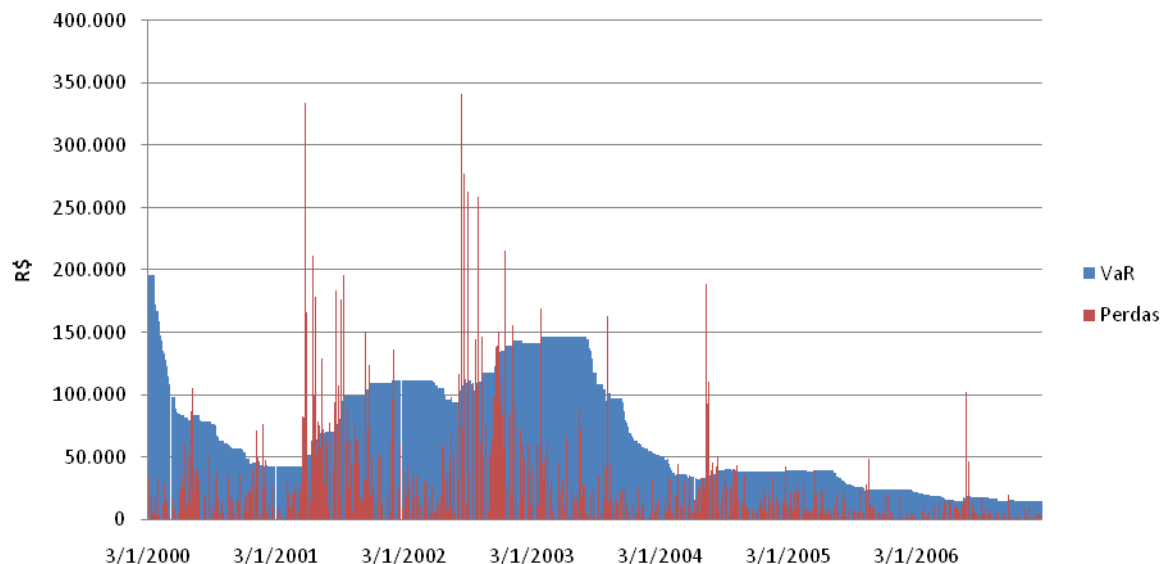


Gráfico 31 - Análise de Cenário - Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 19 – Análise de Cenário: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	5	25	17	2	15	3	7	74
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	2,02%	10,16%	6,83%	0,80%	6,02%	1,20%	2,85%	4,26%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 2 anos (2001 e 2002). Para os anos de 2001 e 2002 tivemos respectivamente 3 e 4 exceções.

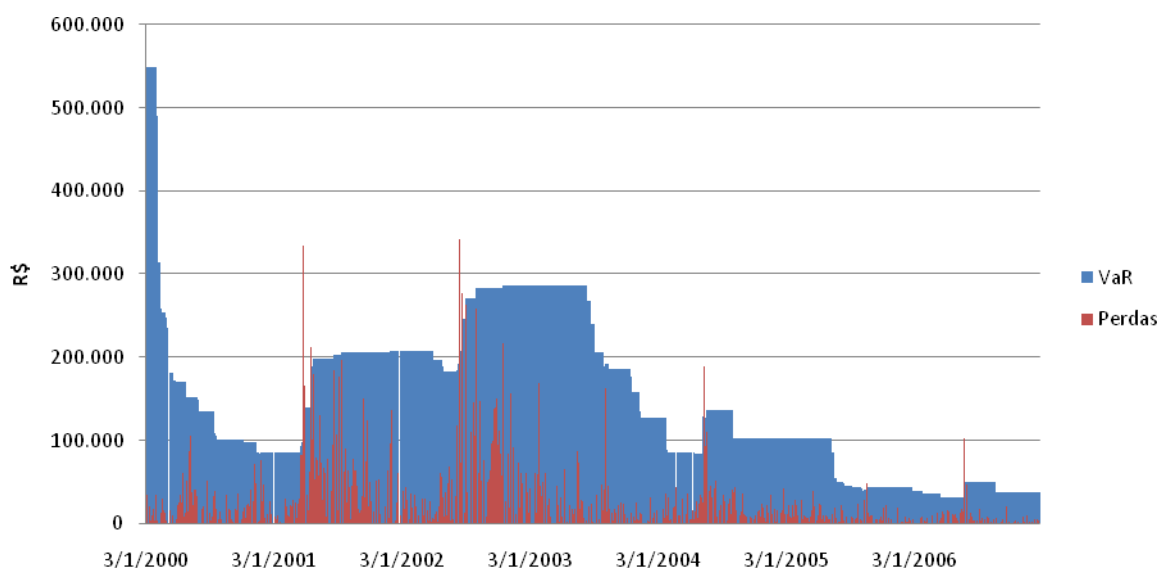


Gráfico 32 - Análise de Cenário - Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 20 – Análise de Cenário: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	3	4	-	1	1	2	11
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	1,22%	1,61%	0,00%	0,40%	0,40%	0,81%	0,63%

4.4.2. Carteira de Renda Variável

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

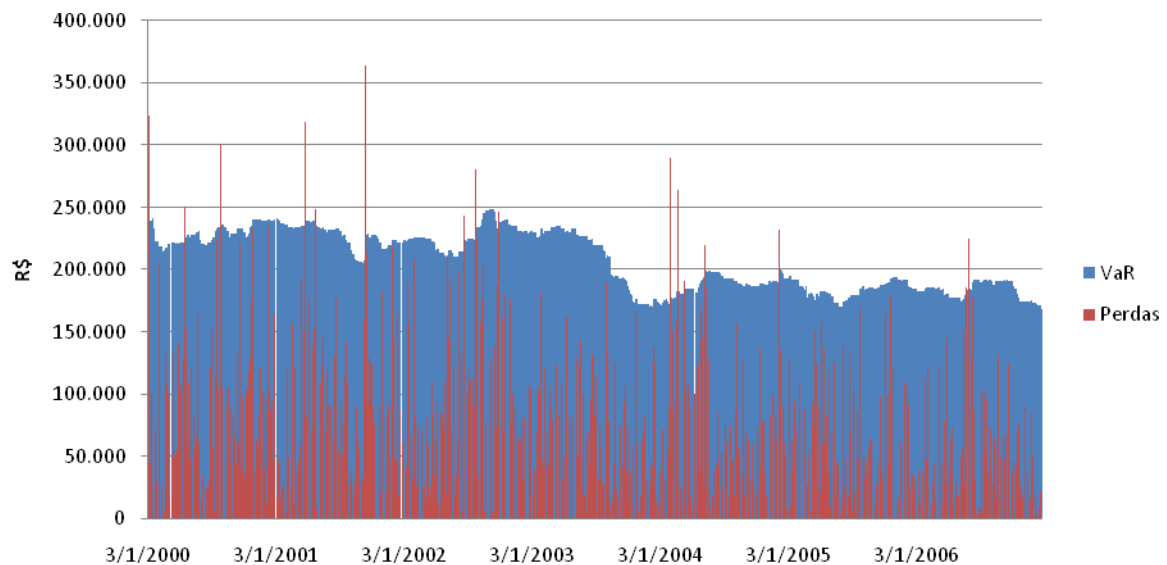


Gráfico 33 - Análise de Cenário: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 21 – Análise de Cenário: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	3	4	4	-	5	-	2	18
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	1,21%	1,63%	1,61%	0,00%	2,01%	0,00%	0,81%	1,04%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

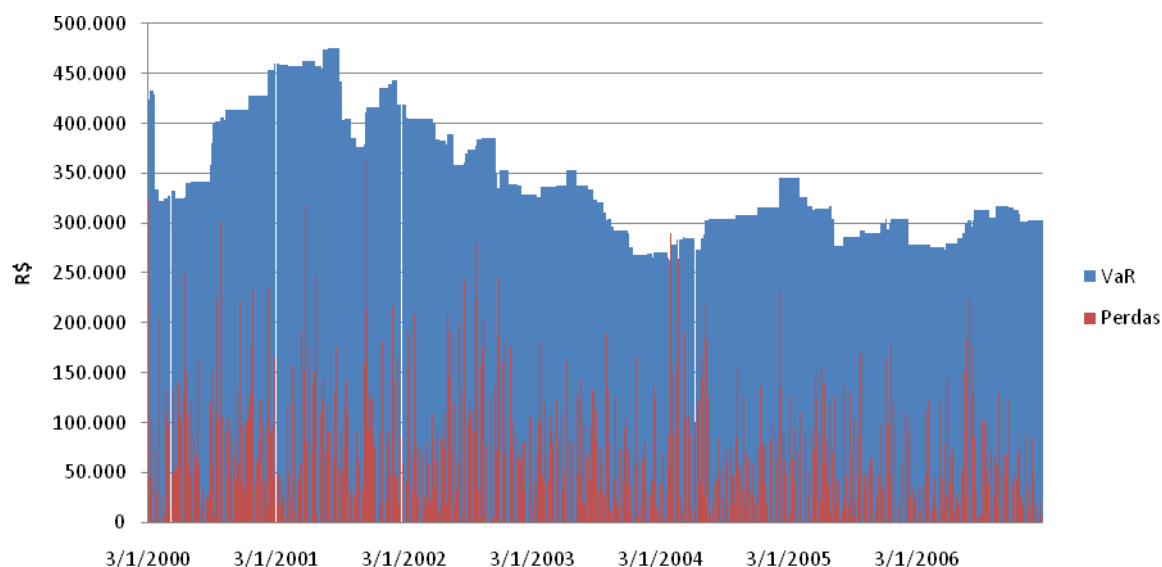


Gráfico 34 - Análise de Cenário: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 22 – Análise de Cenário: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	-	-	-	1	-	-	1
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,06%

4.4.3. Carteira de Renda Mista

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

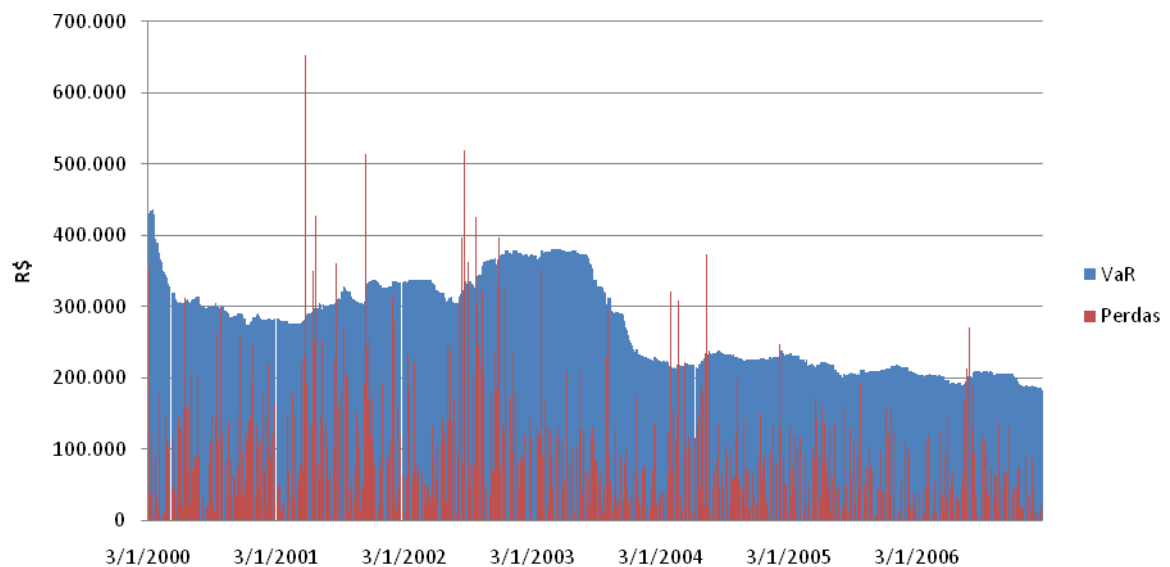


Gráfico 35 - Análise de Cenário: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 23 – Análise de Cenário: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	2	6	5	-	7	-	2	22
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,81%	2,44%	2,01%	0,00%	2,81%	0,00%	0,81%	1,27%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

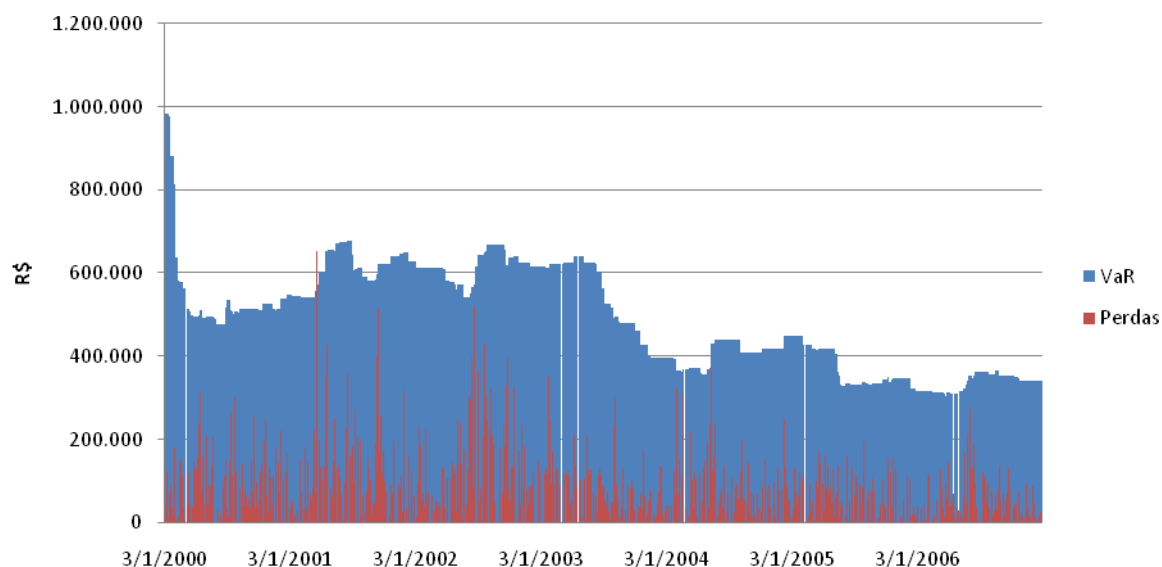


Gráfico 36 - Análise de Cenário: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 24 – Análise de Cenário: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	1	-	-	-	-	-	1
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	0,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%

4.5. VaR Delta-Normal pesos fixos

4.5.1. Carteira de Renda Fixa

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 2 anos (2001 e 2002). Para os anos de 2001 e 2002 tivemos respectivamente 20 e 19 exceções.

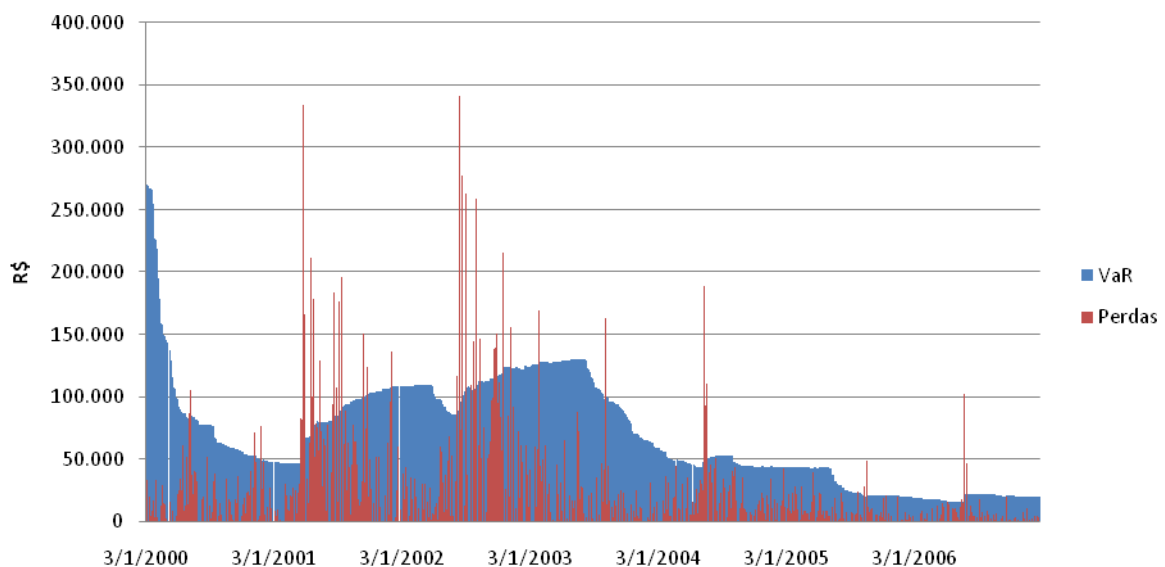


Gráfico 37 - VaR Delta-Normal pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 25 – VaR Delta-Normal pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	4	20	19	2	4	5	5	59
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	1,61%	8,13%	7,63%	0,80%	1,61%	2,01%	2,03%	3,40%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 4 anos (2001, 2002, 2004 e 2006). Para os anos de 2001, 2002, 2004 e 2006 tivemos respectivamente 11, 7, 4 e 3 exceções.

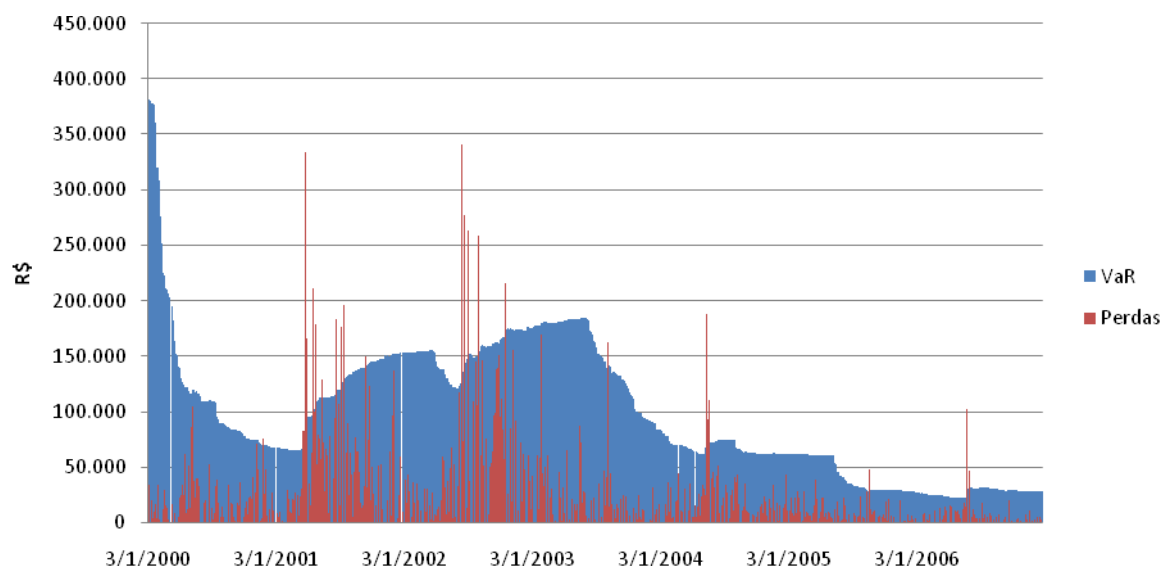


Gráfico 38 - VaR Delta-Normal pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 26 – VaR Delta-Normal pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	1	11	7	1	4	2	3	29
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,40%	4,47%	2,81%	0,40%	1,61%	0,80%	1,22%	1,67%

4.5.2. Carteira de Renda Variável

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 2 anos (2002 e 2004). Para os anos de 2002 e 2004 tivemos respectivamente 17 e 14 exceções.

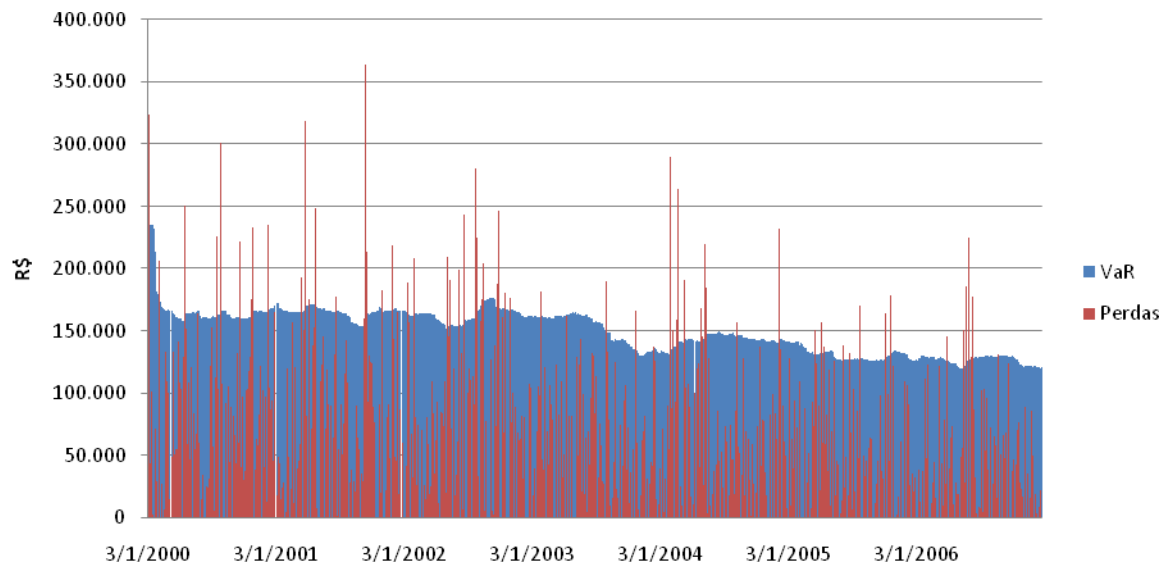


Gráfico 39 - VaR Delta-Normal pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 27 – VaR Delta-Normal pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	10	12	17	5	14	9	8	75
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	4,03%	4,88%	6,83%	2,00%	5,62%	3,61%	3,25%	4,32%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 4 anos (2000, 2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2000, 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 4, 4, 4 e 4 exceções.

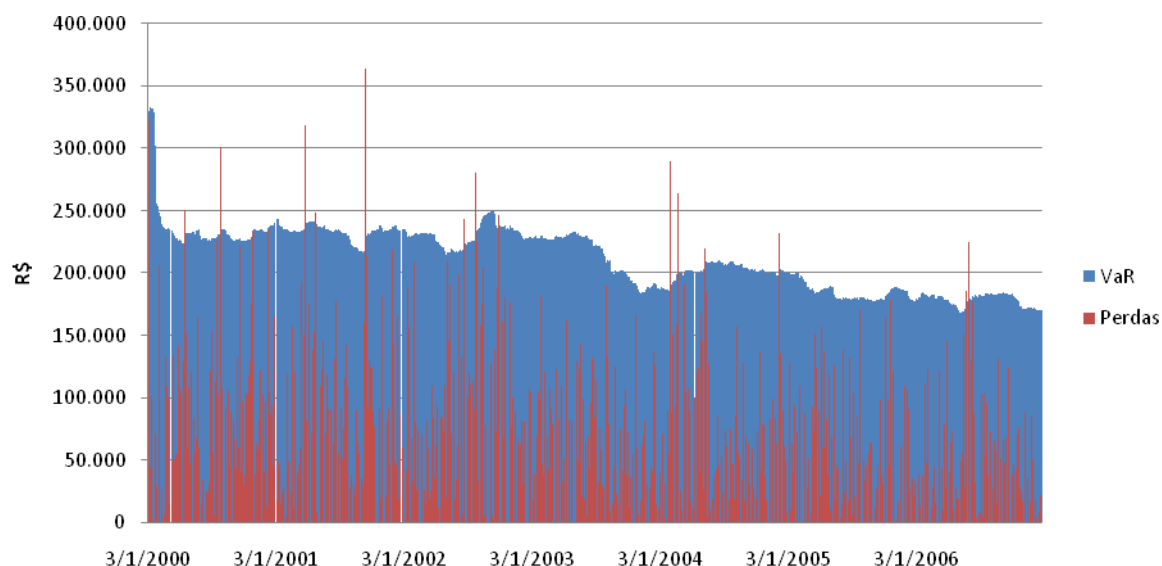


Gráfico 40 - VaR Delta-Normal pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 28 – VaR Delta-Normal pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	4	4	4	-	4	-	2	18
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	1,61%	1,63%	1,61%	0,00%	1,61%	0,00%	0,81%	1,04%

4.5.3. Carteira de Renda Mista

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 2 anos (2001 e 2002). Para os anos de 2001 e 2002 tivemos respectivamente 16 e 18 exceções.

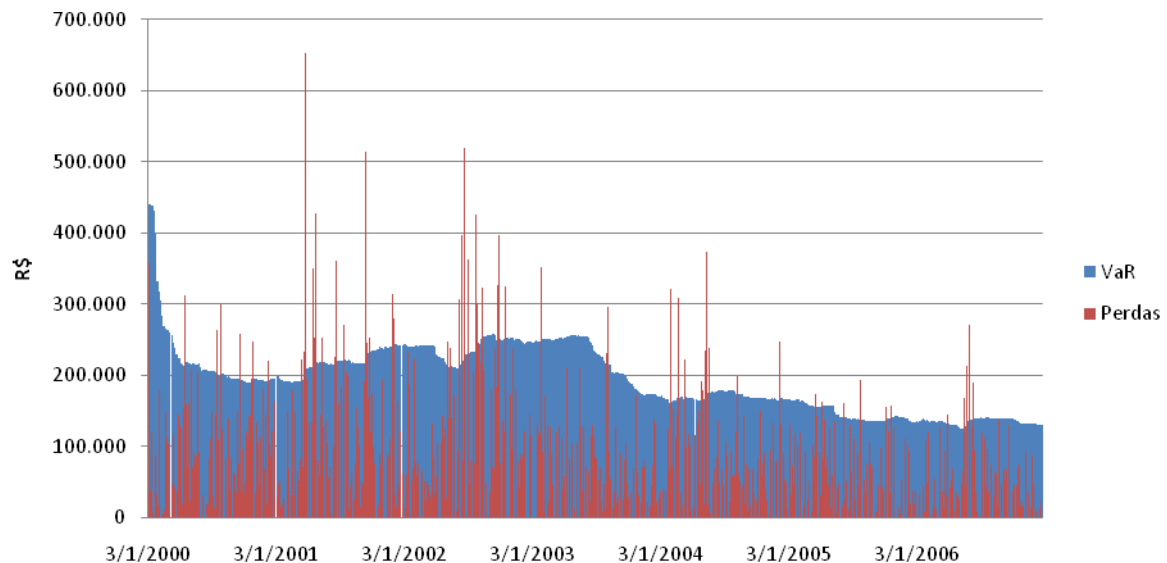


Gráfico 41 - VaR Delta-Normal pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo α de 95%, 2000-2006.

Quadro 29 – VaR Delta-Normal pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	8	16	18	3	12	8	6	71
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	3,23%	6,50%	7,23%	1,20%	4,82%	3,21%	2,44%	4,09%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 6, 6 e 4 exceções.

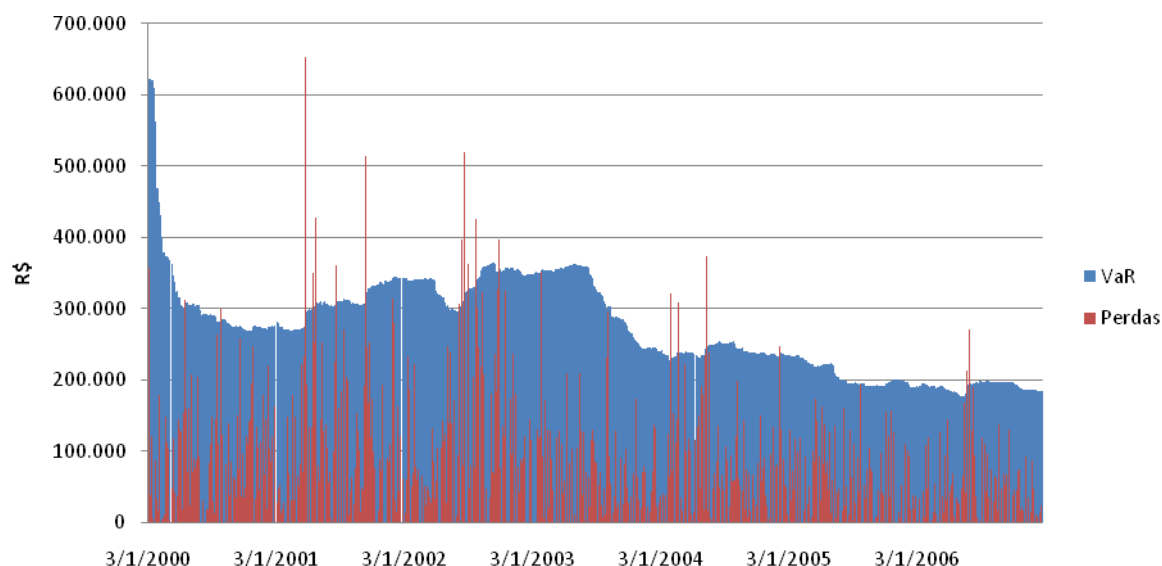


Gráfico 42 - VaR Delta-Normal pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo α de 99%, 2000-2006.

Quadro 30 – VaR Delta-Normal pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	2	6	6	1	4	1	2	22
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,81%	2,44%	2,41%	0,40%	1,61%	0,40%	0,81%	1,27%

4.6. VaR Delta-Normal exponencial (EWMA)

4.6.1. Carteira de Renda Fixa

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 4 anos (2001, 2002, 2004 e 2005). Para os anos de 2001, 2002, 2004 e 2005 tivemos respectivamente 18, 18, 16 e 14 exceções.

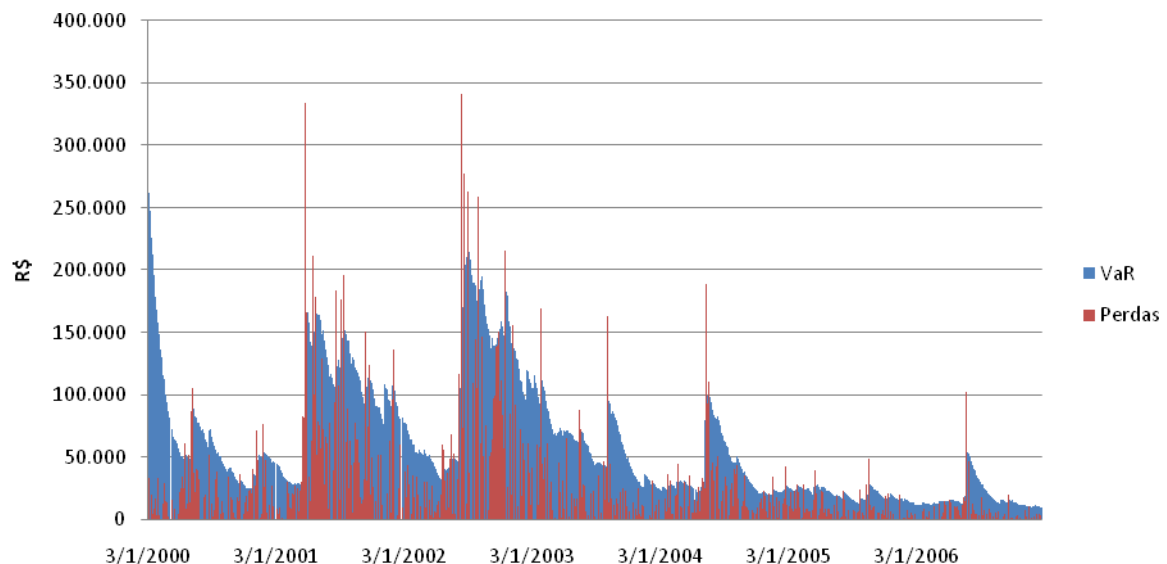


Gráfico 43 - VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 31 – VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	11	18	18	6	16	14	7	90
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	4,44%	7,32%	7,23%	2,40%	6,43%	5,62%	2,85%	5,18%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em todos os anos (2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006 tivemos respectivamente 6, 7, 9, 3, 6, 5 e 3 exceções.

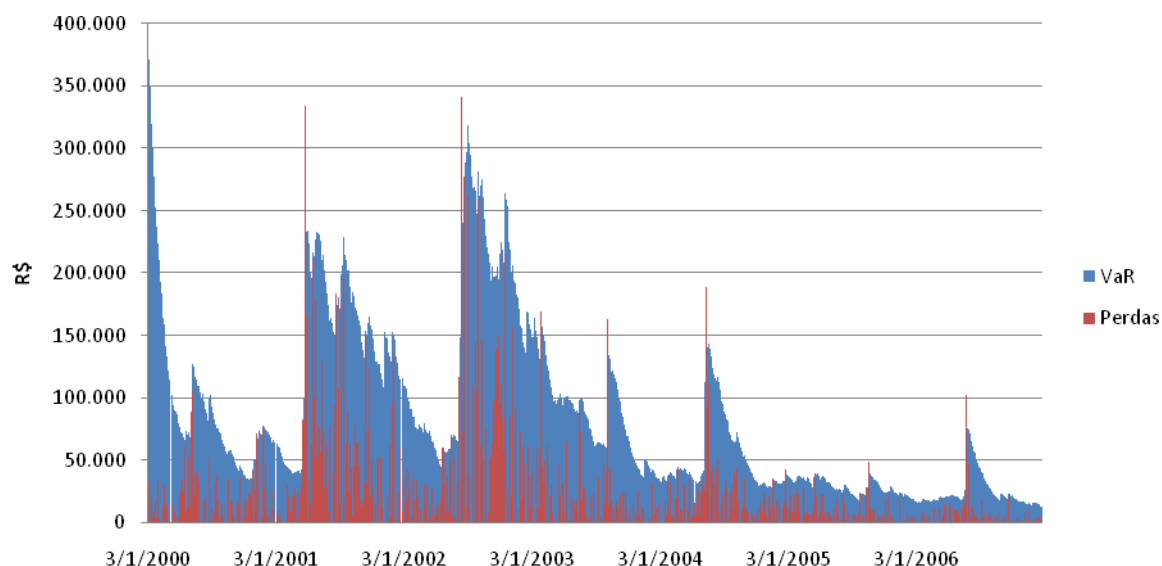


Gráfico 44 - VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 32 – VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	6	7	9	3	6	5	3	39
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	2,42%	2,85%	3,61%	1,20%	2,41%	2,01%	1,22%	2,25%

4.6.2. Carteira de Renda Variável

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 14, 15 e 13 exceções.

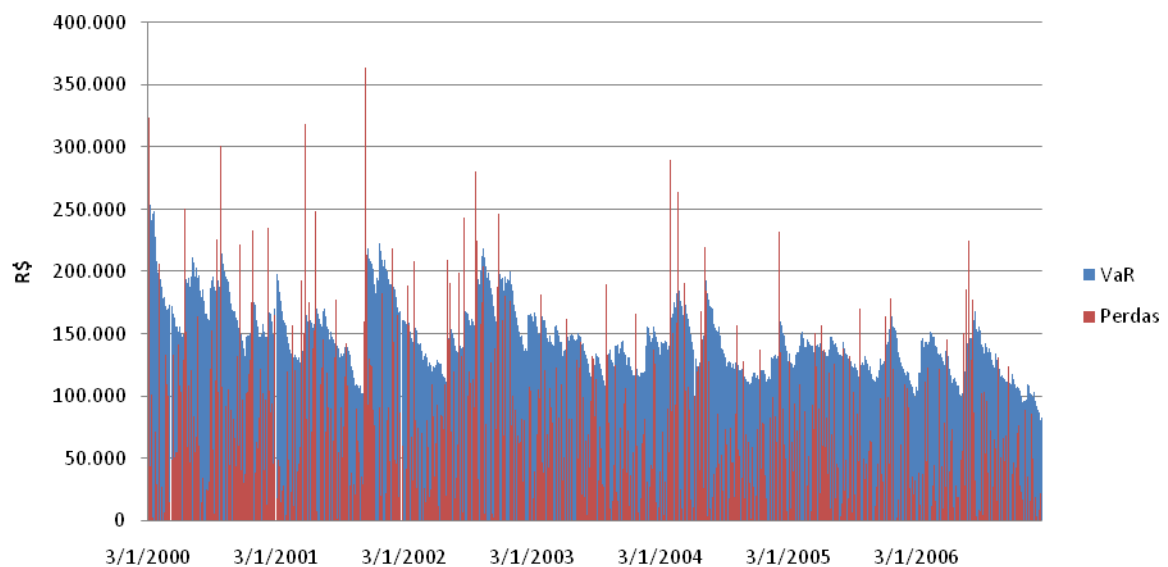


Gráfico 45 - VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 33 – VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	11	14	15	9	13	10	8	80
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1,737
Exceções (%)	4.44%	5.69%	6.02%	3.60%	5.22%	4.02%	3.25%	4.61%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 5 anos (2000, 2001, 2002, 2004 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2004 e 2006 tivemos respectivamente 5, 6, 7, 4 e 3 exceções.

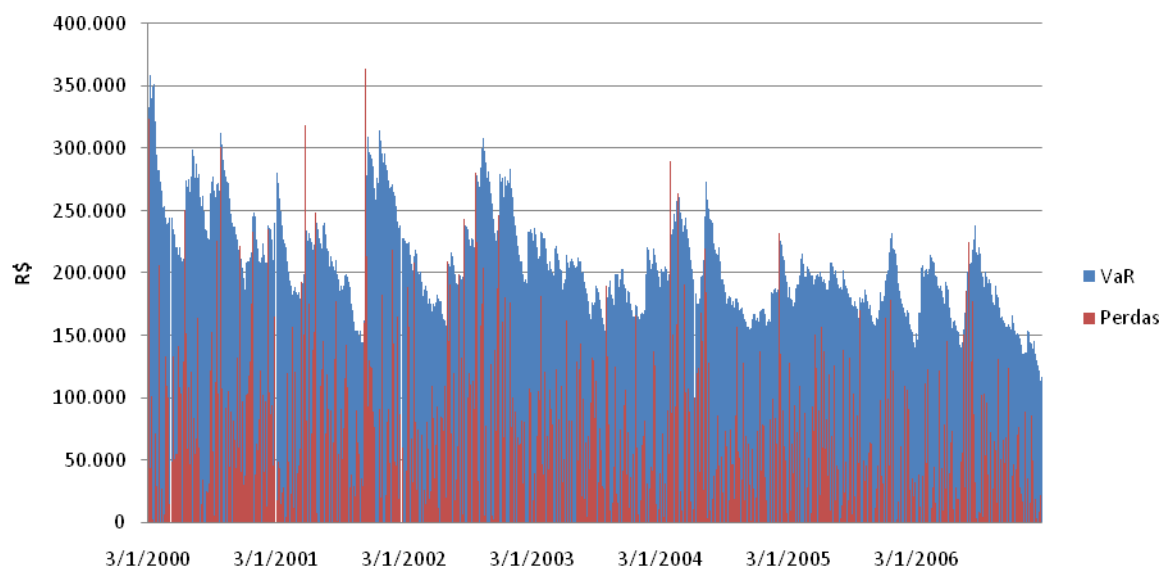


Gráfico 46 - VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 34 – VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	5	6	7	2	4	1	3	28
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1,737
Exceções (%)	2.02%	2.44%	2.81%	0.80%	1.61%	0.40%	1.22%	1.61%

4.6.3. Carteira de Renda Mista

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 3 anos (2001, 2002 e 2004). Para os anos de 2001, 2002 e 2004 tivemos respectivamente 15, 16 e 15 exceções.

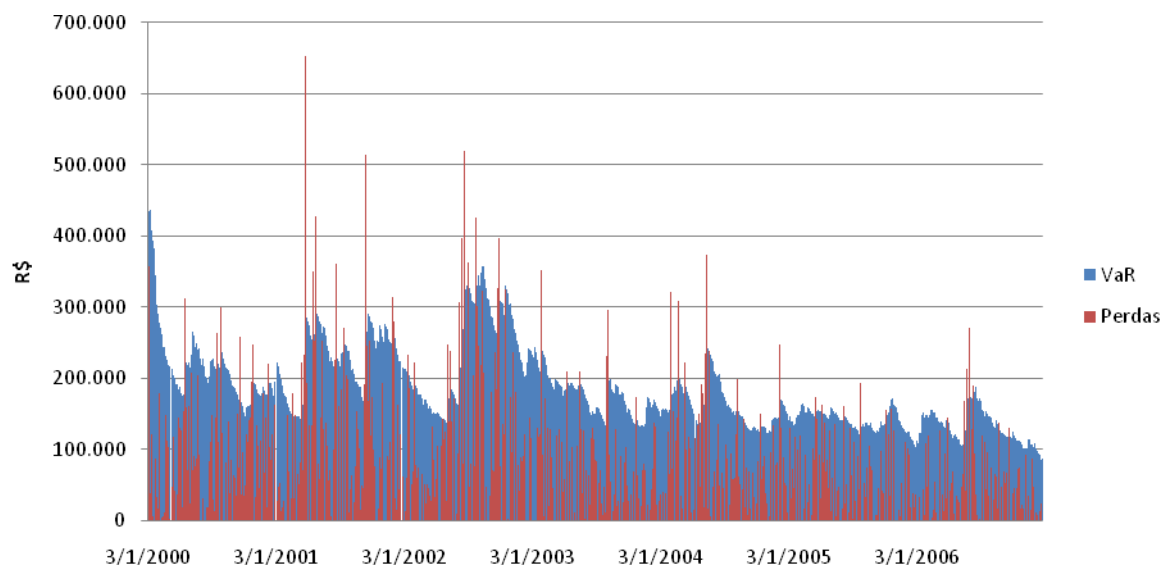


Gráfico 47 - VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo α de 95%, 2000-2006.

Quadro 35 – VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	8	15	16	7	15	5	9	75
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	3,23%	6,10%	6,43%	2,80%	6,02%	2,01%	3,66%	4,32%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 6 anos (2000, 2001, 2002, 2003, 2004 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 e 2006 tivemos respectivamente 3, 8, 8, 3, 6 e 3 exceções.

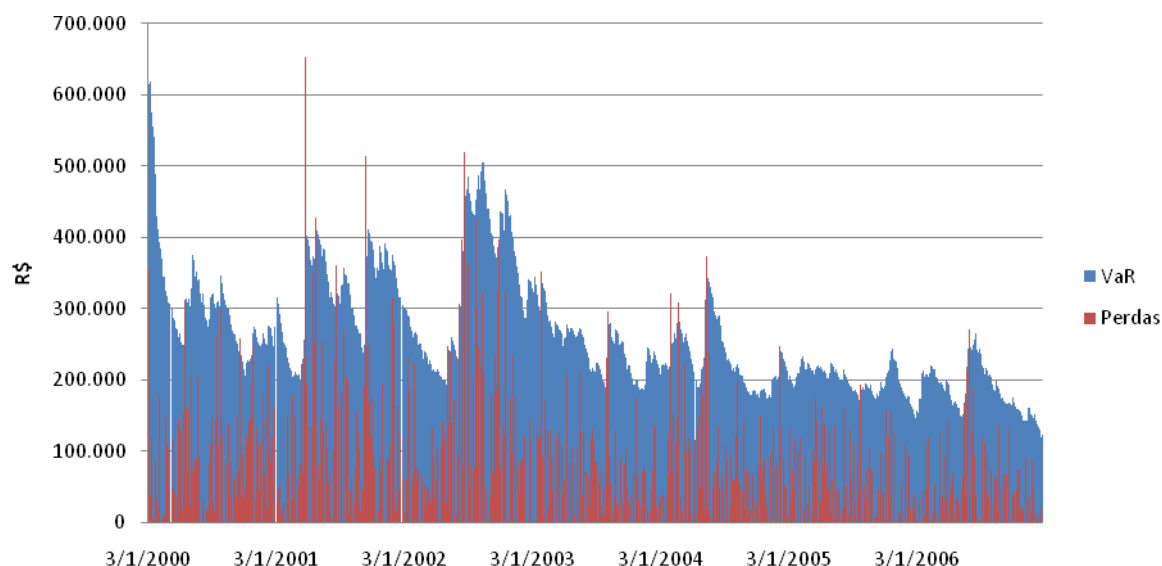


Gráfico 48 - VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo α de 99%, 2000-2006.

Quadro 36 – VaR Delta-Normal exponencial (EWMA): Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	3	8	8	3	6	1	3	32
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	1,21%	3,25%	3,21%	1,20%	2,41%	0,40%	1,22%	1,84%

4.7. Simulação de Monte Carlo pesos fixos

4.7.1. Carteira de Renda Fixa

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 2 anos (2001 e 2002). Para os anos de 2001 e 2002 tivemos respectivamente 20 e 18 exceções.

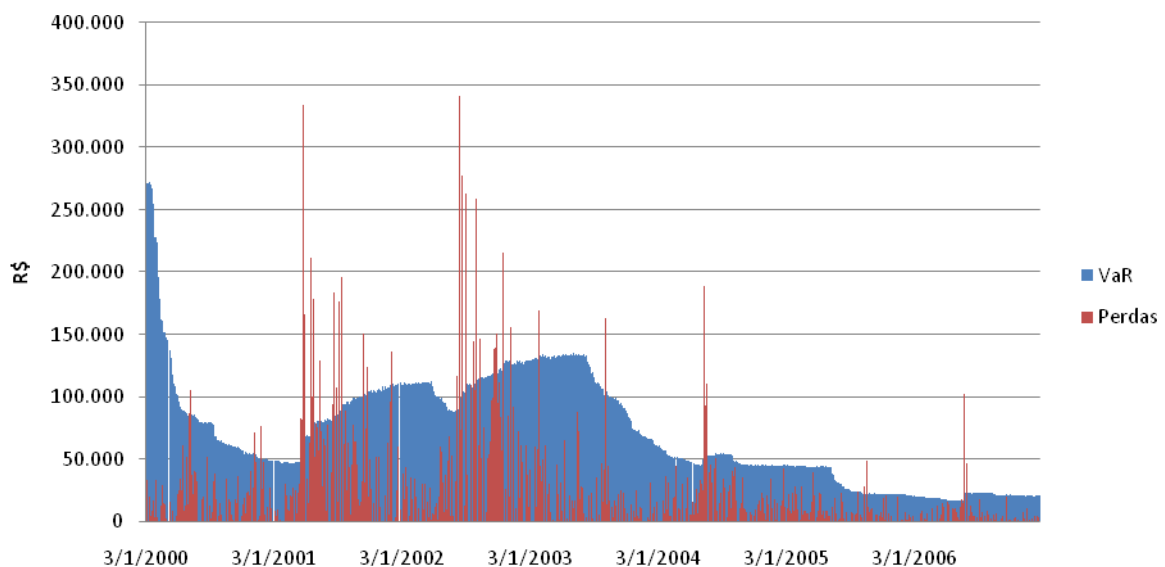


Gráfico 49 - Simulação de Monte Carlo pesos fixos - Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 37 – Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	4	20	18	2	4	3	5	56
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	1,61%	8,13%	7,23%	0,80%	1,61%	1,20%	2,03%	3,22%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 4 anos (2001, 2002, 2004 e 2006). Para os anos de 2001, 2002, 2004 e 2006 tivemos respectivamente 11, 7, 4 e 3 exceções.

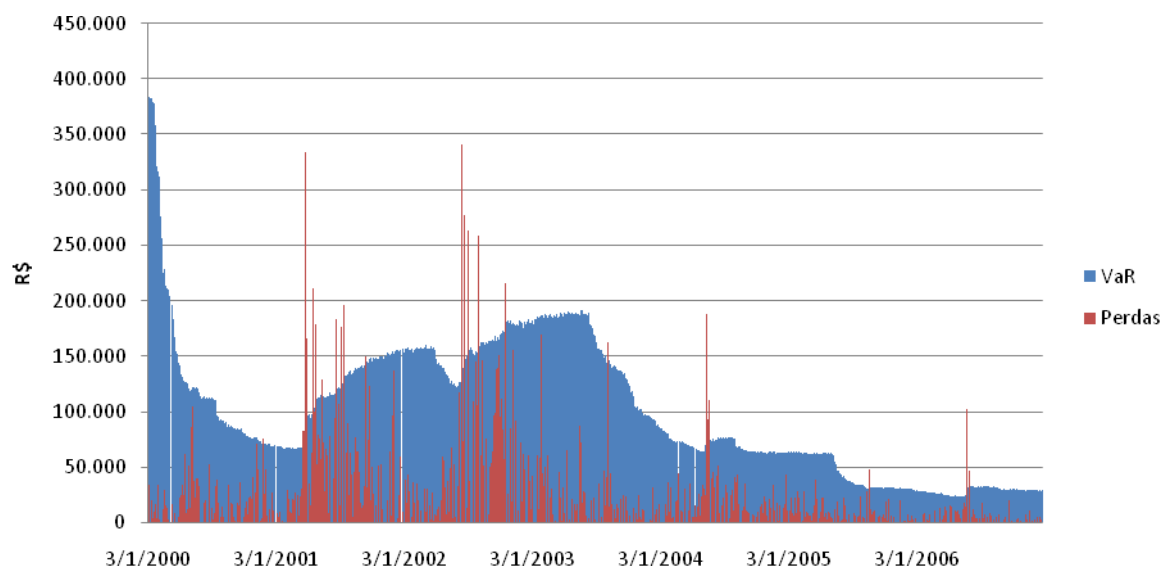


Gráfico 50 - Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 38 – Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	1	11	7	1	4	1	3	28
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,40%	4,47%	2,81%	0,40%	1,61%	0,40%	1,22%	1,61%

4.7.2. Carteira de Renda Variável

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

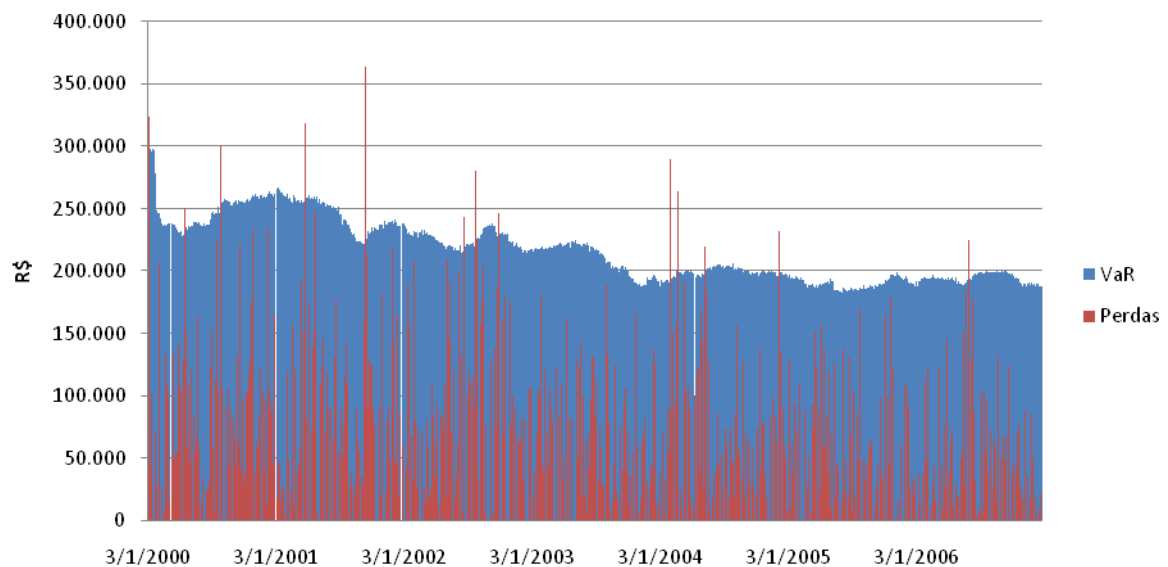


Gráfico 51 - Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 39 – Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	3	3	5	-	4	-	1	16
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	1,21%	1,22%	2,01%	0,00%	1,61%	0,00%	0,41%	0,92%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

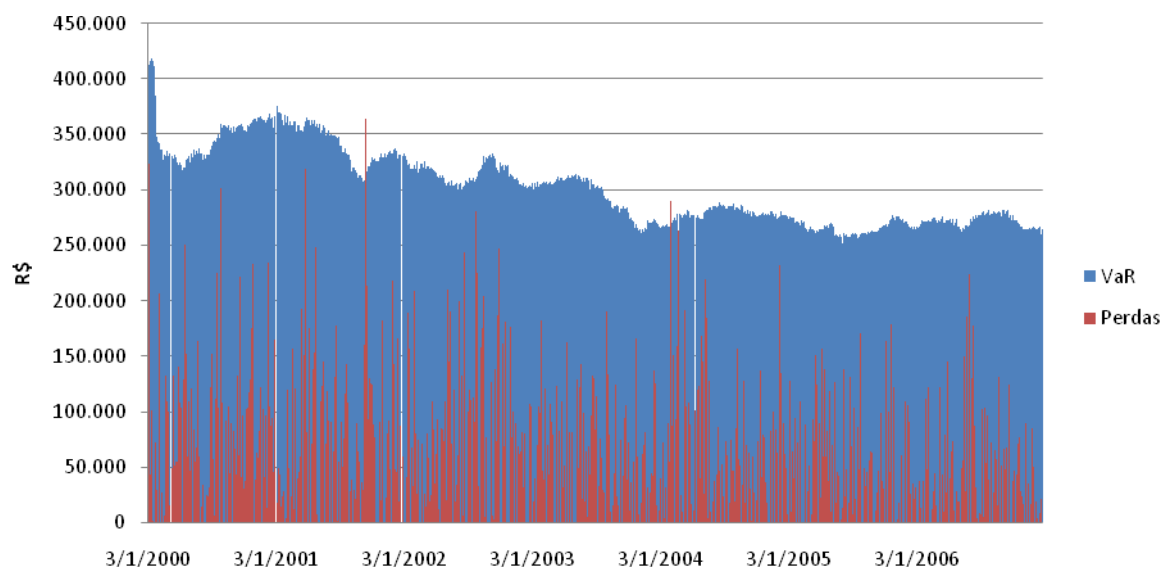


Gráfico 52 - Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 40 – Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	1	-	-	1	-	-	2
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	0,41%	0,00%	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,12%

4.7.3. Carteira de Renda Mista

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

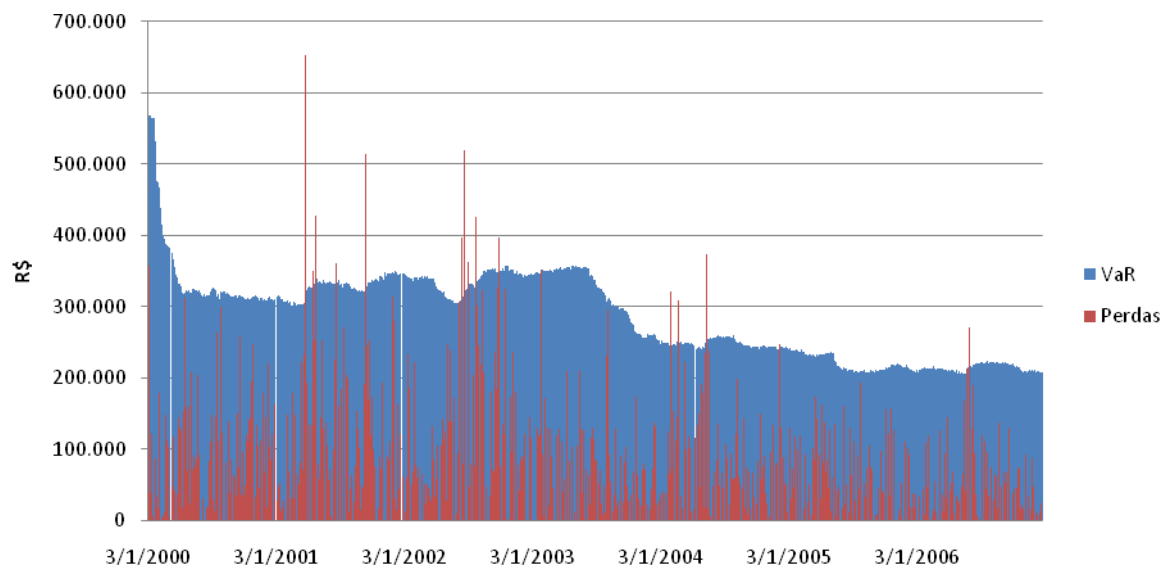


Gráfico 53 - Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 41 – Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	6	6	1	4	-	2	19
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	2,44%	2,41%	0,40%	1,61%	0,00%	0,81%	1,09%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

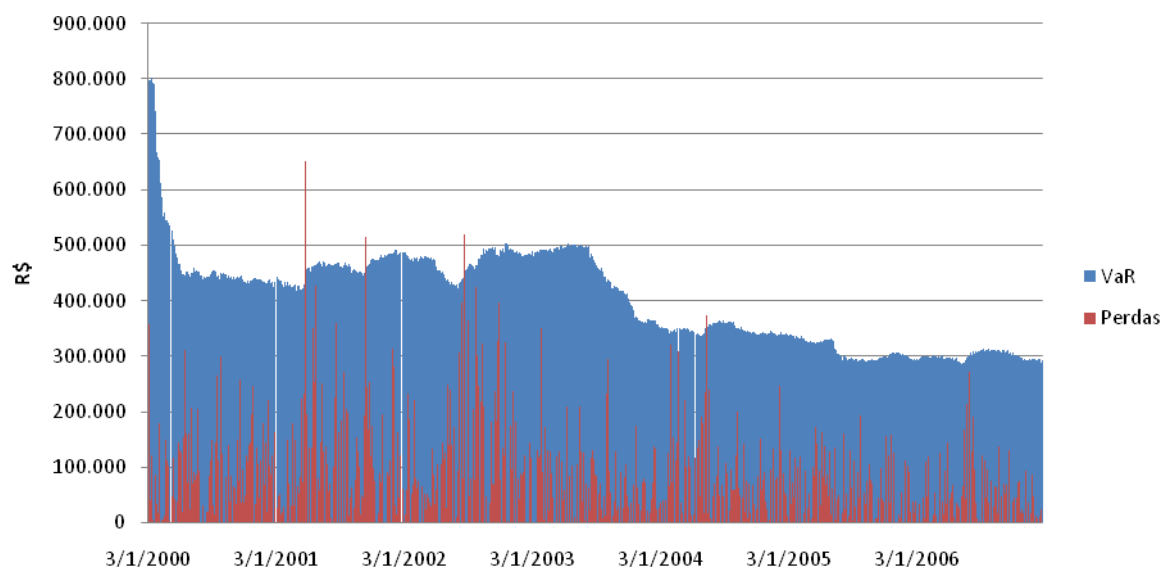


Gráfico 54 - Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 42 – Simulação de Monte Carlo pesos fixos: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	2	1	-	1	-	-	4
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	0,81%	0,40%	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,23%

4.8. Simulação de Monte Carlo exponencial

4.8.1. Carteira de Renda Fixa

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 4 anos (2001, 2002, 2004 e 2005). Para os anos de 2001, 2002, 2004 e 2005 tivemos respectivamente 15, 16, 14 e 14 exceções.

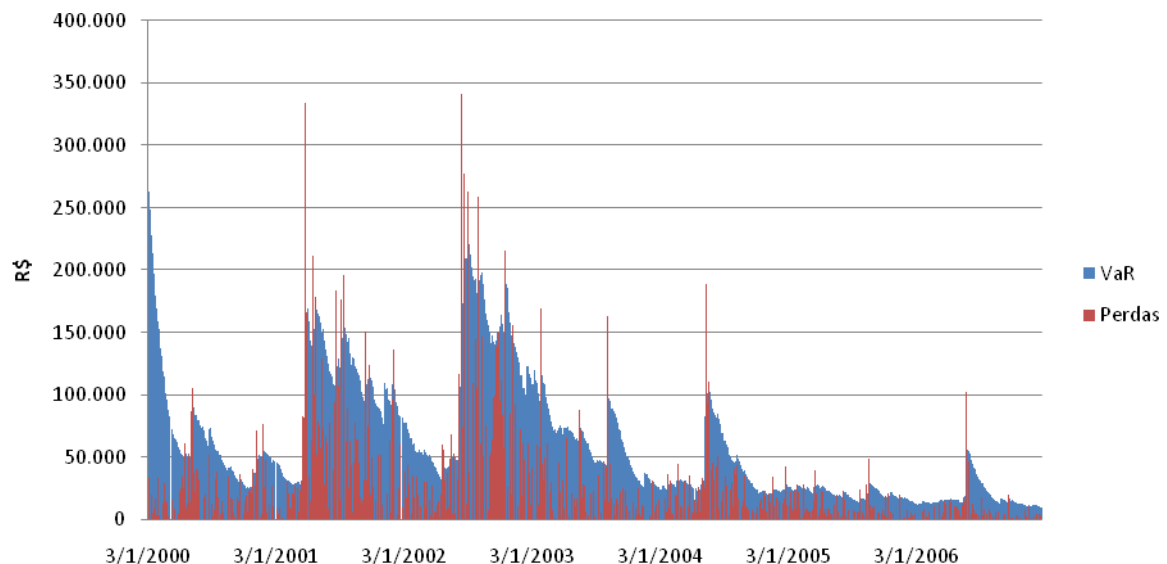


Gráfico 55 - Simulação de Monte Carlo exponencial - Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 43 – Simulação de Monte Carlo exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	11	15	16	6	14	14	5	81
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	4,44%	6,10%	6,43%	2,40%	5,62%	5,62%	2,03%	4,66%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceções acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 6 anos (2000, 2001, 2002, 2004, 2005 e 2006). Para os anos de 2000, 2001, 2002, 2004, 2005 e 2006 tivemos respectivamente 6, 7, 9, 5, 5 e 3 exceções.

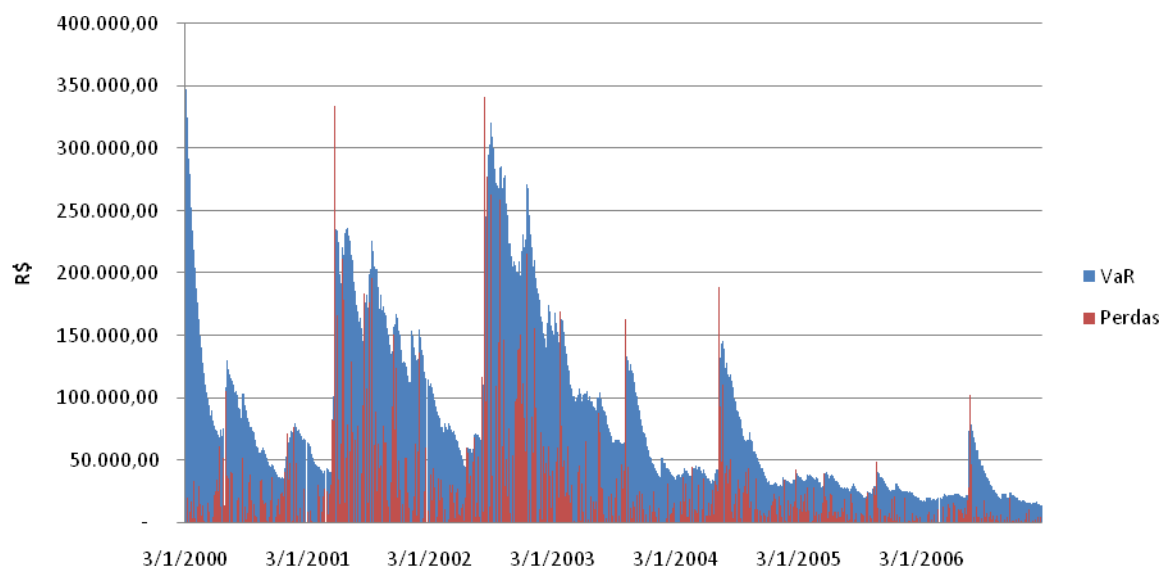


Gráfico 56 - Simulação de Monte Carlo exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 44 – Simulação de Monte Carlo exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda fixa com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	6	7	9	2	5	5	3	37
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	2,42%	2,85%	3,61%	0,80%	2,01%	2,01%	1,22%	2,13%

4.8.2. Carteira de Renda Variável

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

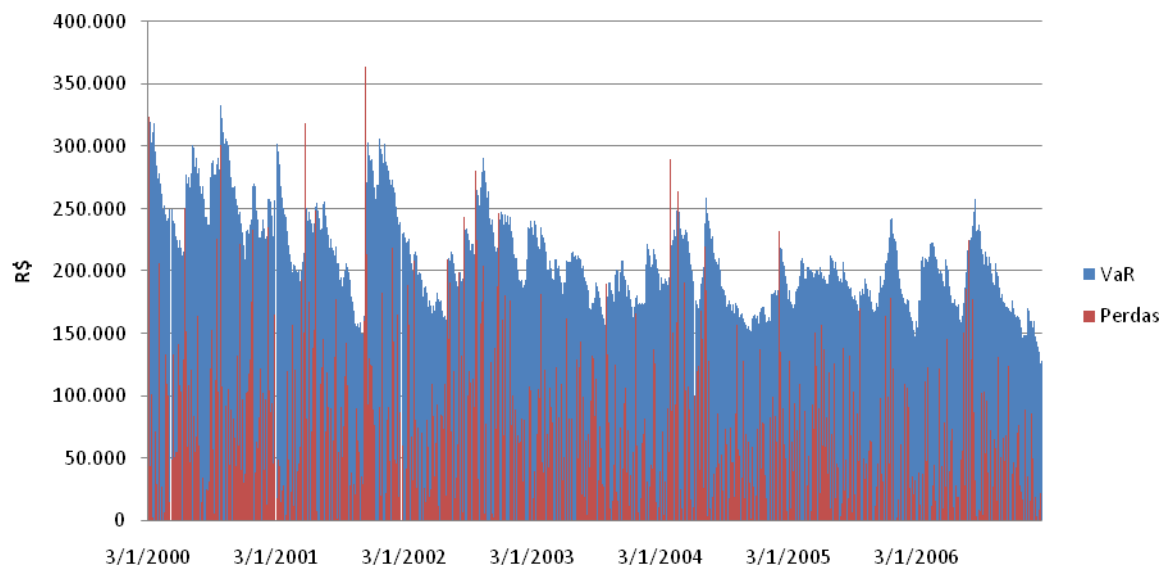


Gráfico 57 - Simulação de Monte Carlo exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 45 – Simulação de Monte Carlo exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	3	6	7	1	6	1	2	26
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1,737
Exceções (%)	1.21%	2.44%	2.81%	0.40%	2.41%	0.40%	0.81%	1.50%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança apenas em 1 ano (2001). Para 2001 tivemos 3 exceções.

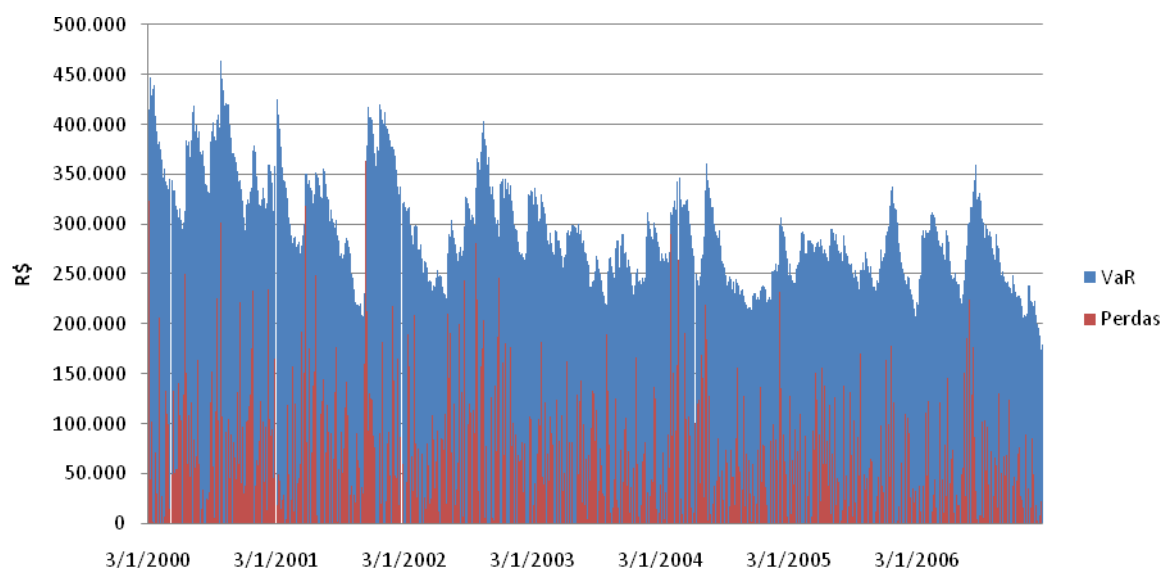


Gráfico 58 - Simulação de Monte Carlo exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 46 – Simulação de Monte Carlo exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda variável com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	3	-	-	1	-	-	4
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1,737
Exceções (%)	0.00%	1.22%	0.00%	0.00%	0.40%	0.00%	0.00%	0.23%

4.8.3. Carteira de Renda Mista

Usando intervalo de confiança α de 95%, o back-testing não mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança.

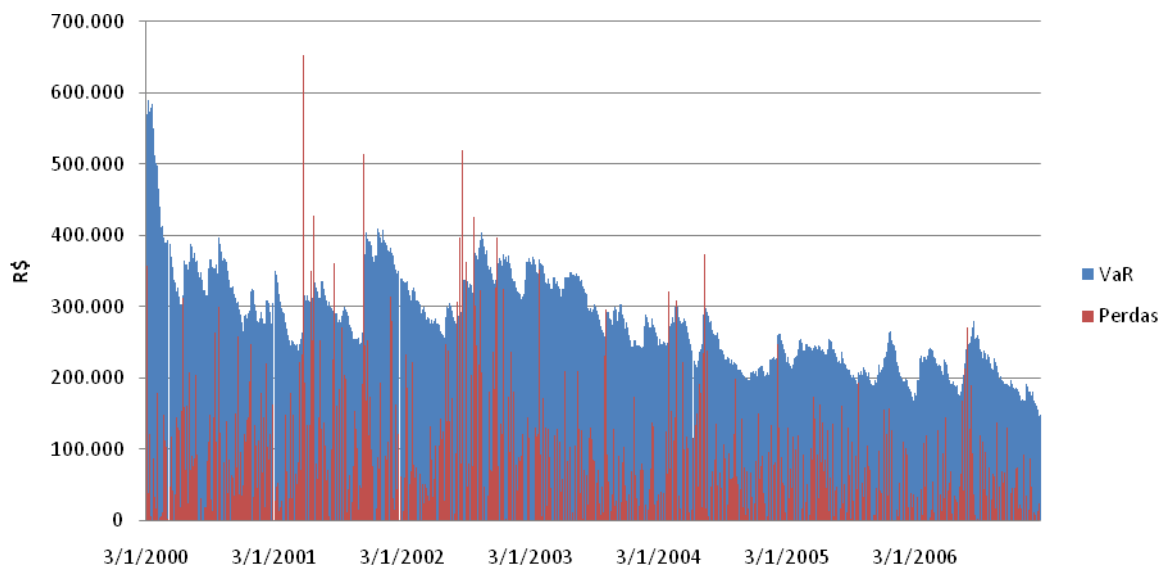


Gráfico 59 - Simulação de Monte Carlo exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%, 2000-2006.

Quadro 47 – Simulação de Monte Carlo exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 95%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	6	7	2	4	1	2	22
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	2,44%	2,81%	0,80%	1,61%	0,40%	0,81%	1,27%

Usando intervalo de confiança α de 99%, o back-testing mostrou exceção acima do percentil definido pelo intervalo de confiança em 1 ano (2001). Para 2001 tivemos 3 exceções.

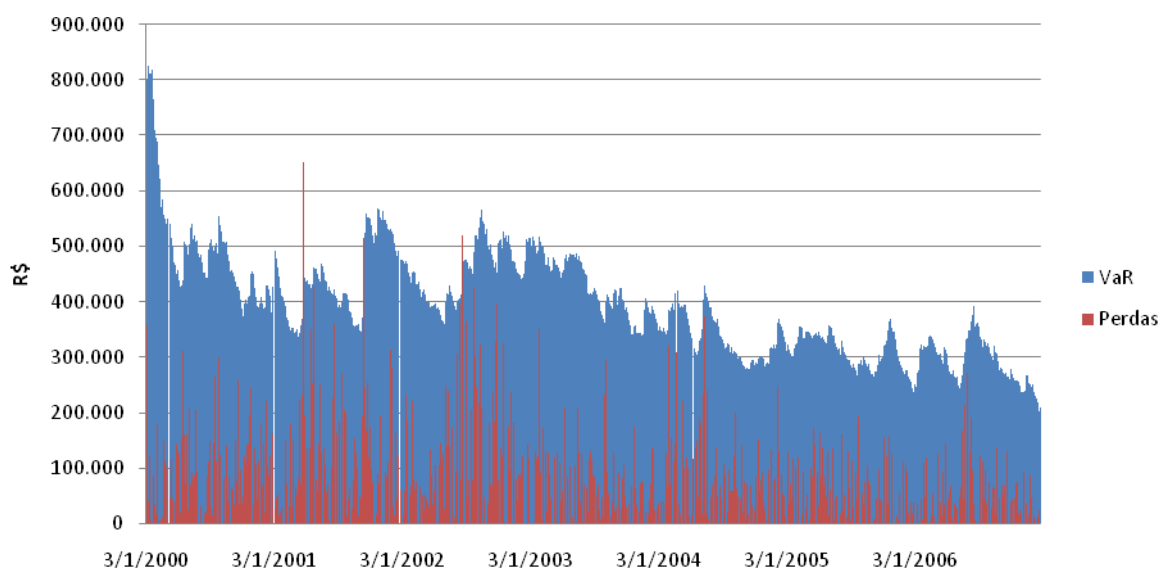


Gráfico 60 - Simulação de Monte Carlo exponencial: Evolução do VaR e Perdas da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%, 2000-2006.

Quadro 48 – Simulação de Monte Carlo exponencial: Quantidade de exceções no backtesting do VaR da carteira de renda mista com intervalo de confiança α de 99%.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Exceções (#)	-	3	1	-	-	-	-	4
Dias úteis (#)	248	246	249	250	249	249	246	1.737
Exceções (%)	0,00%	1,22%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%

5. AVALIAÇÃO DAS METODOLOGIAS

Até o presente momento, ainda não foi desenvolvida uma medida definitiva para avaliar a performance do VaR. Apresentamos algumas medidas estatísticas, abrangendo os diferentes aspectos da avaliação das metodologias de mensuração de risco de mercado, que são de interesse dos profissionais de risco e autoridades de supervisão bancária.

Os resultados das metodologias aplicadas nas carteiras foram avaliados pelas seguintes medidas estatísticas:

- Conservadorismo (através do tamanho relativo e variabilidade):
 - ✓ Viés de Média Relativa;
 - ✓ Viés da Raiz Quadrada da Média Relativa.
- Precisão:
 - ✓ Função de Perda Geral:
 - Função de Perda Binária;
 - Função de Perda Quadrática.
 - ✓ Múltiplos para Obtenção de Cobertura;
 - ✓ Média de Perdas não Cobertas pela Razão do VaR;
 - ✓ Perda Máxima para Razão do VaR.
- Eficiência:
 - ✓ Viés de Escala da Média Relativa;
 - ✓ Correlação.

5.1. Medidas de Conservadorismo

São medidas estatísticas que mensuram o tamanho relativo e a variabilidade dos números gerados pelas metodologias de mensuração de risco de mercado.

5.1.1. Viés de Média Relativa

A estatística do viés de média relativa desenvolvida por Hendricks (1996), captura a extensão das metodologias, dos tamanhos médios similares e que geram mensuração de riscos. O viés de média relativa da metodologia i é expressa da seguinte forma:

$$VMR_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{VaR_{it} - \overline{VaR_t}}{\overline{VaR_t}}$$

onde $\overline{VaR_t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N VaR_{it}$, T é o período de tempo e N é a quantidade de metodologias de mensuração de risco de mercado avaliada.

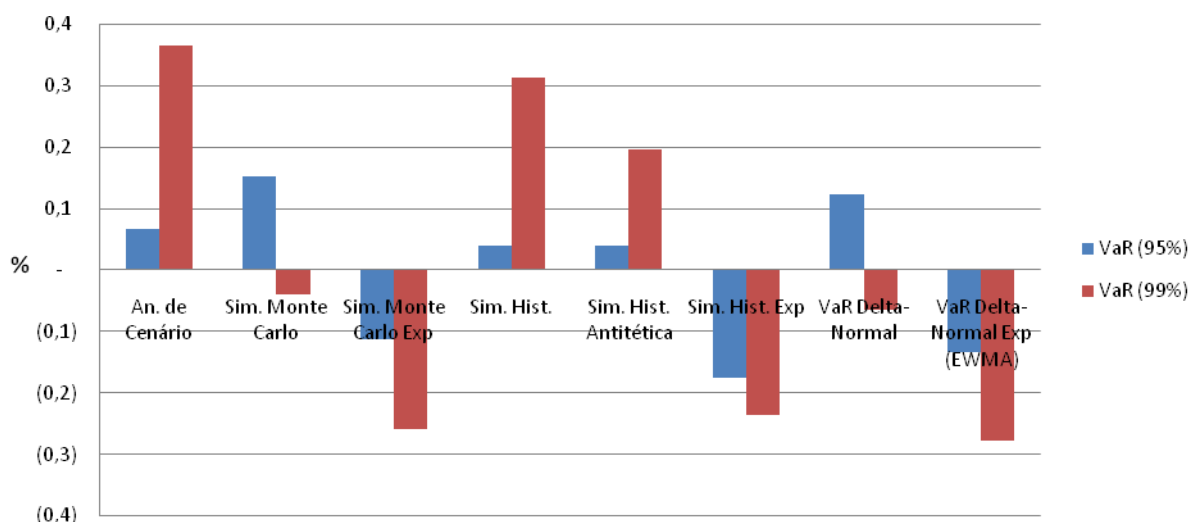


Gráfico 61 – Medida de Conservadorismo: Viés de Média Relativa da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa e intervalo de confiança de 95%, as diferenças de magnitude na mensuração de risco de mercado oscilaram entre -20% a +20%. A Simulação de Monte Carlo pesos fixos gerou a maior diferença positiva em relação a média, enquanto a Simulação Histórica exponencial gerou a maior diferença negativa em relação a média e a Simulação Histórica pesos fixos e a Simulação Histórica Antitética pesos fixos geraram as menores diferenças em relação a média.

No intervalo de confiança de 99%, as diferenças de magnitude na mensuração de risco de mercado oscilaram entre -30% a +40%. A Análise de Cenário gerou a maior diferença positiva em relação a média, enquanto o VaR Delta-

Normal exponencial (EWMA) produziu a maior diferença negativa em relação a média e a Simulação de Monte Carlo pesos fixos gerou a menor diferença em relação a média.

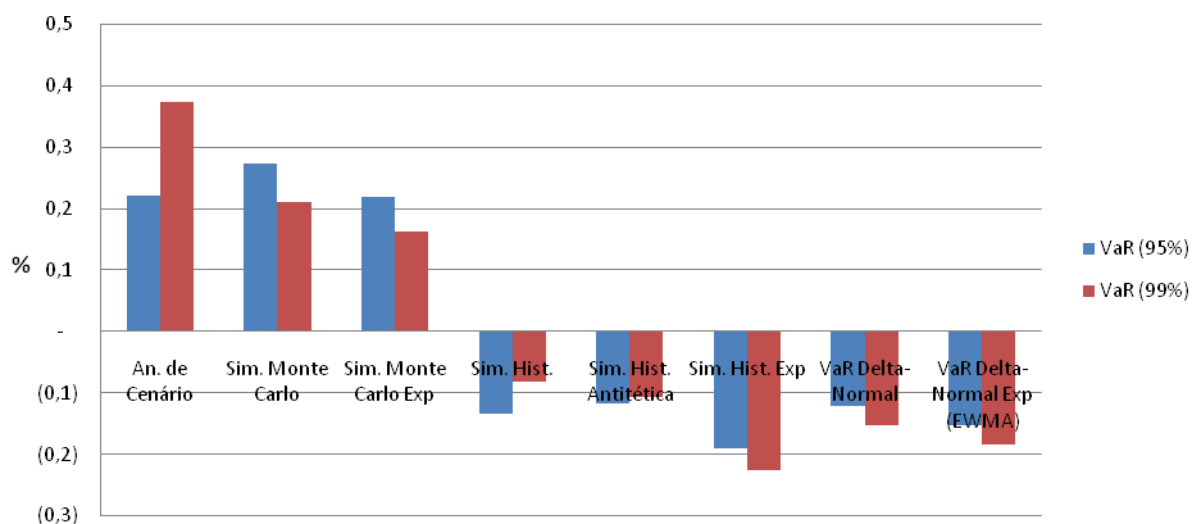


Gráfico 62 – Medida de Conservadorismo: Viés de Média Relativa da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável e intervalo de confiança de 95%, as diferenças de magnitude na mensuração de risco de mercado oscilaram entre -20% a +30%. A Simulação de Monte Carlo pesos fixos gerou a maior diferença positiva em relação a média, enquanto a Simulação Histórica exponencial gerou a maior diferença negativa em relação a média e a Simulação Histórica Antitética pesos fixos gerou a menor diferença em relação a média.

No intervalo de confiança de 99%, as diferenças de magnitude na mensuração de risco de mercado oscilaram entre -25% a +40%. A Análise de Cenário gerou a maior diferença positiva em relação a média, enquanto a Simulação Histórica exponencial gerou a maior diferença negativa em relação a média e Simulação Histórica pesos fixos gerou a menor diferença em relação a média.

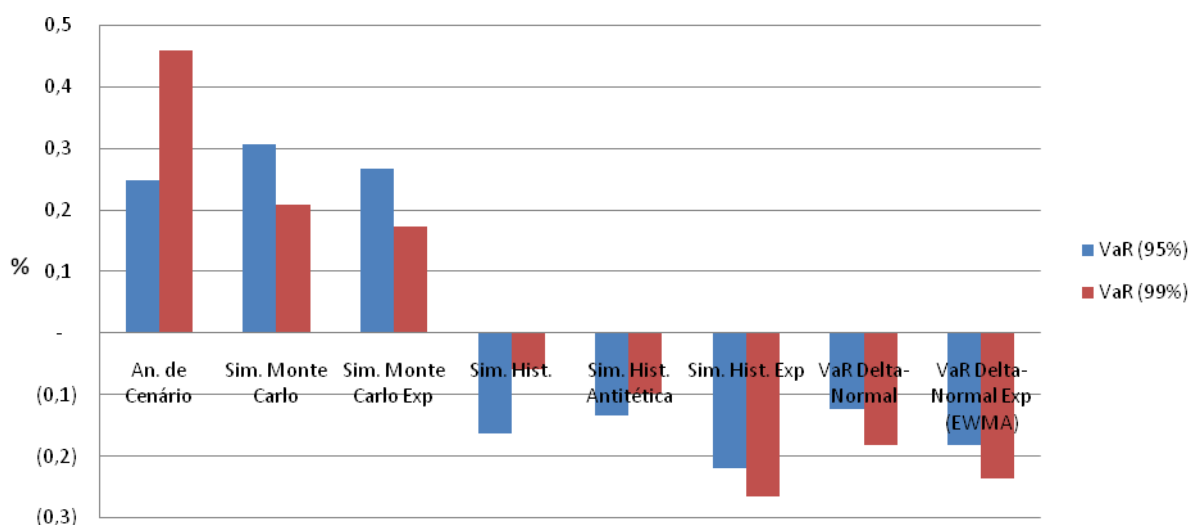


Gráfico 63 – Medida de Conservadorismo: Viés de Média Relativa da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira de renda mista e intervalo de confiança de 95%, as diferenças de magnitude na mensuração de risco de mercado oscilaram entre -25% a +35%. A Simulação de Monte Carlo pesos fixos gerou a maior diferença positiva em relação a média, enquanto a Simulação Histórica exponencial gerou a maior diferença negativa em relação a média e o VaR Delta-Normal pesos fixos gerou a menor diferença em relação a média.

No intervalo de confiança de 99%, as diferenças de magnitude na mensuração de risco de mercado oscilaram entre -30% a +50%. A Análise de Cenário gerou a maior diferença positiva, enquanto a Simulação Histórica exponencial gerou a maior diferença negativa em relação a média e a Simulação Histórica pesos fixos gerou a menor diferença em relação a média.

5.1.2. Viés da Raiz Quadrada da Média Relativa

Esta medida, também foi desenvolvida por Hendricks (1996), mensura o grau na qual às medidas de riscos variam em relação à média das medidas de risco de todas as metodologias. Ela captura dois efeitos. O primeiro é a extensão da diferença entre o risco mensurado pela metodologia e a média do risco mensurado

de todas as metodologias analisadas. O segundo é a variabilidade do risco mensurado de cada metodologia.

$$VRQMR = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\frac{VaR_{it} - \overline{VaR_t}}{\overline{VaR_t}} \right)^2}$$

onde $\overline{VaR_t} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N VaR_{it}$ e i é a metodologia.

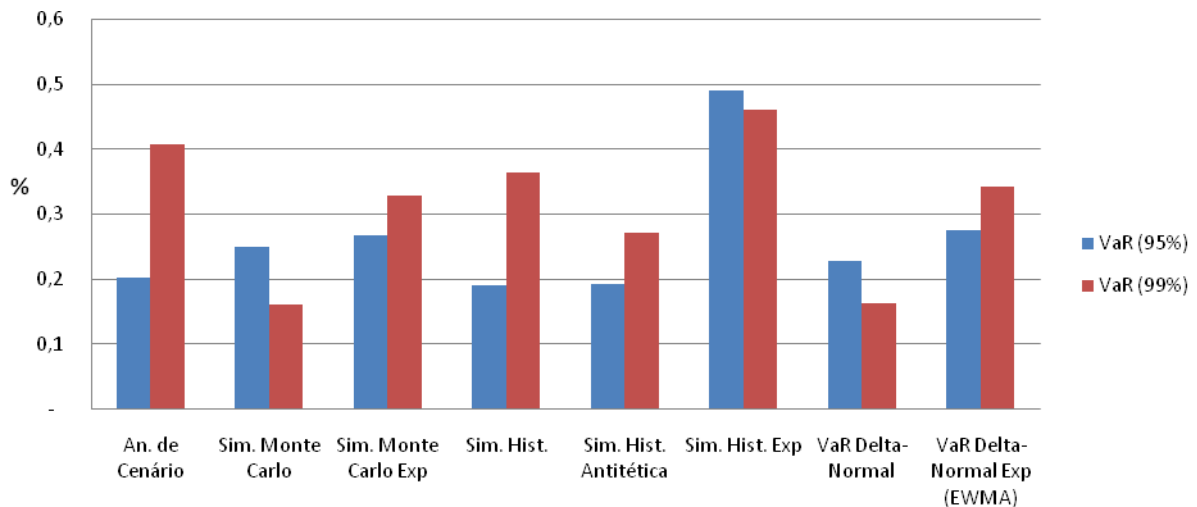


Gráfico 64 – Medida de Conservadorismo: Viés da Raiz Quadrada da Média Relativa da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa, a maioria das metodologias teve índices que ficou entre 0,15 e 0,30. Embora a média das metodologias é similar, não se espera grandes diferenças para um determinado dia. A Simulação Histórica exponencial apresentou maior índice. Para o intervalo de confiança de 95%, as metodologias Simulação de Monte Carlo pesos fixos, Simulação de Monte Carlo exponencial, Simulação Histórica exponencial e VaR Delta-Normal exponencial tiveram índices maiores. Para o intervalo de confiança de 99%, a Análise de Cenário, Simulação de Monte Carlo exponencial, Simulação Histórica pesos fixos, Simulação Histórica exponencial e VaR Delta-Normal exponencial apresentaram maiores índices.

Analisando as medidas de viés de média relativa com as de viés da raiz quadrada da média relativa, concluímos que as medidas elevadas de viés da raiz quadrada da média relativa da Simulação de Monte Carlo exponencial, Simulação Histórica exponencial e VaR Delta-Normal exponencial (EWMA) indicam que os riscos mensurados por estas metodologias são menores que a média dos riscos

mensurados e portanto são metodologias menos conservadoras que seus pares. Enquanto a medida elevada de viés da raiz quadrada da média relativa da Análise de Cenário indica que ela é mais conservadora.

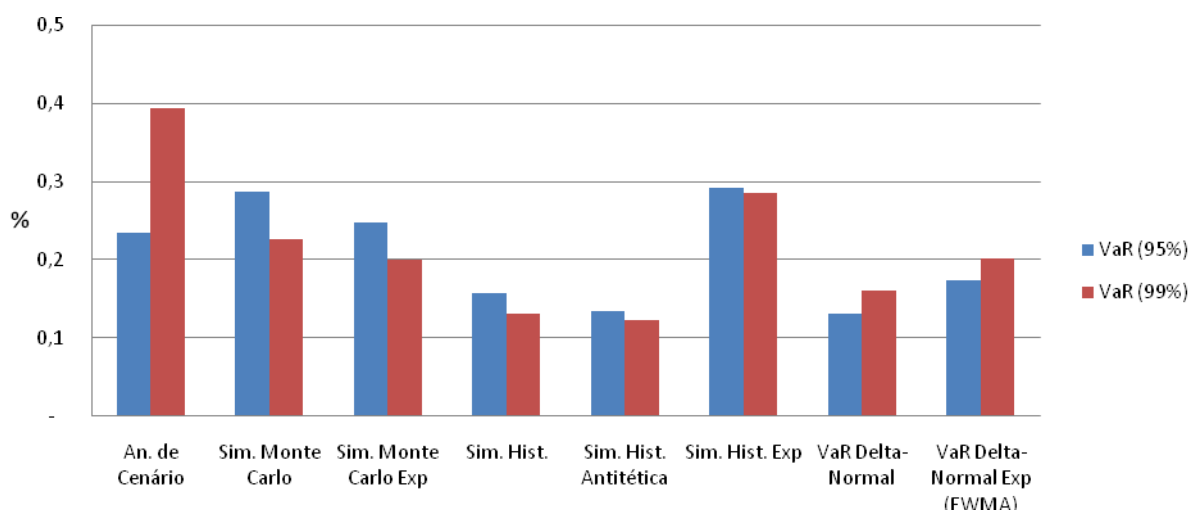


Gráfico 65 – Medida de Conservadorismo: Viés da Raiz Quadrada da Média Relativa da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável, a maioria das medidas ficou entre 0,10 e 0,30. No intervalo de confiança de 95%, a Simulação de Monte Carlo pesos fixos e a Simulação Histórica exponencial apresentaram índices maiores. Enquanto para o intervalo de confiança de 99%, a Análise de Cenário e Simulação Histórica exponencial apresentaram índices mais elevados em relação a média dos riscos mensurados.

Analisando as medidas de viés da média relativa com as de viés da raiz quadrada da média relativa, concluímos que as medidas elevadas de viés da raiz quadrada da média relativa da Simulação Histórica exponencial e VaR Delta-Normal exponencial (EWMA) indicam que os riscos mensurados por estas metodologias são menores que a média dos riscos mensurados e portanto são metodologias menos conservadoras que seus pares. Enquanto as medidas elevadas de viés da raiz quadrada da média relativa da Análise de Cenário e Simulação de Monte Carlo exponencial indicam que estas metodologias são mais conservadoras que seus pares.

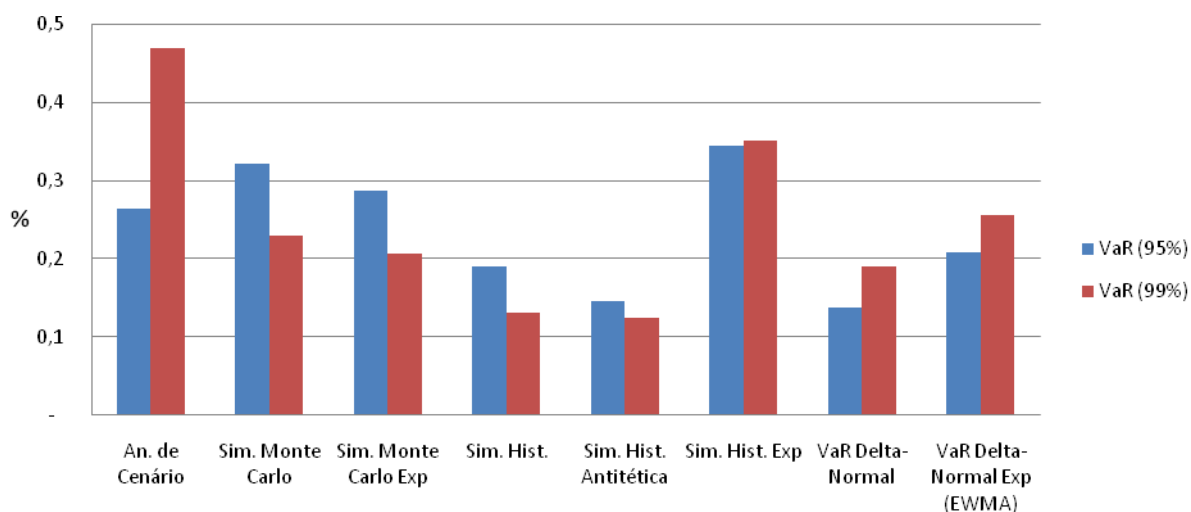


Gráfico 66 – Medida de Conservadorismo: Viés da Raiz Quadrada da Média Relativa da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira de renda mista, a maioria das medidas ficou entre 0,10 e 0,30. Para o intervalo de confiança de 95%, as metodologias Simulação de Monte Carlo pesos fixos e Simulação Histórica exponencial apresentaram maiores índices. Para o intervalo de 99%, a Análise de Cenário e Simulação Histórica exponencial apresentaram maiores índices.

Analisando as medidas de viés de média relativa e as de viés da raiz quadrada da média relativa, concluímos que as medidas elevadas de viés da raiz quadrada da média relativa da Simulação Histórica exponencial e VaR Delta-Normal exponencial (EWMA) indicam que os riscos mensurados por estas metodologias são menores que a média dos riscos mensurados e portanto são metodologias menos conservadoras que seus pares. Enquanto que a medida elevada de viés da raiz quadrada da média relativa da Análise de Cenário indica que ela é mais conservadora que seus pares.

5.2. Medidas de Precisão

Mede se a estimativa do VaR é suficiente para cobrir os riscos de mercado, ou seja, se a metodologia é conservadora na hora certa. Em particular, quando falamos de precisão, estamos falando da quantidade de vezes que as perdas são maiores que a estimativa do VaR.

5.2.1. Função de Perda Geral

Lopez (1998) propôs a função de perda para avaliar a precisão das metodologias de mensuração de risco de mercado para os órgãos de supervisão e regulamentação bancária. A forma genérica da função de perda no tempo t é:

$$L_{t+1} = f(\Delta P_{t+1}, VaR_t) \text{ se } \Delta P_{t+1} < VaR_t$$

$$L_{t+1} = g(\Delta P_{t+1}, VaR_t) \text{ se } \Delta P_{t+1} \geq VaR_t$$

onde as funções $f() \geq g()$ e ΔP é o retorno realizado.

5.2.1.1. Função de Perda Binária

Mede a quantidade de vezes que as perdas são maiores que o VaR estimado. Este termo é conhecido como exceção e aplica-se o mesmo peso para cada evento na qual a perda excede o VaR e todos os outros retornos tem peso zero.

$$L_{t+1} = 1 \text{ se } \Delta P_{t+1} < VaR_t$$

$$L_{t+1} = 0 \text{ se } \Delta P_{t+1} \geq VaR_t$$

Se a metodologia de mensuração de risco de mercado fornece o nível de cobertura definido pelo intervalo de confiança, logo a função de perda binária média será igual a 5% para 95 percentil do VaR e 1% para 99 percentil do VaR.

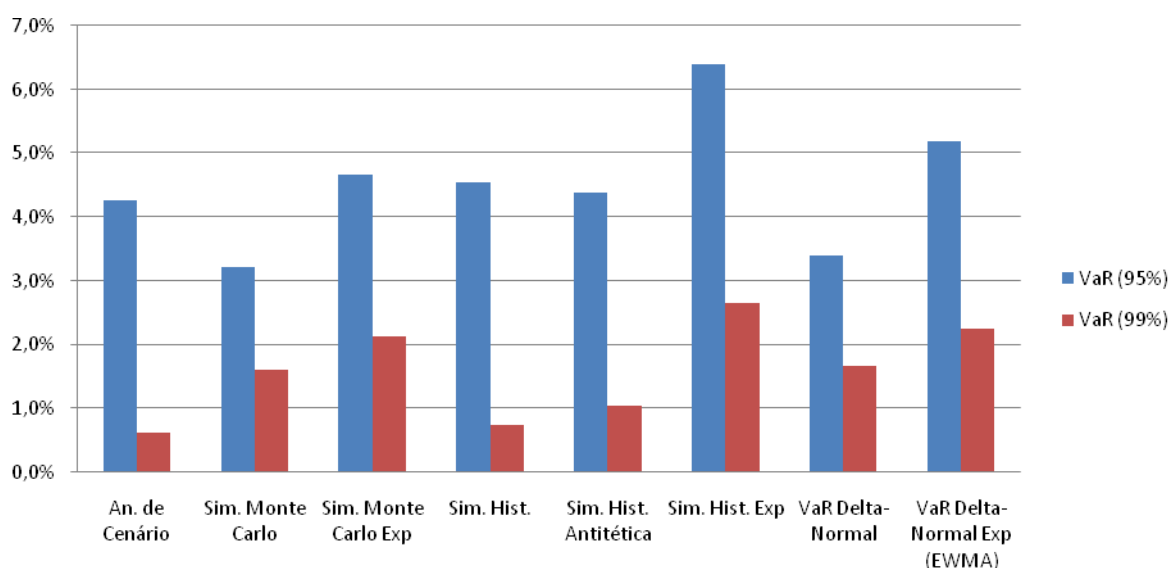


Gráfico 67 – Medida de Precisão: Função de Perda Binária da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa e intervalo de confiança de 95%, notamos que a maioria das metodologias produziu exceção próxima do benchmark de 5%. Para o intervalo de confiança de 99%, a maioria das metodologias, com exceção da Análise de Cenário e Simulação Histórica pesos fixos, subestimou os riscos.

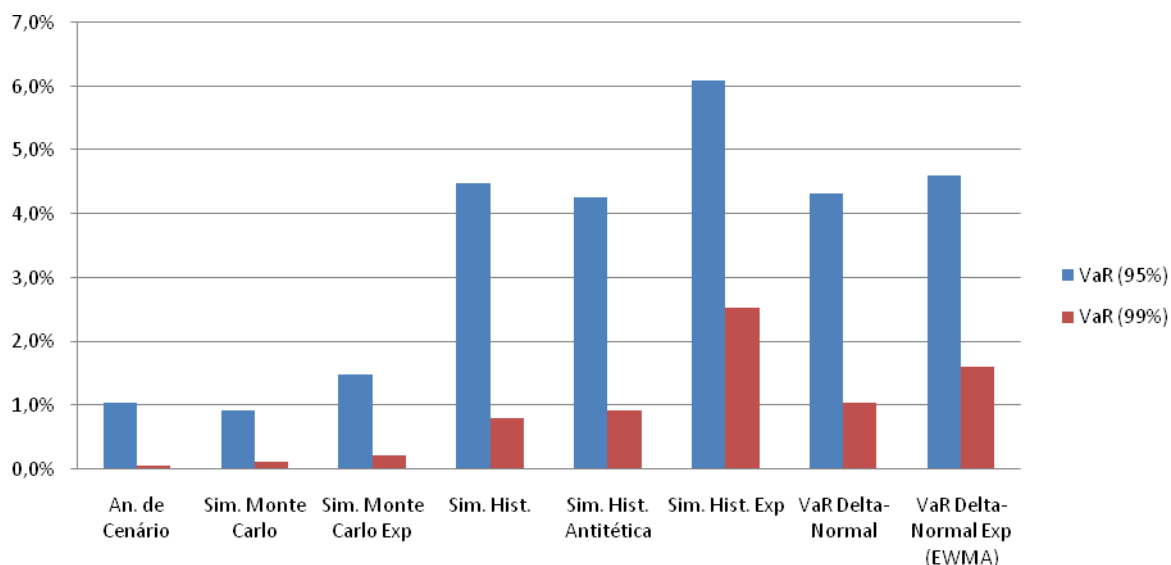


Gráfico 68 – Medida de Precisão: Função de Perda Binária da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável e intervalo de confiança de 95%, as metodologias Análise de Cenário, Simulação de Monte Carlo pesos fixos e

Simulação de Monte Carlo exponencial superestimaram os riscos. Para o intervalo de confiança de 99%, as metodologias Análise de Cenário, Simulação de Monte Carlo pesos fixos e Simulação de Monte Carlo exponencial superestimaram os riscos, enquanto que a Simulação Histórica exponencial subestimou os riscos.

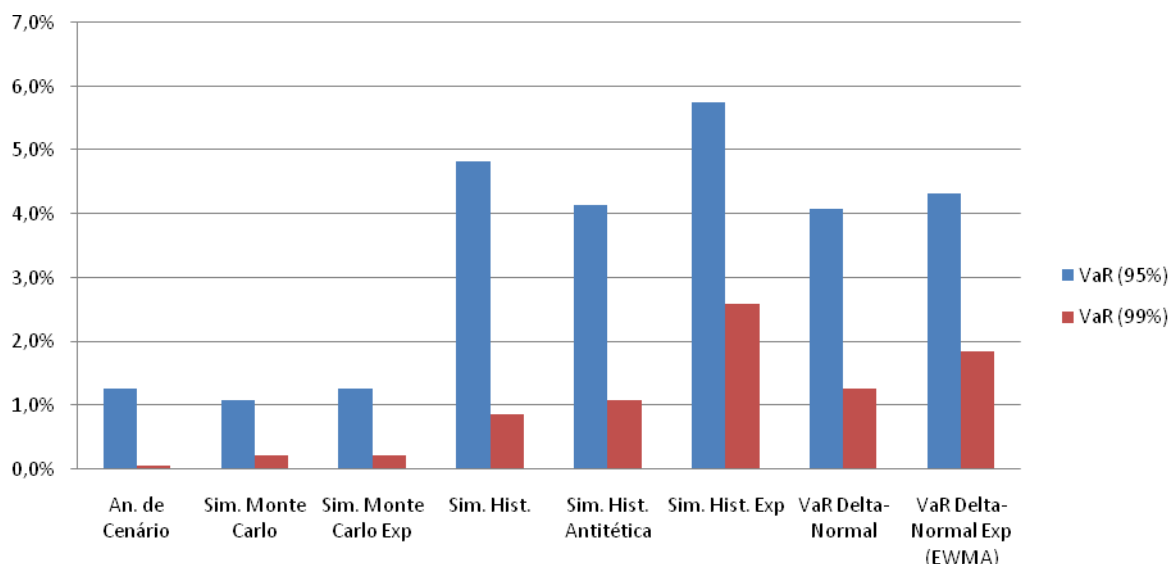


Gráfico 69 – Medida de Precisão: Função de Perda Binária da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira de renda mista e intervalo de confiança de 95%, as metodologias Análise de Cenário, Simulação de Monte Carlo pesos fixos e Simulação de Monte Carlo exponencial superestimaram os riscos. Para o intervalo de confiança de 99%, as metodologias Análise de Cenário, Simulação de Monte Carlo pesos fixos e Simulação de Monte Carlo exponencial superestimaram os riscos, enquanto que a Simulação Histórica exponencial e o VaR Delta-Normal exponencial subestimaram os riscos.

5.2.1.2. Função de Perda Quadrática

Esta função mede a magnitude das exceções. Lopez (1998) descobriu que a função de perda quadrática usa informações adicionais de tamanho das exceções fornecendo medidas mais poderosas de precisão do que a função de perda binária.

A função de perda quadrática penaliza mais as exceções do que a função de perda binária ou linear. Esta função é definida da seguinte forma:

$$L_{i,t} = 1 + (\Delta P_{i,t+1} - VaR_{i,t})^2 \text{ se } \Delta P_{i,t+1} < VaR_{i,t}$$

$$L_{i,t} = 0 \text{ se } \Delta P_{i,t+1} \geq VaR_{i,t}$$

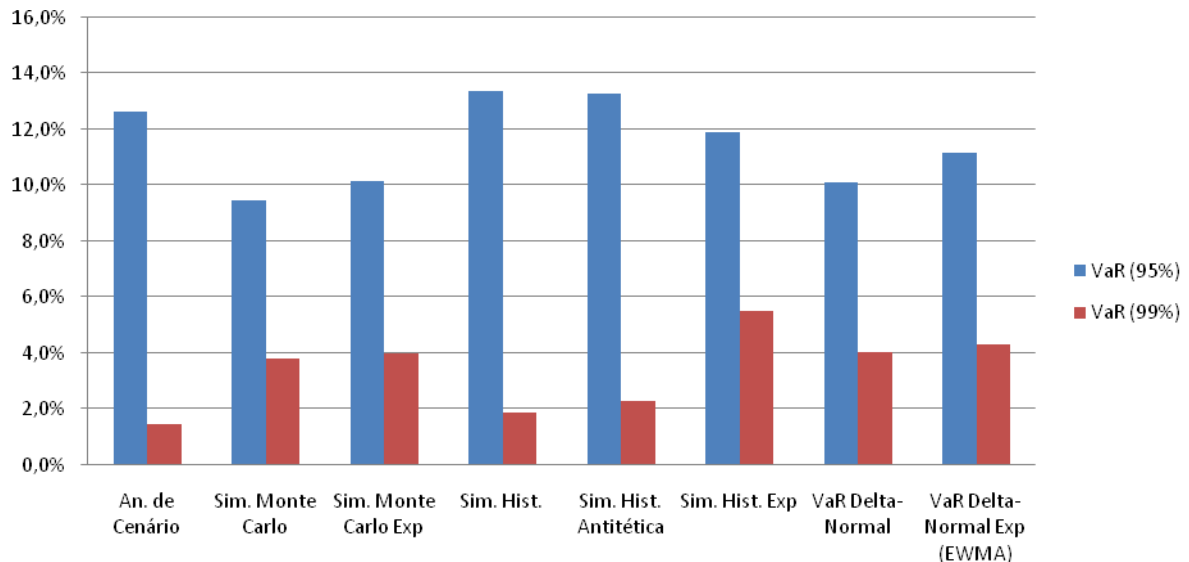


Gráfico 70 – Medida de Precisão: Função de Perda Quadrática da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa, a classificação relativa das metodologias da função de perda quadrática é muito próxima da função de perda binária. Isto sugere que há uma relação de proporção entre os números de exceções e a magnitude das exceções nas metodologias. No intervalo de confiança de 95%, a Simulação de Monte Carlo pesos fixos, Simulação de Monte Carlo exponencial e VaR Delta-Normal pesos fixos foram mais precisos, enquanto que no intervalo de confiança de 99%, a Análise de Cenário e Simulação Histórica pesos fixos foram mais precisos.

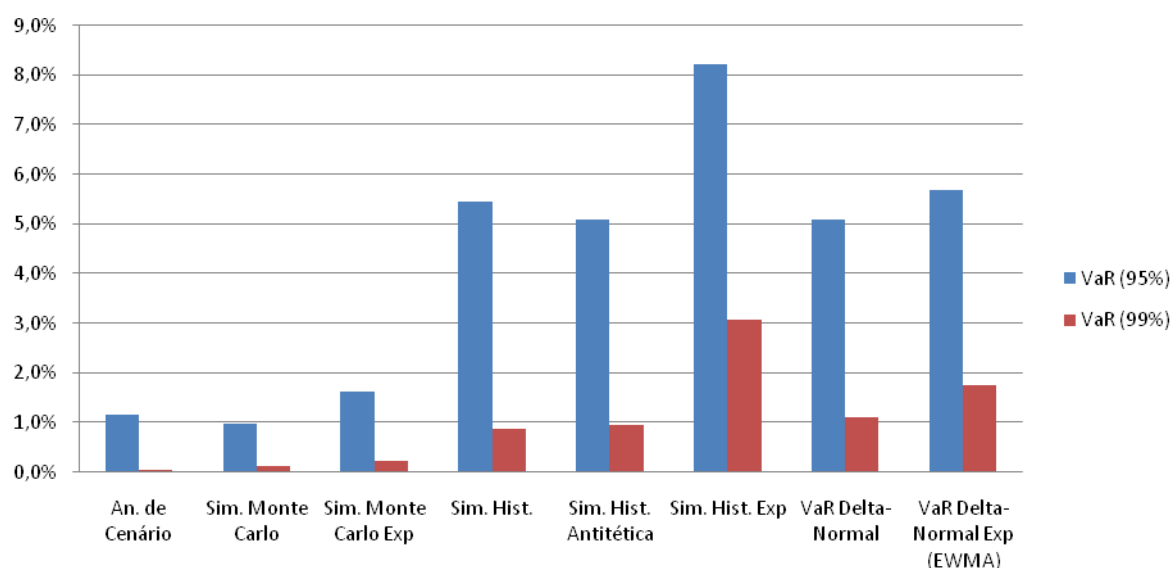


Gráfico 71 – Medida de Precisão: Função de Perda Quadrática da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável, a Simulação Histórica exponencial mostrou ser menos precisa. Tanto para o intervalo de confiança de 95% como para o intervalo de 99%, as metodologias Análise de Cenário, Simulação de Monte Carlo pesos fixos e Simulação de Monte Carlo exponencial mostraram mais precisão.

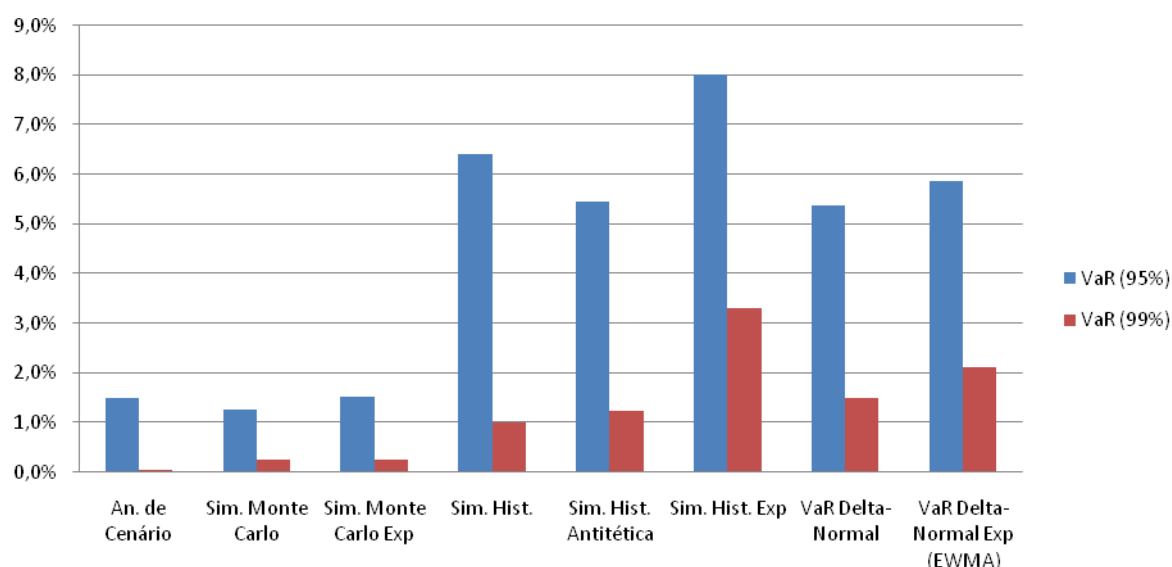


Gráfico 72 – Medida de Precisão: Função de Perda Quadrática da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira de renda mista, chegamos na mesma conclusão da carteira de renda variável.

5.2.2. Múltiplo para Obtenção de Cobertura

Para mostrar a magnitude das perdas que excede o VaR, nós comparamos os múltiplos necessários para obter a completa cobertura. O tamanho do erro é o foco deste critério.

Calculamos com base “ex-post”, o múltiplo necessário para o nível desejado de cobertura (95% ou 99%), temos:

$$F = T(1 - \alpha)$$

$$\text{onde } F = \sum_{t=1}^T 1 \text{ se } \Delta P_{t+1} < X \text{ VaR}_{i,t}$$

$$0 \text{ se } \Delta P_{t+1} \geq X \text{ VaR}_{i,t}$$

ΔP é o retorno realizado, T é o tamanho do histórico e α é o intervalo de confiança.

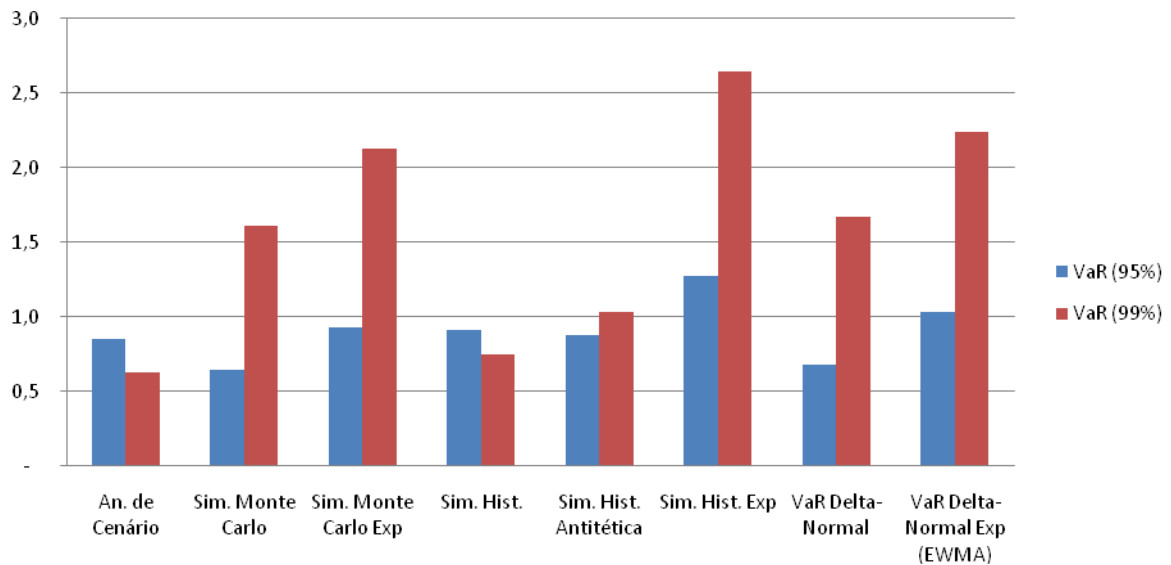


Gráfico 73 – Medida de Precisão: Múltiplos para Obtenção de Cobertura da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa e intervalo de confiança de 95%, os múltiplos para obtenção de cobertura, em geral, ficaram abaixo de 1. Isto indica que, na média, o VaR superestima o risco. As metodologias Simulação de Monte Carlo pesos fixos, Simulação de Monte Carlo exponencial, Simulação Histórica exponencial e VaR Delta-Normal exponencial subestimaram o risco. Para o intervalo de confiança de 99%, a maioria das metodologias apresentou medidas acima de 1,

indicando que a maioria destas metodologias subestimou o risco, com exceção da Análise de Cenário e Simulação Histórica pesos fixo.

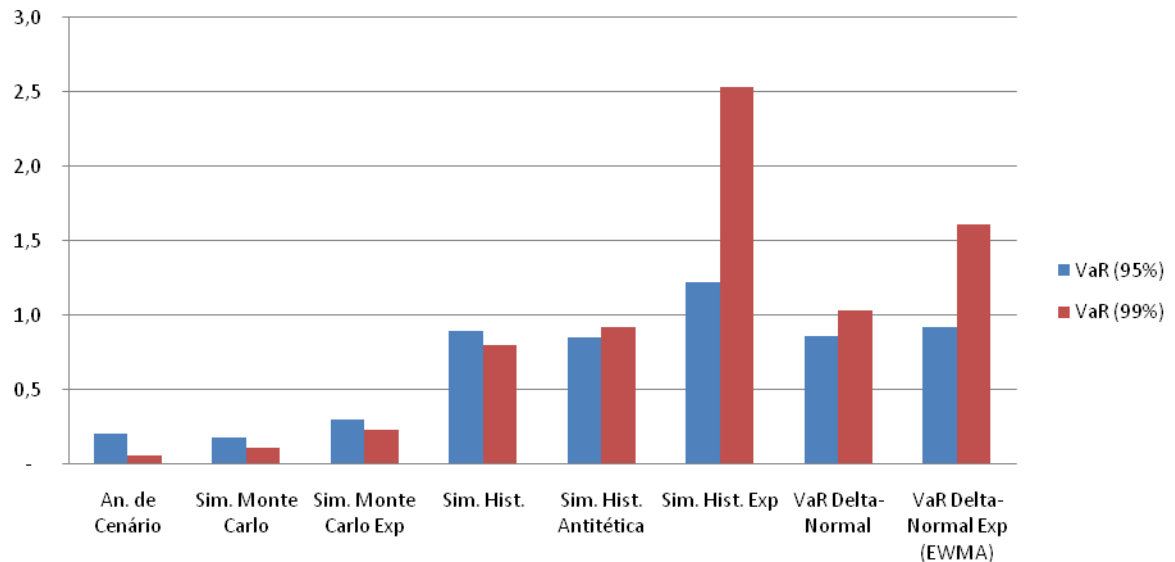


Gráfico 74 – Medida de Precisão: Múltiplos para Obtenção de Cobertura da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável e intervalo de confiança de 95%, a maioria das metodologias apresentou medidas abaixo de 1 indicando que estas metodologias superestimaram o risco, com exceção da Simulação Histórica exponencial. Para o intervalo de confiança de 99%, a maioria das metodologias também superestimou o risco, com exceção de Simulação Histórica exponencial e VaR Delta-Normal exponencial.

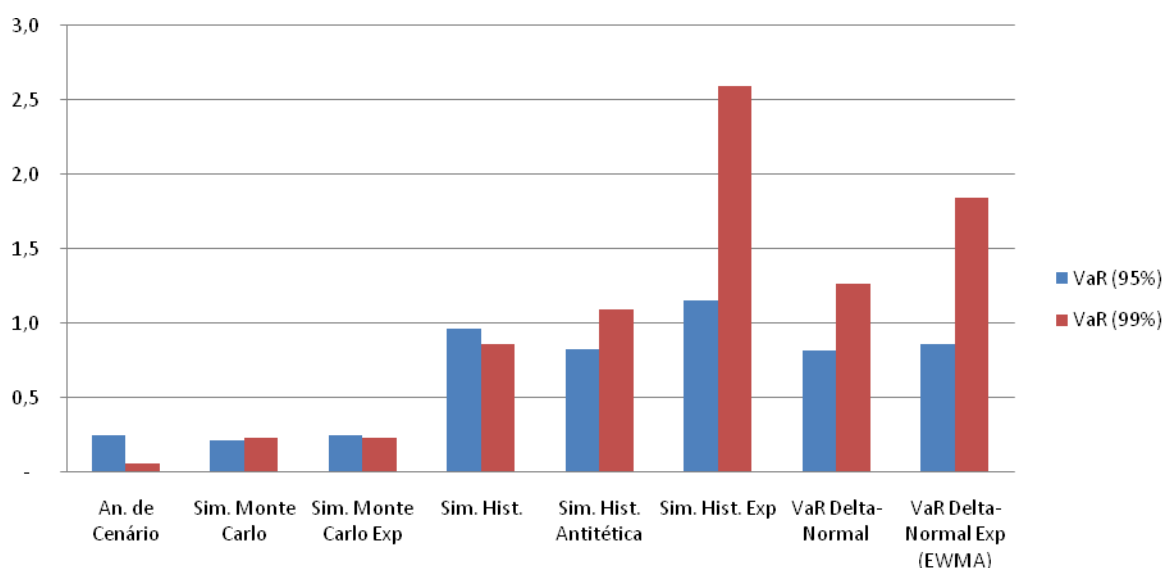


Gráfico 75 – Medida de Precisão: Múltiplos para Obtenção de Cobertura da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira de renda mista e intervalo de confiança de 95%, a maioria das metodologias apresentou medidas que indicam superestimação de risco, com exceção da Simulação Histórica exponencial. Para o intervalo de confiança de 99%, as metodologias Simulação Histórica exponencial, VaR Delta-Normal pesos fixos e VaR Delta-Normal exponencial subestimaram o risco.

5.2.3. Média de Perdas não Cobertas pela Razão do VaR

Este critério analisa o tamanho médio do excedente das perdas não cobertas pelo VaR. Cada vez que a perda for maior que o VaR estimado, calcula-se o múltiplo necessário para que o VaR se equivalha a magnitude da perda. É então calculada a média dos múltiplos:

$$AM_i = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M X_m$$

onde $X_m = \frac{VaR_{it}}{\Delta P_{i,t+1}}$ se $\Delta P_{i,t+1} < VaR$ e M é o número de exceções.

Se os retornos tivessem uma distribuição normal e o VaR fosse uma medida de risco completamente precisa, o evento médio da cauda pela razão do VaR seria 1,25 e 1,14 para os intervalos de confiança de 95% e 99% respectivamente.

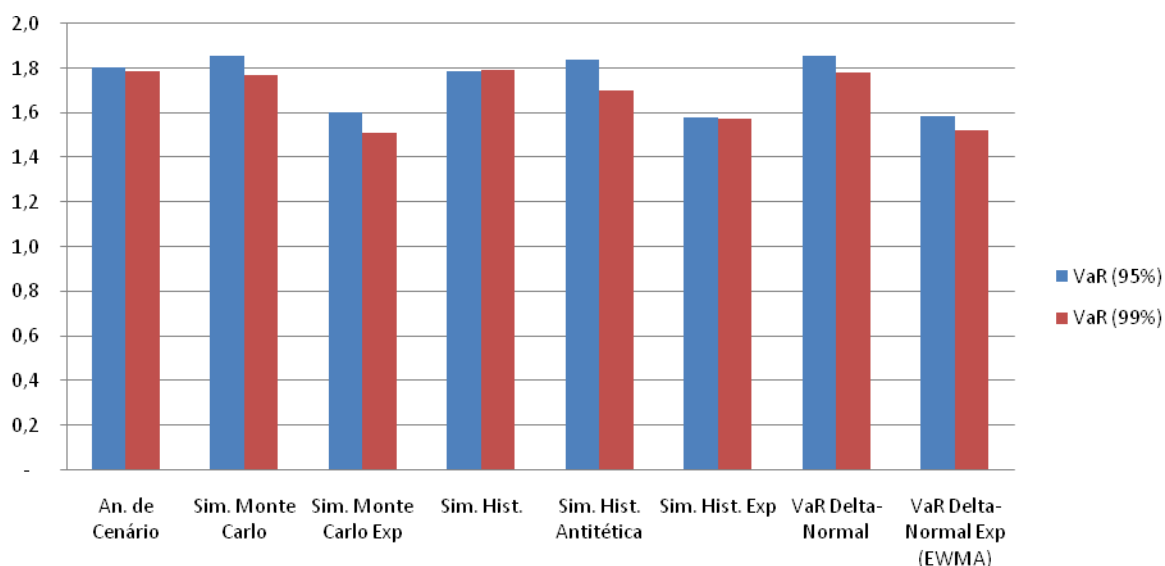


Gráfico 76 – Medida de Precisão: Média de Perdas não Cobertas pela Razão do VaR da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa, a média de perdas não cobertas pela razão do VaR é 1,74 e 1,68 respectivamente para os intervalos de confiança de 95% e 99%, bem acima do benchmark da distribuição normal, porém consistente com Hendricks (1996) e Engel e Gizycki (1999). Isto enfatiza o efeito dos “fat tails” na distribuição dos retornos. Uma explicação para esta diferença está no fato das metodologias produzirem valores estimados de VaR imprecisos, identificados pelas medidas da função de perda binária e da função de perda quadrática.

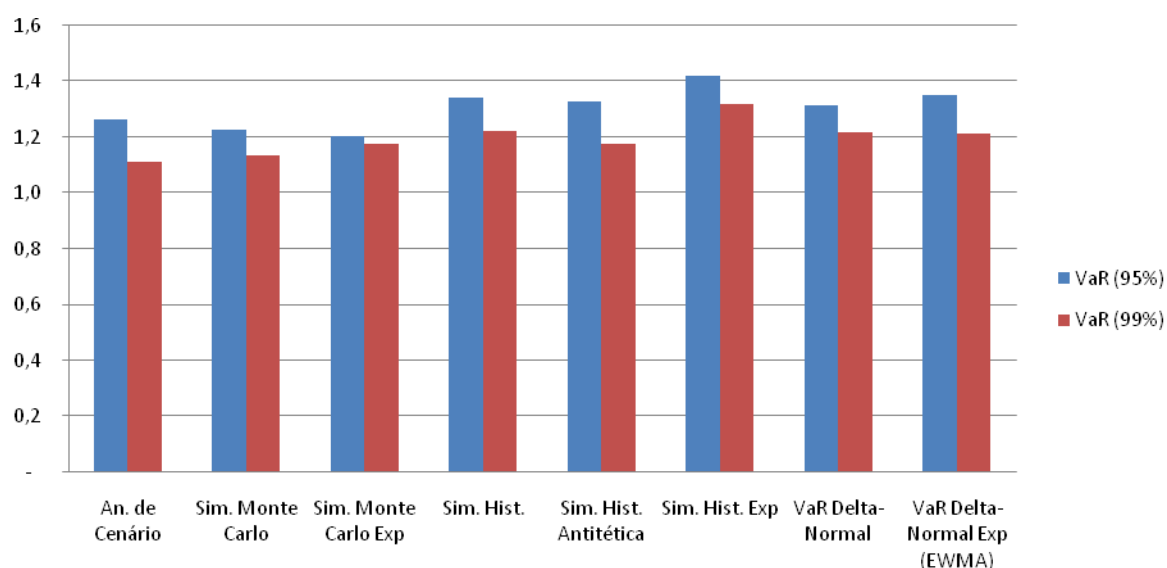


Gráfico 77 – Medida de Precisão: Média de Perdas não Cobertas pela Razão do VaR da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável, a média de perdas não cobertas pela razão do VaR é 1,31 e 1,20 respectivamente para os intervalos de confiança de 95% e 99%, indicando um número mais próximo do benchmark da distribuição normal. Podemos concluir que a mensuração do VaR é mais preciso e a distribuição dos retornos se aproxima da distribuição normal.

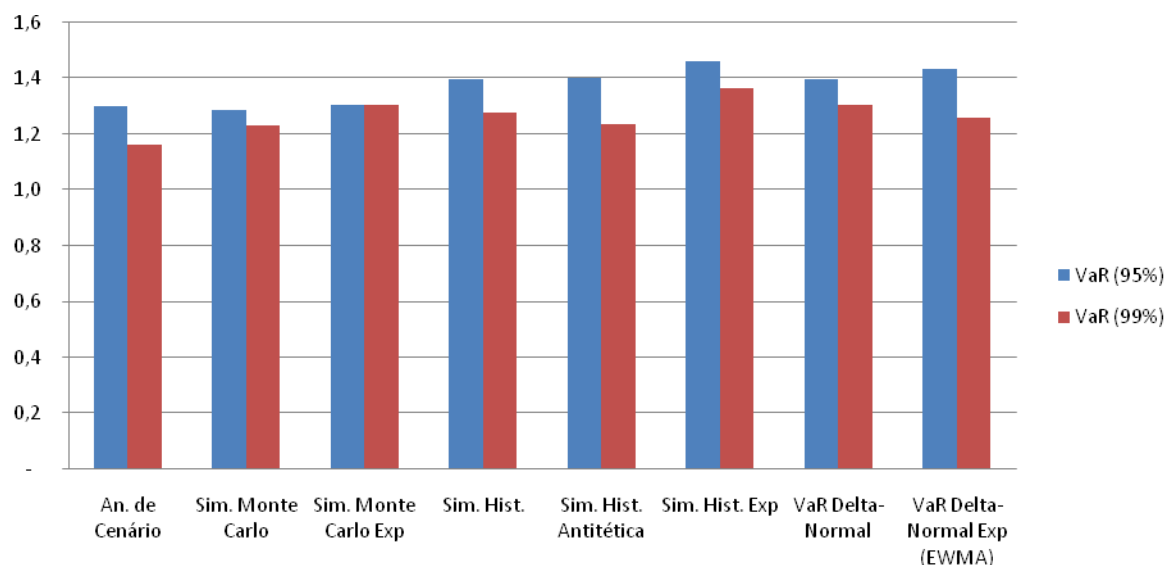


Gráfico 78 – Medida de Precisão: Média de Perdas não Cobertas pela Razão do VaR da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira mista, a média de perdas não cobertas pela razão do VaR é 1,37 e 1,27 respectivamente para os intervalos de confiança de 95% e 99%.

Também indicando maior precisão na estimativa do VaR e a distribuição dos retornos se aproxima da distribuição normal.

5.2.4. Perda Máxima para Razão do VaR

Enquanto a medida anterior considera a média da razão de perda do VaR para todas as ocorrências onde as perdas excedem o VaR mensurado. Este critério considera apenas a maior destas razões observadas durante o período analisado.

Isto fornece uma outra medida de “fatness” da cauda da distribuição dos retornos e um guia para relativizar as perdas capturadas pelas metodologias de mensuração de risco de mercado e a eventos de stress.

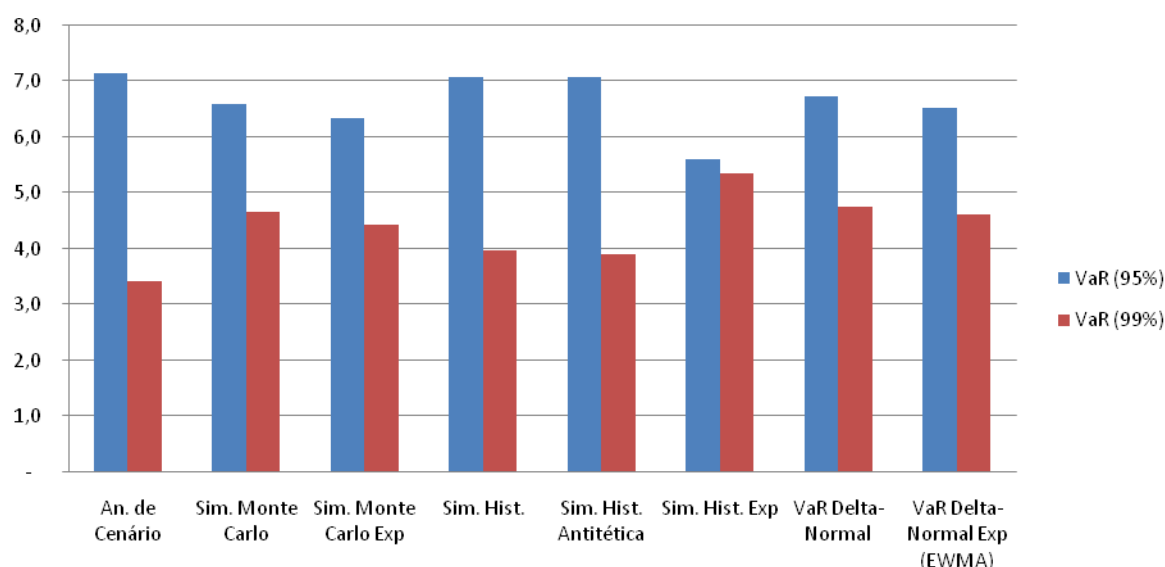


Gráfico 79 – Medida de Precisão: Perdas Máxima para Razão do VaR da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa e intervalo de confiança de 95%, a perda máxima para razão do VaR variou na média 6 vezes o VaR mensurado. A Simulação Histórica exponencial apresentou a menor perda máxima para razão do VaR. Isto significa que esta metodologia é preferida em relação às outras metodologias. Para o intervalo de confiança de 99%, a perda máxima para razão do VaR variou entre 3 a 6 vezes o VaR mensurado, sendo que a Análise de Cenário apresentou a menor perda máxima para razão do VaR.

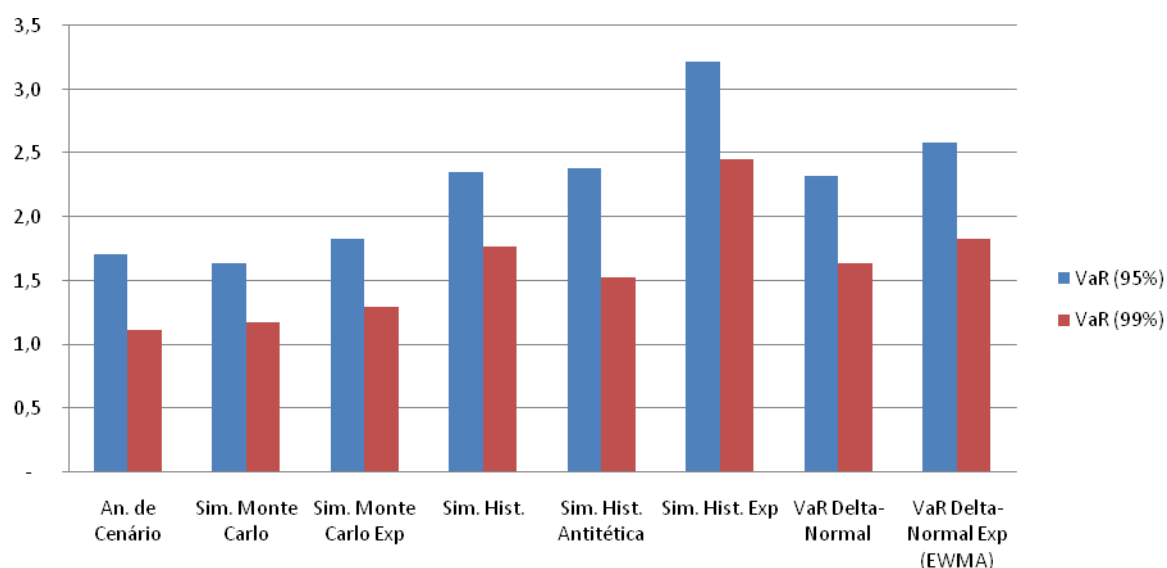


Gráfico 80 – Medida de Precisão: Perdas Máxima para Razão do VaR da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável e intervalo de confiança de 95%, a perda máxima para razão do VaR variou entre 1,5 a 3,5 vezes o VaR mensurado. A Análise de Cenário, Simulação de Monte Carlo pesos fixos, Simulação Monte Carlo exponencial apresentaram as menores perdas máximas para razão do VaR. Para o intervalo de confiança de 99%, a perda máxima para razão do VaR variou entre 1,0 a 2,5 vezes o VaR mensurado.

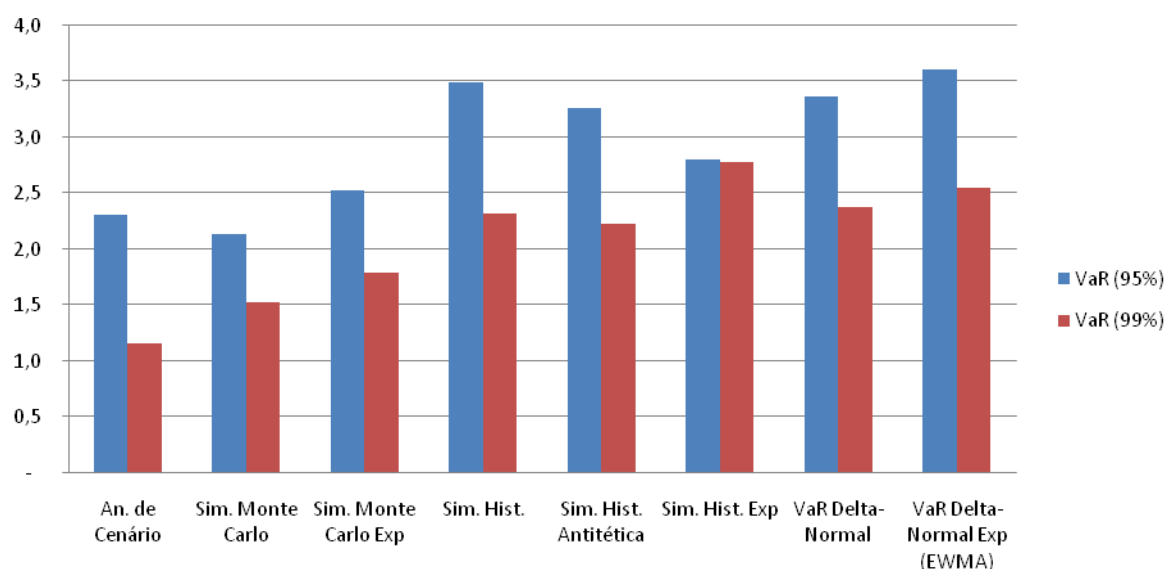


Gráfico 81 – Medida de Precisão: Perdas Máxima para Razão do VaR da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira de renda mista e intervalo de confiança de 95%, a perda máxima para razão do VaR variou entre 2 a 4 vezes o VaR mensurado. Para o intervalo de confiança de 99%, a perda máxima para razão do VaR variou entre 1,0 a 3,0 vezes o VaR mensurado.

5.3. Medidas de Eficiência

Uma boa medida de risco precisa estar fortemente correlacionada com a verdadeira exposição de risco da carteira. Uma medida conservadora, mas ineficiente, tende a superestimar os riscos em período de baixo risco. Similarmente, uma metodologia pode ser precisa no percentil apropriado da distribuição dos retornos, mas não implica necessariamente que ela seja adequada para acompanhar a evolução da exposição do risco ao longo do tempo. Medidas de eficiência são importantes para as autoridades de supervisão e para a gerência financeira das empresas com o objetivo de incentivar os “traders”. Uma metodologia eficiente fornece informações precisas de alocação de recursos para os “traders” e para a empresa como um todo. Consideramos 2 aspectos de eficiência das metodologias. Primeiro aspecto é a capacidade do modelo em fornecer adequada cobertura de risco com mínima alocação de capital. E segundo é a correlação entre o VaR mensurado e os retornos realizados.

5.3.1. Viés de Escala de Média Relativa

Esta medida determina qual é a escala para obter o nível de cobertura desejada. Para calculá-la, devemos seguir duas etapas. A primeira, escala com base “ex-post”, é multiplicar o VaR de cada metodologia pelo múltiplo necessário para obter exatamente 95% ou 99% de cobertura. A segunda é comparar a escala do VaR com seus tamanhos médios relativos usando viés de média relativa. A metodologia mais eficiente será aquela que produzir menor viés de escala de média relativa.

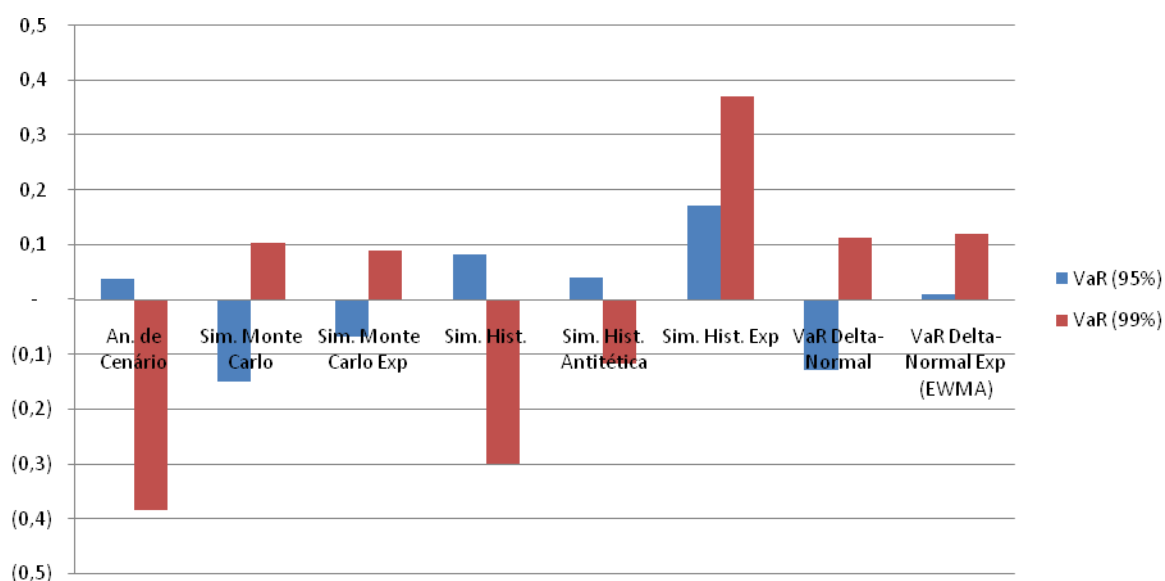


Gráfico 82 – Medida de Eficiência: Viés de Escala de Média Relativa da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa e intervalo de confiança de 95%, as medidas de viés de escala de média relativa variaram entre -20% e +20% indicando pequenas diferenças na eficiência entre elas, com exceção da Simulação de Monte Carlo pesos fixos e da Simulação Histórica exponencial. A Simulação de Monte Carlo pesos fixos mostrou-se mais eficiente perante as outras metodologias e a menos eficiente foi a Simulação Histórica exponencial. Para o intervalo de 99%, as medidas de viés de escala de média relativa variaram bastante. O mais eficiente foi Análise de Cenário seguida de Simulação Histórica pesos fixos. O menos eficiente foi a Simulação Histórica exponencial.

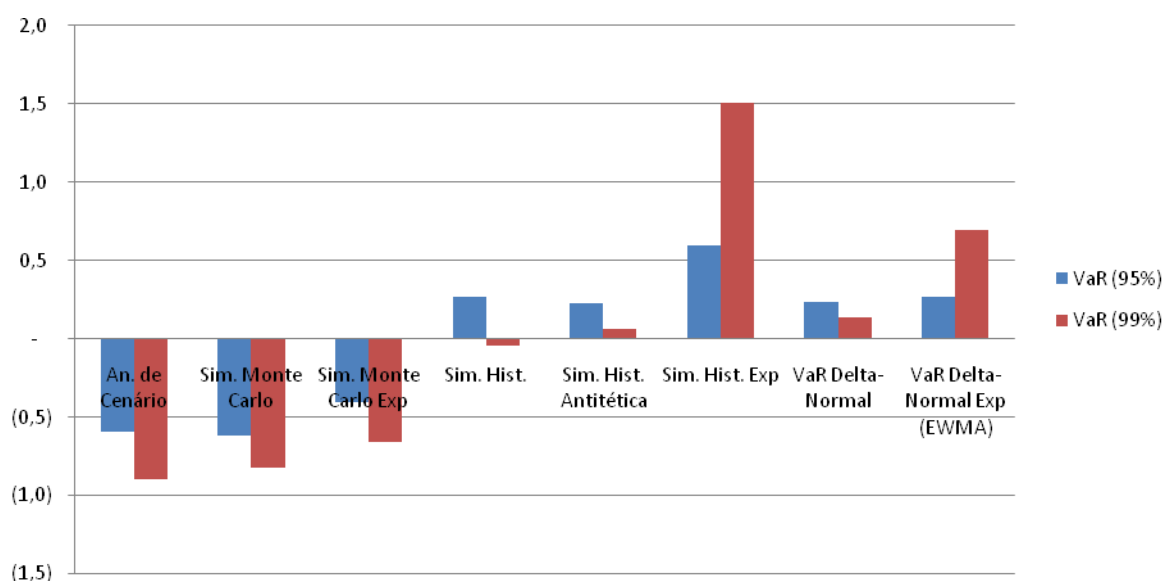


Gráfico 83 – Medida de Eficiência: Viés de Escala de Média Relativa da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável, tanto para intervalos de confiança de 95% e 99%, as medidas de viés de escala de média relativa variaram bastante entre as metodologias. As metodologias mais eficientes foram: Análise de Cenário, Simulação de Monte Carlo pesos fixos e Simulação de Monte Carlo exponencial. A menos eficiente foi Simulação Histórica exponencial.

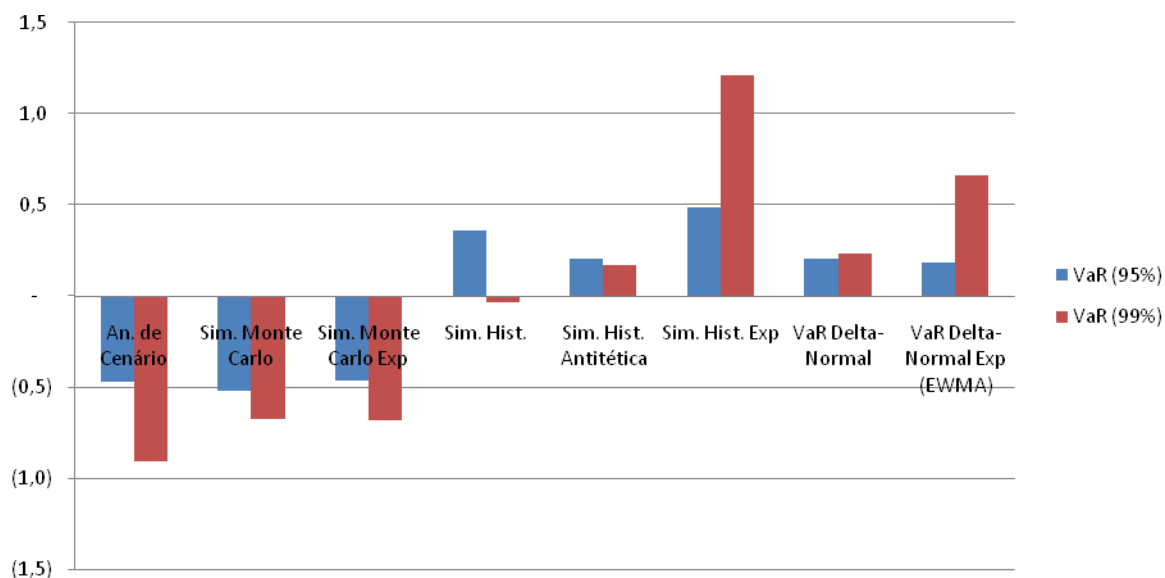


Gráfico 84 – Medida de Eficiência: Viés de Escala de Média Relativa da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira de renda mista, chegamos na mesma conclusão da carteira de renda variável.

5.3.2. Correlação

Um teste simples de eficiência é mensurar a correlação entre o VaR e os retornos absolutos. Para acompanhar o aumento da variância da distribuição dos retornos, deveria existir alguma correlação entre o VaR e os retornos. Considerando uma carteira de um único ativo, com o aumento da exposição de risco do ativo, a variância da distribuição destes retornos aumentaria e consequentemente o VaR aumentaria também.

Com o aumento da exposição de risco, retornos observados aumentariam. Este efeito pode não ser forte, porém a distribuição dos retornos observados será desenhada no centro da distribuição.

Dado que os modelos de VaR capturam a distribuição dos retornos não normais, a medida de correlação não está relacionada a hipótese das duas séries serem normalmente distribuída. O coeficiente de correlação ranqueada fornece esta medida. Chamaremos de X , a série de magnitude dos retornos e Y , a série do VaR. Ordenamos X e Y de acordo com suas séries. U_i igual a ordenação de X_i e V_i igual a ordenação de Y_i formando o coeficiente de correlação ranqueada. R é definido como a correlação entre U e V e para amostras suficientemente grandes $R \sim N(0,1)$.

A correlação ranqueada é mais alta do que a correlação padrão, em todos os casos o ranking relativo das metodologias baseadas nestas duas medidas são similares. Por esta razão mostramos somente um resumo gráfico da correlação ranqueada.

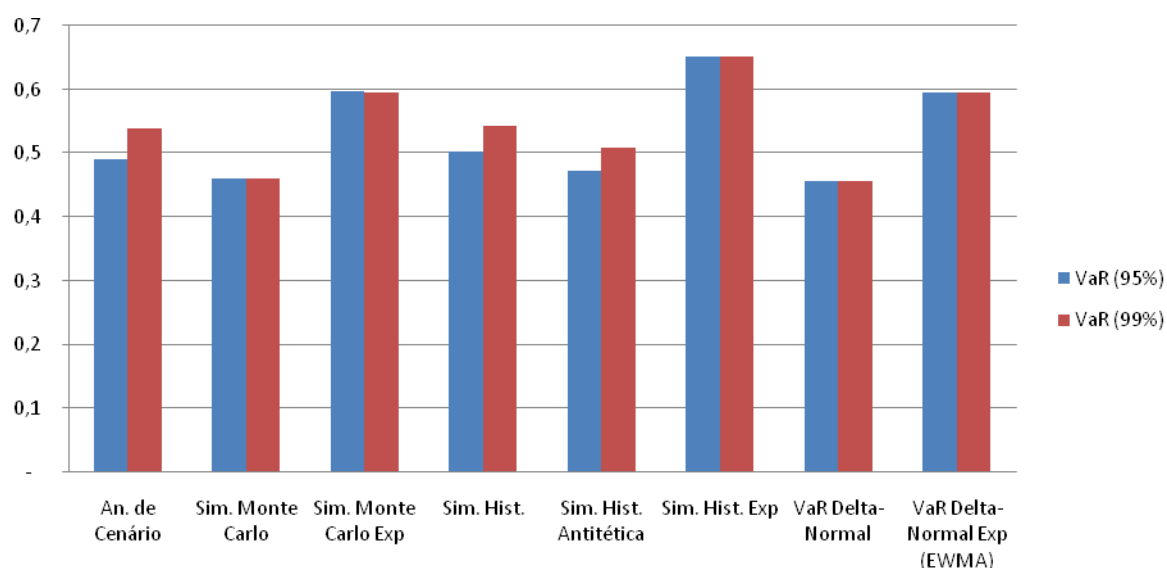


Gráfico 85 – Medida de Eficiência: Correlação da Carteira de Renda Fixa, 2000-2006.

Para a carteira de renda fixa, as metodologias que tiveram menor correlação com a distribuição dos retornos foram Simulação de Monte Carlo pesos fixos, Simulação Histórica Antitética pesos fixos e VaR Delta-Normal pesos fixos. A Simulação de Monte Carlo pesos fixos, Simulação de Monte Carlo exponencial, VaR Delta-Normal pesos fixos e VaR Delta-Normal exponencial não tiveram diferenças nas correlações para os intervalos de confiança de 95% e 99%.

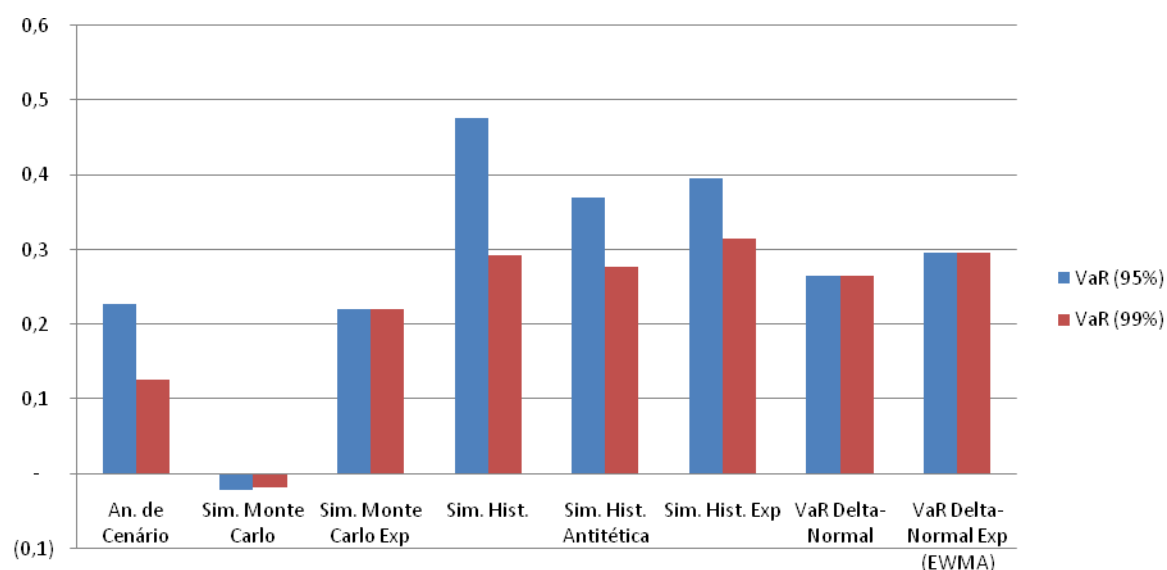


Gráfico 86 – Medida de Eficiência: Correlação da Carteira de Renda Variável, 2000-2006.

Para a carteira de renda variável, as metodologias apresentaram baixa correlação com a distribuição dos retornos. A Simulação de Monte de Carlo pesos fixos apresentou correlação negativa tanto para intervalos de confiança de 95% e 99%. As metodologias Simulação de Monte Carlo exponencial, VaR Delta-Normal pesos fixos e VaR Delta-Normal exponencial apresentaram a mesma correlação tanto para intervalos de confiança de 95% como para 99%.

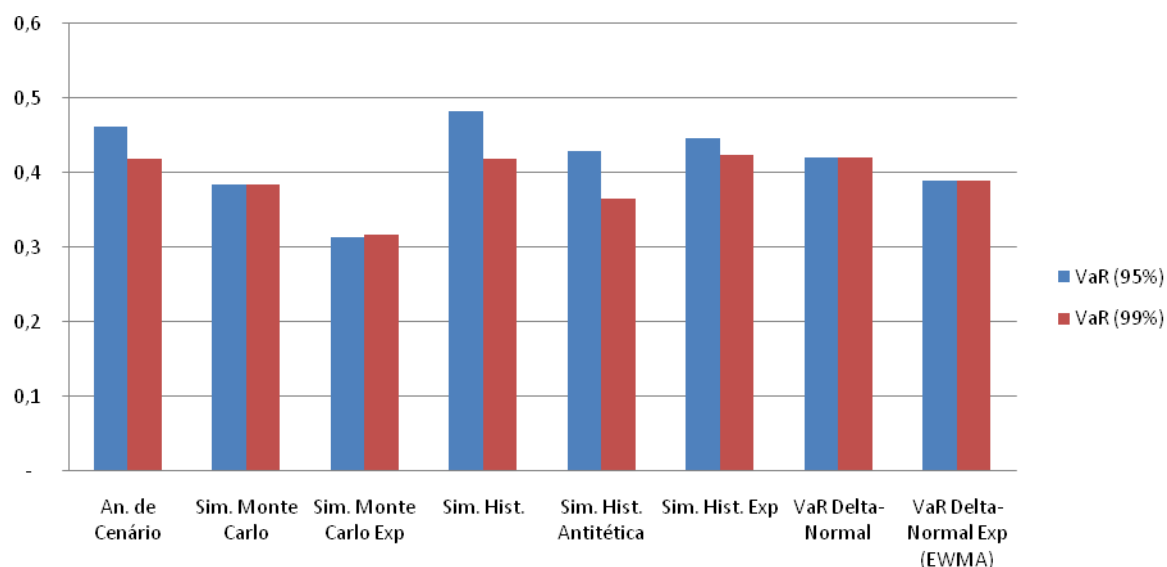


Gráfico 87 – Medida de Eficiência: Correlação da Carteira de Renda Mista, 2000-2006.

Para a carteira de renda mista, a metodologia que apresentou menor correlação foi Simulação de Monte Carlo exponencial. A Simulação de Monte Carlo pesos fixos, VaR Delta-Normal pesos fixos e VaR Delta-Normal exponencial apresentaram a mesma correlação tanto para intervalos de confiança de 95% como para 99%.

5. CONCLUSÃO

Com base nas medidas de performance apresentadas e nos resultados encontrados, seguem algumas conclusões.

A Simulação Histórica pesos fixos mostrou-se uma metodologia mais conservadora para a carteira de renda fixa e menos conservadora para as carteiras de renda variável e renda mista. É uma metodologia precisa, mas quando acontecem exceções, o valor das perdas são relativamente maiores que o VaR mensurado. Uma explicação para este fato é a lentidão que esta metodologia apresenta para refletir eventos recentes. Ela é mais eficiente para a carteira de renda fixa do que para as carteiras de renda variável e renda mista.

Apesar de impormos uma simetria na distribuição dos retornos da carteira, não notamos diferenças relevantes entre a Simulação Histórica Antitética pesos fixos e a Simulação Histórica pesos fixos.

A Simulação Histórica exponencial mostrou-se uma metodologia menos conservadora. É uma metodologia menos precisa, porém quando acontecem exceções, os valores das perdas são relativamente menores que o VaR mensurado. A reação aos acontecimentos recentes do mercado com atraso de um período e a necessidade de um histórico menor devido à associação de pesos explica este fato. Apesar do VaR mensurado ter uma correlação ranqueada relativamente alta com as perdas realizadas, ela é ineficiente.

A Análise de Cenário mostrou-se muito conservadora. É uma metodologia precisa para a carteira de renda fixa e menos precisa para a carteira de renda variável e renda mista, superestimando o risco mensurado. A explicação para este fato está na definição da hipótese desta metodologia. Ela é eficiente.

VaR Delta-Normal pesos fixos mostrou ser menos conservadora. É uma metodologia precisa, porém quando acontecem exceções, o valor das perdas são relativamente maiores que o VaR mensurado. A explicação para este fato é a

hipótese da metodologia assumir uma distribuição normal nos retornos da carteira. No mundo real, acontece distribuição de retornos acima das caudas da curva normal, que são conhecidos como “fat tails”. Ela é relativamente eficiente.

VaR Delta-Normal exponencial (EWMA) mostrou-se menos conservadora. É uma metodologia precisa para intervalo de confiança de 95% e menos precisa para intervalo de confiança de 99%. Quando acontecem exceções, o valor das perdas é relativamente menor que o VaR mensurado. A mesma explicação do VaR Delta-Normal pesos fixos se aplica nesta metodologia. Ela não foi tão eficiente quanto VaR Delta-Normal pesos fixos.

A Simulação de Monte Carlo pesos fixos mostrou-se conservadora. Apesar de não ter excedido o limite de exceções para cada intervalo de confiança, é uma metodologia que apresentou com poucas exceções devido a superestimação do VaR mensurado para as carteiras de renda variável e renda mista. Ela é eficiente.

A Simulação de Monte Carlo exponencial mostrou-se conservadora. Também não excedeu o limite de exceções para cada intervalo de confiança. É uma metodologia que também superestimou o VaR mensurado, porém menos que a Simulação de Monte Carlo pesos fixos. Ela é eficiente.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugerimos os seguintes temas:

- 1) Aplicação das metodologias apresentadas nesta dissertação para carteiras de moedas estrangeiras;
- 2) Aplicação da metodologia Análise de Componentes Principais (PCA) na carteira de renda fixa, aplicação da metodologia Análise de Componentes Independentes (ICA) na carteira de renda variável e comparação dos resultados;
- 3) Aplicação das metodologias apresentadas nesta dissertação numa carteira de derivativos (Futuros, Forwards, Opções, Swaps, Notas Estruturadas, ...).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abken, Peter A., “An Empirical Evaluation of Value at Risk by Scenario Simulation”, 2000.
- Alexander, C. e C. Leigh, “On the Covariance Matrices Used in Value-at-Risk Models”, The Journal of Derivatives, Spring 1977, pp. 50-62.
- Boudoukh, J., Richardson, M. e Whitelaw, R., “The Best of Both Worlds”, Risk 1998, 11(5), pp. 64-67.
- Cassidy, C. e M. Gizycki, “Measuring Traded Market Risk: Value-at-Risk and Backtesting Techniques”, Reserve Bank of Australia Research Discussion Paper, No. 9708, 1997.
- Chorafas, Dimitris N., “The Market Risk Amendment: Understanding the Marking-to-Model and Value-at-Risk”, 1998.
- Dowd, Kevin, “Measuring Market Risk”, 2nd edition, 2005.
- Dwyer, Jerry, “Quick and Portable Random Number Generators”, C/C++ Users Journal (June 1995), 33-34.
- Engel, J. e M. Gizycki, “Value-at-Risk: On the Stability and Forecasting of the Variance-Covariance Matrix”, Reserve Bank of Australia Research Discussion Paper, Forthcoming, 1999.
- Engel, James e Marianne Gizycki. “Conservatism, Accuracy, and Efficiency: Comparing Value-at-Risk Models”, Working Paper 2, Australian Prudential Regulation Authority, March 1999.
- Gizycki, M. e N. Hereford, “Assessing the Dispersion in Banks` Estimates of Market Risk: The Results of a Value-at-Risk Survey”, Australian Prudential Regulation Authority, Discussion Paper 1, 1998.
- Frye, Jon, “Monte Carlo by Day: Intraday Value-at-Risk Using Monte Carlo Simulation”, 1998.
- Hendricks, D., “Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data”, Federal Bank of New York, Economic Policy Review, April 1996, pp. 39-69.
- Hill, B., “A Simple General Approach to Inference About the Tail of a Distribution”, Annals of Statistics 35, 1975, pp. 1163-1173.
- Holton, G., “Simulating Value-at-Risk”, Risk, May 1998, 11(5), pp. 60-63.

- Jorion, Philippe, “Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk”, 2nd edition, 2001.
- Jorion, Philippe, “Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk”, 3rd edition, 2007.
- Jolliffe, I.T., “Principal Component Analysis”, 2nd edition, 2002.
- JP Morgan and Reuters, “RiskMetrics™ - Technical Document”, Fourth Edition, 1996, New York.
- Lewis, Nigel Da Costa. “Market Risk Modelling: Applied Statistical Methods for Practitioners”. Risk Books, 2003.
- Lima, Luiz Renato e Néri, Breno Pinheiro, “Comparing Value-at-Risk Methodologies”, Brazilian Review of Econometrics, Maio 2007, Brasil.
- Lopes, J., “Methods for Evaluating Value-at-Risk Estimates”, Federal Reserve Bank of New York, Research Paper No. 9802, 1998.
- Milone, Mário Cesar M. e Famá, Rubens, “Avaliação de Risco: Modelos Simplificados de VaR ao Alcance de Investidores Não-Institucionais”, V SEMEAD, Junho 2001, Brasil.
- Mollica, Marcos Antônio, “Uma Avaliação de Modelos de Value-at-Risk: Comparação entre Métodos Tradicionais e Modelos de Variância Condicional”. FEA – USP, 1999, Brasil.
- Paiva, Antônio Cláudio R. e Sain, Paulo K. S., “Riscos em Sistemas de Avaliação de Riscos de Mercado”, Resenha 130 BM&F, Fevereiro 1999, Brasil.
- Sain, Paulo K. S., “Estudo Compartivo dos Modelos de Value-at-Risk para Instrumentos Pré-Fixados”, FEA – USP, 2001, Brasil.
- Zangari, P., “An Improved Methodology for Measuring VaR”, RiskMetrics™ - Monitor, Second Quarter 1996, New York.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Softwares utilizados:

- MS Office Access 2007;
- MS Office Excel 2007;
- MATLAB R2006a.

APÊNDICE B – Funções usadas:

- MS Office Access 2007

- ✓ Table;
- ✓ Query;
- ✓ VBA.

- MS Office Excel 2007

- ✓ If;
- ✓ Countif;
- ✓ Count;
- ✓ Ln;
- ✓ Correl;
- ✓ Stdev;
- ✓ Mmult;
- ✓ Transpose;
- ✓ Normsinv;
- ✓ Small;
- ✓ Min;
- ✓ VBA.

- MATLAB R2006a

- ✓ Randn;
- ✓ Dlmwrite.

ANEXOS

ANEXO A – Feriados nacionais no Brasil

Feriados Nacionais	Feriados Nacionais	Feriados Nacionais	Feriados Nacionais	Feriados Nacionais	Feriados Nacionais	Feriados Nacionais
6/3/2000	1/1/2001	1/1/2002	1/1/2003	1/1/2004	7/2/2005	27/2/2006
7/3/2000	26/2/2001	11/2/2002	3/3/2003	23/2/2004	8/2/2005	28/2/2006
21/4/2000	27/2/2001	12/2/2002	4/3/2003	24/2/2004	25/3/2005	14/4/2006
1/5/2000	13/4/2001	29/3/2002	18/4/2003	9/4/2004	21/4/2005	21/4/2006
22/6/2000	1/5/2001	1/5/2002	21/4/2003	21/4/2004	26/5/2005	1/5/2006
7/9/2000	14/6/2001	30/5/2002	1/5/2003	10/6/2004	7/9/2005	15/6/2006
12/10/2000	7/9/2001	15/11/2002	19/6/2003	7/9/2004	12/10/2005	7/9/2006
2/11/2000	12/10/2001	25/12/2002	25/12/2003	12/10/2004	2/11/2005	12/10/2006
15/11/2000	2/11/2001			2/11/2004	15/11/2005	2/11/2006
25/12/2000	15/11/2001			15/11/2004		15/11/2006
	25/12/2001					25/12/2006