

Anne Elisa Tremocoldi Dantas

*Uso de Teoria dos Valores Extremos no  
Desenvolvimento de uma ferramenta auxiliar  
para Análises de Risco de Mercado*

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Diploma de Engenheiro de  
Produção – Área Mecânica.

São Paulo

2002

TF 2002  
D 2350

Anne Elisa Tremocoldi Dantas

*Uso de Teoria dos Valores Extremos no  
Desenvolvimento de uma ferramenta auxiliar  
para Análises de Risco de Mercado*

Trabalho de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo para  
obtenção do Diploma de Engenheiro de  
Produção – Área Mecânica.

Orientador:  
Prof. Dr. Israel Brunstein

São Paulo

2002

À minha mãe Maria Angélica  
o exemplo de garra e determinação  
que me trouxeram até aqui.

## AGRADECIMENTOS

A tarefa de escrever um agradecimento sem ser injusto com todas as pessoas que nos ajudaram nesta longa jornada não é fácil. Como poderemos garantir que a nossa pobre memória não nos trairá, deixando em um canto de seu labirinto uma lembrança igualmente importante, uma ajuda que, apesar de não tão grande, foi imprescindível ?

Gostaria de agradecer aos meus pais que sempre criaram um ambiente onde o estudo e a leitura foram incentivados, ensinando que nada vale mais do que o conhecimento adquirido.

Aos meus irmãos, que, por serem irmãos, souberam ajudar e atrapalhar nas melhores e piores horas, e que espero ver formados daqui a alguns anos, com seu trabalho de conclusão de curso nas mãos e lágrima nos olhos.

Ao Marcos Thiele, por ter tido a paciência de ler esse trabalho e direcioná-lo corretamente quando tornou-se necessário. E também por ser um daqueles chefes que temos orgulho de assim chamar.

Ao professor Israel Brunstein, pela orientação neste ano, e também por ter me dado a certeza que estava no caminho certo. E à Maria, pela paciência em atender meus infinitos telefonemas.

Aos demais colegas da área de risco de mercado, André Secron, Tatiana Robortella, Mariana Reis, Marcelo Agapito e Luiz Felipe Ferreria, pelo aprendizado contínuo em tantos meses de convivência, e também por me ensinarem o tamanho de minha ignorância. E também aos demais colegas do banco, que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

À Luciene, que apesar de não me conhecer, mostrou-se sempre solícita e disposta a ajudar quando as dificuldades tornaram-se cada vez maiores.

Ao Ricardo, pelo companheirismo e pela paciência em todos os momentos que passamos juntos.

À família Nakahodo, por sempre ter me incentivado a ir em frente, e por todo o carinho e dedicação. Devo a vocês muito do que sou hoje.

Aos meus amigos Guilherme, Rodrigo, César e Daniel que me mantiveram alegre nos finais de semana de sol em que tive que dedicar minha atenção a este trabalho integralmente.

À todos os meus amigos e colegas que, seja através das infinitas caronas, das idas a praia ou das infinatas conversas souberam me ensinar mais do que está escrito nos livros.

À todos os meus professores que nestes cinco anos colocaram as pedras nos lugares corretos para que cada um de nós alunos aprendesse a superá-las.

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho é elaborar uma ferramenta para complementar as análises de Risco de Mercado feitas pelo banco, baseadas no VaR – Valor em Risco, através da utilização de uma ferramenta auxiliar.

Inicialmente buscou-se levantar todos os conceitos que seriam relevantes ao estudo, tanto os de uso genérico, como os conceitos específicos que são utilizados pela instituição, e as deficiências apresentadas pelo modelo existente. Feito tal levantamento buscou-se aplicar o modelo elaborado e apontar os resultados obtidos através de uma análise para 42 dias de dados simulados, comparando-se o VaR, o método construído com o auxílio da EVT e um procedimento de Backtest, que fornece o que seriam os resultados reais caso a carteira existisse.

O desenvolvimento da ferramenta foi baseado na EVT – Teoria dos Valores Extremos, que é comumente utilizado para mensurar os impactos de uma catástrofe natural, como a ocorrência de uma enchente. O modelo foi adaptado e aplicado para situações de extremo na paridade entre a moeda brasileira e a moeda norte americana.

## ABSTRACT

The goal in this paper is to elaborate a complementary tool for the Market Risk analysis done by the bank, based on the VaR (Value at Risk) methodology, through the use of a auxiliary tool.

Initially, all the relevant concepts to study were gathered, both those of a more generic use and those of a more specific nature which are used by the institution, and also the shortcomings of the existing model. Once such a gathering was completed, the new model was applied and the resulting data, after a analysis of 42 days of simulated data, comparing it to the VaR, to the method constructed with the aid of the EVT and to a Backtest procedure, which supplies the real results of the existing portfolio.

The development of the tool was based on EVT – Extreme Values Theory – which is usually used to measure the impacts of a natural catastrophe, like a flood. The model was adapted and applied to extreme situations for the Brazilian currency against the American dollar.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>3</b>
1.1.Introdução .....	3
1.2.A instituição e a área onde o trabalho será realizado .....	5
<b>2.Risco de Mercado.....</b>	<b>7</b>
2.1.Tipos de Risco.....	7
2.2. Principais Conceitos Associados ao Risco de Mercado .....	11
2.3. O conceito de VaR – Valor em risco.....	16
2.4. O método utilizado pela instituição .....	22
<b>3.Contexto – O mercado de câmbio no Brasil.....</b>	<b>30</b>
3.1.A escolha do mercado de câmbio no Brasil para estudo de caso .....	30
3.2. O mercado de Câmbio Brasileiro .....	31
3.3. Principais Características e demais considerações .....	36
<b>4.Desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio com a utilização e EVT – Teoria dos valores Extremos.....</b>	<b>39</b>
4.1.Limitações do VaR e a necessidade de uma ferramenta auxiliar .....	39
4.2.A utilização de EVT – Teoria dos Valores Extremos.....	42
4.3.Vantagem da EVT sobre os testes de Stress comum.....	44
4.4.Montagem do Modelo e Considerações assumidas .....	46
<b>5.Análise dos resultados obtidos .....</b>	<b>57</b>
5.1. Geração dos parâmetros necessários – modelo físico .....	57
5.2. Apresentação dos resultados obtidos pelo novo método.....	59
5.3.Análise dos Resultados Obtidos em comparação com o método já existente .....	63
<b>6.Conclusão.....</b>	<b>67</b>
<b>7.Bibliografia .....</b>	<b>71</b>
<b>8. Anexos.....</b>	<b>75</b>
8.1. Série de spot utilizada – fonte Reuters.....	76
8.2. Valores para o VaR, P&L e VaR II (EVT) p = 0,5%. .....	80

## ÍNDICE DE TABELAS, GRÁFICOS E FIGURAS

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Tipos de Risco segundo Philippe Jorion.....	Pag.09
<b>Figura 2.2:</b> Exemplo de Fluxo de Caixa para operação hipotética.....	Pag.12
<b>Figura 2.3:</b> A Administração Financeira Moderna.....	Pag.16
<b>Figura 2.4:</b> o método utilizado pela instituição dentre os demais métodos.....	Pag.22
<b>Figura 3.1:</b> Liquidação de moeda nacional e estrangeira.....	Pag.35
<b>Figura 4.1:</b> Obtenção de parâmetros da GPD com uso de Excel e Splus/EVIS...	Pag.53
<b>Figura 4.2:</b> Tela de saída do Splus com valores dos parâmetros.....	Pag .54
<b>Figura 5.1:</b> Modelo físico do fluxo de informações.....	Pag. 58

### ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1:</b> Exemplo de cálculo de valor a mercado.....	Pag.14
<b>Tabela 2.2:</b> Nível de confiança (%) utilizado para cálculo de VaR.....	Pag.19
<b>Tabela 2.3:</b> Cálculo do novo valor de mercado com taxa acrescida de 0,01%....	Pag.24
<b>Tabela 2.4:</b> Cálculo do novo valor de mercado com taxa subtraindo-se 0,01%..	Pag.24
<b>Tabela 3.1 :</b> Volume de negociação do mercado de interbancário de dólar em setembro de 2002.....	Pag.33
<b>Tabela 4.1:</b> série de dólar Spot.....	Pag.50
<b>Tabela 4.2:</b> Valores de u e Nu calculados.....	Pag.52
<b>Tabela 4.3:</b> valores para os parâmetros $\beta$ (beta) e $\xi$ (xi).....	Pag.55

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 2.1:</b> Representação do VaR para uma série qualquer de retornos.....	Pag.18
<b>Gráfico 3.1:</b> Comparação entre a moeda brasileira e a moeda americana.....	Pag.34
<b>Gráfico 4.1:</b> Série de Spot utilizada para cálculo do VaR.....	Pag.50
<b>Gráfico 4.2:</b> VaR pelo método da instituição.....	Pag.51
<b>Gráfico 5.1:</b> Comparação entre VaR gerado com e sem o uso de EVT, $\alpha = 99,0\%$ .....	Pag.60
<b>Gráfico 5.2:</b> Comparação entre VaR gerado com e sem o uso de EVT, $\alpha = 99,99\%$ .....	Pag.61
<b>Gráfico 5.3:</b> Formato da Curva GPD para a primeira amostra de dados.....	Pag.62
<b>Gráfico 5.4:</b> Comparação entre o resultado real e a perda estimada pelo VaR.....	Pag.64
<b>Gráfico 5.5:</b> Comparação entre o resultado real e a perda estimada pelo VaR e VaR EVT.....	Pag.64
<b>Gráfico 5.6:</b> Comparação entre o resultado real e a perda estimada pelo VaR e VaR EVT.....	Pag.65

# **Introdução**

# **1. Introdução**

## **1.1. *Introdução***

São muitos os casos conhecidos de instituições financeiras que tiveram grandes perdas ou mesmo foram à falência por realizarem operações no mercado financeiro de diferentes países. Muitas vezes o resultado não ficou restrito a instituição e se espalhou para o mercado todo, prejudicando o funcionamento dos sistemas financeiros. Em muitos casos as instituições envolvidas não estavam plenamente cientes dos riscos assumidos por seus operadores, foram então surpreendidas por situações inusitadas. Tem sido comum e pertinente a criação de mecanismos de controle das posições pelos órgãos fiscalizadores dos diferentes países com o intuito de evitar que isso aconteça.

Foi dentro deste contexto que surgiu o risco de mercado e mais especificamente o VaR – Valor em Risco (Value at Risk). Este conceito difundiu-se rapidamente e consolidou-se como uma maneira eficiente de controlar posições e prevenir perdas nos mercados financeiros do mundo todo. As formas e métodos evoluíram e estão se tornando cada vez melhores em sua função. Através do VaR é possível que a instituição tenha uma visão ampla e adequada das posições assumidas, determinando assim a que nível de risco deseja ficar exposta.

Porém, tal abordagem apresenta deficiências e necessita constantemente de ferramentas novas que venham a completar o método e garantir uma análise mais abrangente e completa. As análises denominadas de estresse são muito utilizadas e ajudam a melhorar o gerenciamento das posições de uma instituição.

Buscando aperfeiçoar o controle do risco de mercado desenvolveu-se uma ferramenta nova de análise do mesmo, disponibilizando-a a instituição estudada.

O trabalho será dividido em seis partes: Introdução, Risco de Mercado, Contexto – O mercado de câmbio no Brasil, Desenvolvimento de uma Ferramenta

de auxílio com a utilização da EVT, Implementação e Resultados Obtidos e a Conclusão.

Na **Introdução** a discussão da relevância do tema e o contexto no qual está inserido será iniciada. Uma breve discussão da empresa será feita e da área onde o trabalho será realizado.

No **Risco de Mercado** o leitor terá a seu alcance os principais conceitos existentes para a mensuração do risco de mercado, passando-se então para uma análise mais detalhada dos conceitos relevantes e o método utilizado pela instituição.

No **Contexto – o mercado de câmbio no Brasil** o pano de fundo que será utilizado para a realização do trabalho será apontado. Dada a grande quantidade de possibilidades para o desenvolvimento da ferramenta, teve-se que escolher uma área e um mercado específico para estudo de caso, a apresentação de suas características relevantes será feita.

No **Desenvolvimento de uma Ferramenta utilizando EVT** será apresentado o desenvolvimento da ferramenta. Inicialmente a necessidade que ela virá atender será explicada, em seguida a teoria que será utilizada (EVT – Teoria dos Valores extremos) e as considerações assumidas para a montagem do modelo serão analisadas.

Na **Implementação** será feita a descrição das etapas seguidas para se chegar aos resultados finais e em seguida uma análise dos **Resultados Obtidos**, explicitando os problemas enfrentados e analisando o resultado final em comparação com o método já existente.

Em seguida a **Conclusão** fechará o trabalho.

## **1.2. A instituição e a área onde o trabalho será realizado**

O grupo na qual os estudos foram realizados é um grupo internacional, que está no Brasil há 84 anos. Atua com atividades de banco de investimentos e banco comercial, possuindo agências por todo o território nacional. Suas atividades estendem-se também a outros segmentos de mercado através de um conjunto de empresas, que engloba também uma sociedade de arrendamento mercantil, uma empresa de seguros, além de outras.

O presente trabalho foi desenvolvido durante o estágio na área de *Risco de Mercado* da instituição , que tem por funções:

- Acompanhar e controlar diariamente o risco de mercado ao qual o banco está exposto, sendo os principais fatores de risco o de taxa de juros e o risco de exposição cambial;
- Realizar testes de estresse para possíveis oscilações no mercado e como tais variações afetarão o risco de mercado do banco;
- Analisar e acompanhar a implementação do posto de vista de risco de mercado de todos os produtos bancários existentes, assim como os novos produtos a serem desenvolvidos;

A primeira das funções é a que fornecerá material para a realização do presente trabalho. A segunda delas será o ponto que se buscará melhorar com o desenvolvimento de uma nova ferramenta.

## Risco de Mercado



## **2. Risco de Mercado**

Neste capítulo os conceitos associados ao risco em geral e mais especificamente ao de mercado, bem como as funções que a eles associadas serão definidos. As principais características, bem como os principais conceitos que fundamentam toda essa área de estudo serão levantadas.

Em seguida o difundido VaR – Value at Risk, ou Valor em Risco, será explicado, este conceito será o pano de fundo para o desenvolvimento de todo o trabalho.

Deve-se então passar para o estudo do método que é utilizado pela instituição onde o trabalho será realizado, tornando possível explicar em que alicerce o modelo será construído.

### **2.1. Tipos de Risco**

O que se chama de Risco de Mercado é apenas um dos tipos de risco existentes. Segundo definiu J. O. Siqueira (2001):

*“Existem três condições para a definição de risco, que são denominados componentes do risco:*

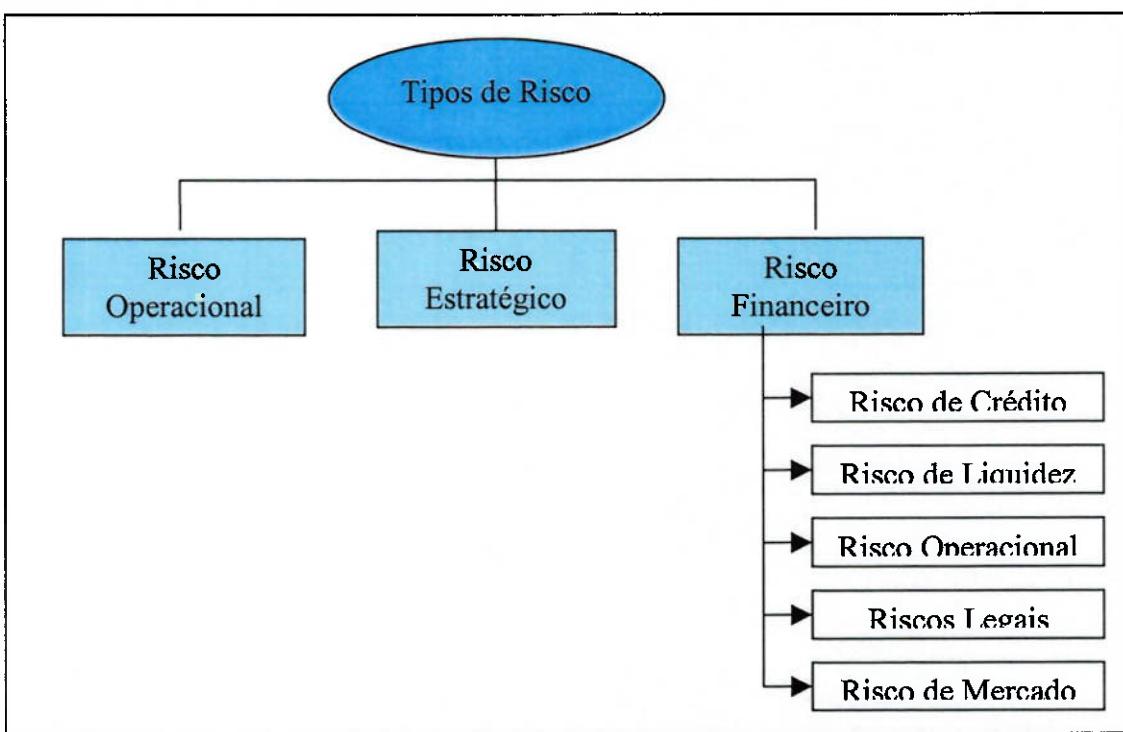
- Deve existir a possibilidade de haver perda ou dano (magnitude da perda);*
- Deve haver uma possibilidade associada a essa perda (possibilidade de perda);*
- Deve haver a possibilidade de o decisor agir de forma tal que aumente ou diminua a magnitude ou a probabilidade dessa perda ou dano (exposição à perda);”*

Risco é a diferença existente entre o estado final esperado e o estado final real, que pode originar ganhos ou perdas.

A mensuração e controle do risco, foi iniciada pela humanidade apenas na época do renascimento, segundo a definição de P. L. Bernstein (1997). Em seu livro “Desafio aos Deuses” que buscou sintetizar toda a história do risco, do início de sua mensuração até hoje, tal área de estudo surgiu a partir da utilização de jogos de azar como divertimento pelo homem. Pascal e Fermat, através da análise de um desses jogos, lançaram as leis da probabilidade. A partir de tais leis foi possível aos seres humanos ter consciência dos riscos que estavam incorrendo ao optar por uma das opções de aposta, deixando de acreditar apenas em sua própria sorte.

Em 1952, o ganhador do prêmio Nobel Harry Markowitz, demonstrou matematicamente por que colocar todos os ovos na mesma cesta é uma estratégia arriscada, e por que a diversificação poderia ser mais interessante. Essa revelação desencadeou o movimento intelectual que revolucionou Wall Street, as finanças corporativas e as decisões empresariais ao redor do mundo, trazendo grandes avanços na maneira de avaliar o risco.

Segundo P. Jorion (1998), pode-se classificar os diferentes tipos de risco como na figura abaixo:



**Adaptado de P. Jorion (1998)**

**Figura 2.1: Tipos de Risco segundo Philippe Jorion.**

Os riscos operacionais são aqueles assumidos pelas empresas e que estão diretamente associados ao ramo de negócio da mesma. Pode-se classificar como risco operacional aqueles assumidos buscando conseguir vantagens competitivas, agregando valor à empresa frente às demais. Neste tipo de risco estão enquadrados as volatilidades originadas de inovações tecnológicas, desenho e lançamento de novos produtos, campanhas de marketing e outros exemplos.

O Risco Estratégico está ligado à estratégia assumida pela empresa, e está diretamente relacionado a questões fundamentais de mudanças econômicas e políticas. Um exemplo é buscar entender quais seriam as mudanças originadas com o desaparecimento da União Soviética no começo da década de 90 para uma empresa que fabricasse armas voltadas para a guerra fria. Ou quais seriam as consequências sofridas por uma empresa que produz apenas máquinas de escrever com o advento do computador.

O terceiro e último tipo de risco, e que será mais importante para este estudo, é o risco financeiro. Entende-se por risco financeiro as possíveis perdas originadas por mudanças no mercado financeiro. Alguns exemplos seriam variações nas taxas de juros locais e internacionais, mudanças nas taxas de câmbio, etc.

Imagine que uma pessoa deseja fazer um curso de línguas em um outro país. Planejando-se para a sua viagem decide que, já que terá necessariamente um gasto em moeda estrangeira, o melhor a fazer é comprar tal moeda em papel hoje e guardá-la. Porém, quando tal decisão é tomada a cotação da moeda em relação ao Real está em torno de 3 para 1. Se posteriormente tal paridade diminuir um gasto maior do que se nada tivesse sido feito ocorrerá, se o dólar aumentar, a viagem sairá mais barata. Isso é risco financeiro.

Existem cinco tipos de risco financeiro distintos: o risco de crédito, o risco de liquidez, o risco operacional, os riscos legais e o risco de mercado, que será objeto de estudo.

O risco de crédito consiste na possibilidade de uma das contrapartes de uma determinada operação, seja esta um simples crediário de uma pessoa física, ou uma grande operação com títulos do governo, não honrar suas obrigações.

O risco de liquidez pode ser definido segundo as duas possibilidades deste tipo de risco existentes. A primeira delas refere-se à liquidez de mercado/produto, e existe quando não é possível desfazer-se de posições dado que o mercado não está disposto a realizar tais negócios. Seria o mesmo que tentar vender um carro antigo, será difícil encontrar comprador , ou seja, é um mercado sem liquidez. A segunda possibilidade diz respeito à liquidez de fluxo de caixa ou obtenção de recursos. Haverá risco de liquidez se houver descasamento entre os passivos (obrigações a serem pagas) e os ativos (dívidas a receber) maior do que possa ser absorvido pelas reservas da empresa.

O terceiro tipo de risco financeiro diz respeito ao risco operacional, ele surge de erros humanos, má administração, problemas tecnológicos, fraudes, etc, que possam causar perdas.

O quarto tipo de risco financeiro diz respeito ao risco legal. Trata-se do risco incorrido ao se contratar operações com contrapartes que não possuem autorização legal para exercer tais atividades, ou que possuem informações privilegiadas sobre a transação, ou qualquer outro tipo de atividade que não respeite as regulamentações existentes.

Finalmente tem-se o risco de mercado. Os Riscos de Mercado, segundo definiu P. Jorion (1998),

*“surgem de mudanças nos preços (ou volatilidades) de ativos e passivos financeiros, sendo mensurados pelas mudanças no valor das posições em aberto ou nos ganhos”.*

Não são poucos os casos conhecidos de instituições que tiveram perdas ou foram a falência porque seu risco de mercado, ou seja, seu risco frente as oscilações de mercado, não era conhecido. Pode-se citar o caso do Banco Inglês Barings, que, por não estar ciente dos riscos aos quais estava exposto, faliu. As variações de mercado foram contra a aposta de um de seus operadores.

## **2.2. Principais Conceitos Associados ao Risco de Mercado**

Neste item os conceitos de fluxo de caixa, valor de resgate ou valor a ser pago no vencimento, valor de mercado e como se chegaria ao resultado financeiro ocasionada pelo risco de mercado serão abordados.

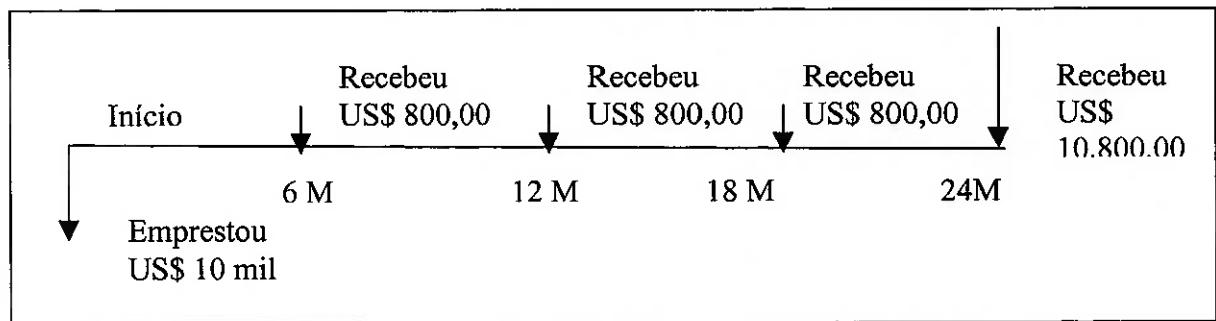
Todo estudo de risco de mercado deve começar com a determinação do que deve ser o fluxo de caixa de uma operação. Assim como feito pela engenharia

econômica deve-se determinar quais serão os valores a receber e a pagar quando da realização de uma operação financeira.

Exemplo: um cliente chega ao gerente de seu banco e pede um empréstimo, desejando receber imediatamente US\$ 10.000,00. Sendo tal transação possível fica acordado então que o cliente irá pagar para quitar sua dívida juros anuais de 16% pagos semestralmente e a amortização final do principal feita em uma única vez, após 2 anos da data de início da operação. Ele terá o seguinte fluxo de caixa:

Início da operação: banco libera US\$ 10.000,00, cliente recebe esta quantia;  
Após 6 meses: cliente paga ao banco US\$ 800,00 de juros pelo dinheiro emprestado;  
Após 1 ano: cliente paga ao banco US\$ 800,00 de juros pelo dinheiro emprestado;  
Após 1,5 ano: cliente paga ao banco US\$ 800,00 de juros pelo dinheiro emprestado;  
Após 2 anos: cliente paga ao banco US\$ 800,00 de juros pelo dinheiro emprestado mais o valor do empréstimo (principal da operação) US\$ 10.000,00.

O mesmo fluxo de caixa pode ser representado pela figura abaixo do ponto de vista do banco:



Elaborado pela autora.

Figura 2.2: Exemplo de Fluxo de Caixa para operação hipotética.

Determinado o fluxo de caixa de uma operação pode-se de maneira simplificada entender como encontrar seu valor de mercado. Como poderá ser visto

	Valor a ser pago (US\$)	Duração (meses)	Taxa no período	Valor de Mercado (US\$)
1º pago	800,00	4	4,46%	765,81
2º pago	800,00	10	11,54%	717,25
3º pago	800,00	16	19,09%	671,76
4º pago	10.800,00	22	27,15%	8.493,72
Total	-	-	-	10.648,55

Elaborado pela autora.

**Tabela 2.1: Exemplo de cálculo de valor a mercado.**

O valor de mercado presente na célula destacada foi obtido a partir do fluxo de caixa inicial, que deverá ser honrado pelo cliente junto a sua contraparte. Todos os valores a serem pagos na data de hoje pela taxa de 14%, levando-se em consideração o prazo da obrigação, foram recalculados.

Para se encontrar a taxa no período utilizou-se a seguinte expressão:

$$Taxa\_no\_período = \left(1 + \frac{taxa\_mercado}{100}\right)^{\frac{duração}{12}}$$

Para se encontrar o valor de mercado utiliza-se:

$$Valor\_de\_mercado = \frac{Valor\_a\_ser\_pago}{\left(1 + \frac{Taxa\_no\_período}{100}\right)}$$

Ou seja, para que o cliente venda a sua obrigação de pagar ao banco o fluxo de caixa determinado, ele deve encontrar um comprador para seu fluxo de caixa, que em troca de honrar a obrigação deseja receber hoje US\$ 10.648,55. Esse valor é o valor de mercado, ou MTM.

Isso seria o que aconteceria para uma operação em particular. Quando estende-se isso o conjunto de obrigações assumidas, e faz-se a marcação a mercado de cada uma delas, ao somar-se obtém-se o valor de mercado da carteira na data em questão.

O MTM é de vital importância pois é através dele que pode-se encontrar qual seria o resultado caso se deseja liquidar todas as operações existentes e fechar a empresa. E ele que permitirá mensurar qual é o risco de mercado ao qual a empresa está exposta. Seu valor é exatamente o valor de mercado da empresa, que sobre com as oscilações de preços de mercado, permitindo mensurar o risco de mercado.

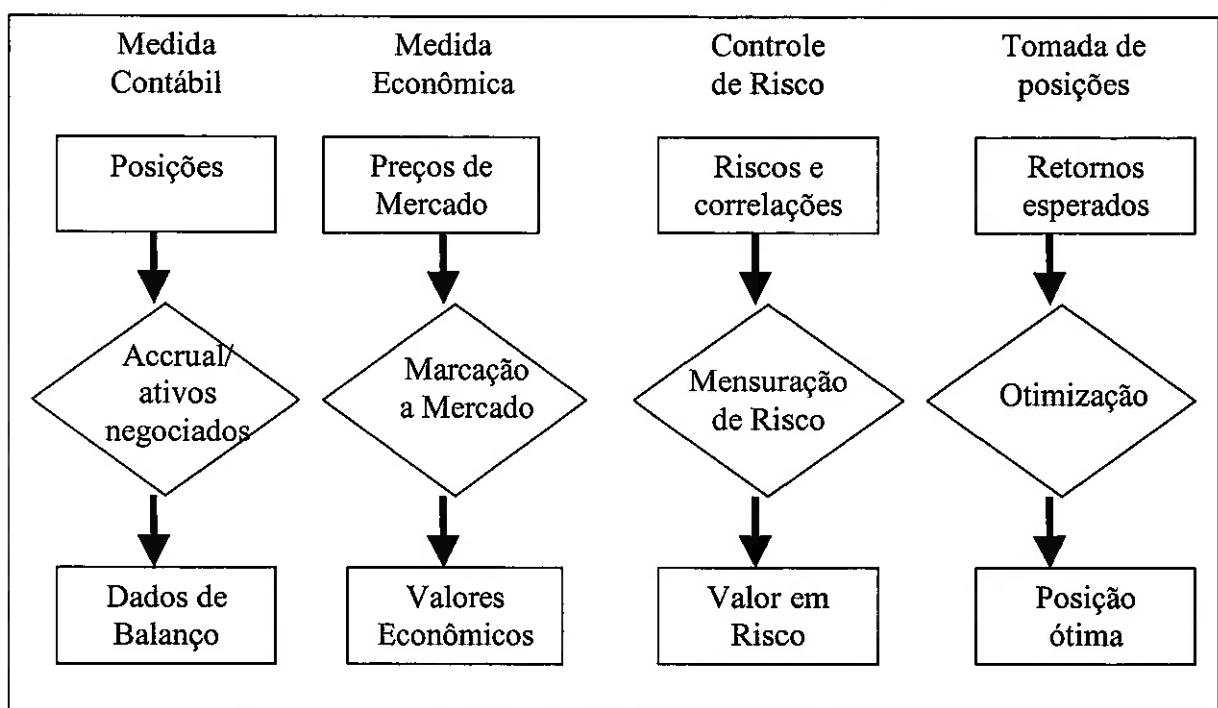
Partindo do princípio que não existe risco de liquidez e todas as operações poderão ser encerradas, a diferença entre o valor presente da empresa segundo critérios de apropriação, e o valor de mercado da empresa, dará o custo de encerramento das operações (que pode ser positivo ou negativo). Chama-se de critérios de apropriação o valor das operações utilizado pela contabilidade, que pressupõe a apropriação de valor a cada dia, segundo a taxa inicial da operação.

As taxas de mercado, ou curva de mercado, podem ser obtidas através da identificação de ativos que tenham a taxa que se deseja obter imbutida em seu preço de negociação e sejam líquidos, ou seja, tenham um volume considerável de negociação em comparação com o tamanho total do mercado ao qual fazem parte. Deve-se então plotar esses pontos em função de seu prazo até que se obtenha uma curva adequada.

Para a composição de tal curva os ativos podem ser divididos em duas categorias: os que pagam juros, ou cupons de juros, e os que não pagam. Para o segundo caso a taxa de juros imbutida é denominada de zero cupom, e pode ser utilizada diretamente na montagem da curva, já que representa a taxa específica para aquele prazo. No primeiro caso estaremos lidando com as denominadas taxas a termo que incluem em seus valores os cupons de juros a serem pagos. Deve-se utilizar um procedimento denominado “Bootstrap”, que busca separar todas as taxas

imbutidas no valor fornecido através da utilização das taxas zero cupom conhecidas. As taxas fornecidas por esse procedimento farão parte do banco de dados a ser utilizado na montagem da curva de taxas, juntamente com as relacionadas ao segundo tipo de ativo. Uma definição mais detalhada pode ser obtida em J. Hull (1993).

Para se ter uma ampla visão do que envolve a administração de risco e onde se encaixa o risco de mercado, bem como alguns dos conceitos citados neste capítulo, pode-se observar o quadro abaixo:



Adaptado de: Jorion (1998)

**Figura 2.3: A Administração Financeira Moderna.**

Esse quadro permite entender onde se encaixa o valor de mercado, o valor apropriado (accrual) utilizado para fins contábeis e de que maneira poderá o risco ajudar na administração da empresa.

### 2.3. O conceito de VaR – Valor em risco

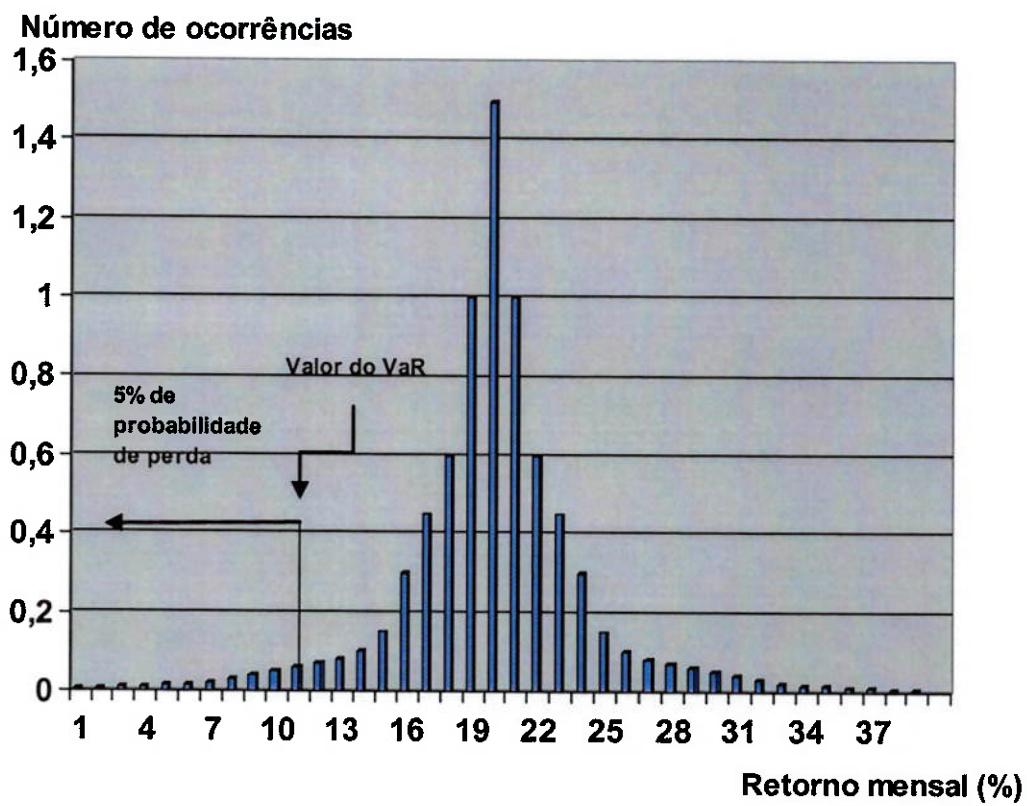
O VaR passou a ser amplamente utilizado a partir de 1994, quando ocorreram numerosos desastres com operações de derivativos em todo o mundo. Foi nesta época que as instituições financeiras perceberam a necessidade de se ter um instrumento de mensuração do risco abrangente e de fácil compreensão.

Segundo a definição de P. Jorion (1998):

*"VaR é um método de mensuração de risco que utiliza técnicas estatísticas padrões, comumente usadas em outras áreas técnicas. Em linguagem formal, VaR mede a pior perda esperada ao longo de determinado intervalo de tempo, sob condições normais de mercado e dentro de determinado nível de confiança."*

Ou seja, pode-se dizer que o VaR é uma estimativa de perda para um determinado horizonte, com uma determinada probabilidade. Deve-se atentar para o funcionamento em condições normais de mercado, e dentro de um intervalo de confiança que se considera aceitável, expresso através de um percentual, como 99%, em um certo intervalo de tempo, que pode ser de 1 dia, um mês, etc.

Tem-se abaixo uma ilustração do que seria o VaR para uma série de retornos qualquer:



Elaborado pela autora.

**Gráfico 2.1: Representação do VaR para uma série qualquer de retornos**

Denominam-se condições normais de mercado aquelas que não englobam eventos atípicos, que provocam oscilações acima de uma determinada variância, tida como normal. Porém, tal variância não é consenso e dependerá da abordagem feita. O fim do regime de câmbio administrado em janeiro de 1999 no Brasil expressa uma situação não normal de mercado, que poderia exigir uma medida diferente de mensurar as potenciais perdas. O início de uma guerra no oriente médio, que pode influenciar significativamente no preço do barril do petróleo, também não é considerada uma situação normal de mercado.

O nível de confiança busca expressar qual é o erro que se admite para o número obtido. Quando adota-se 99% de confiança significa que em 1% dos casos a perda pode ser maior que o valor mensurado. Níveis maiores de confiança implicam maiores valores de VaR. Tais diferenças serão significativas dependendo de sua

finalidade. Se os valores obtidos forem utilizados para se fazer reserva de capital, e a aversão ao risco for grande, sendo uma perda maior que o VaR expressiva para a empresa, o grau de confiança deve ser maior. Caso tais valores sejam apenas usados gerencialmente, como medida padrão, o grau de confiança poderá ser mais brando.

Abaixo tem-se qual o nível de confiança utilizado por algumas instituições atualmente:

Instituições	Nível de confiança para o VaR
Bankers Trust	99% de confiança
Baços Chemical e Chase	97,5% de confiança
Citibank	95,4% de confiança
Bank of América e J.P. Morgan	95% de confiança

Adaptado de: Jorion (1998)

Tabela 2.2: Nível de confiança (%) utilizado para cálculo de VaR

O freqüência de cálculo está associada a utilização do VaR, ou para que finalidade ele será usado. Para um operador de mercado, ter as potenciais perdas diariamente pode ser muito mais significativo do que para o presidente da instituição, que pode desejar ter acesso aos números apenas mensalmente, com o objetivo de se posicionar estrategicamente a longo prazo.

Existem duas principais maneiras de se mensurar o VaR, o método paramétrico e o método histórico, ou de distribuições gerais, além de outros métodos não tão difundidos.

O método de série histórica busca calcular o VaR a partir de uma distribuição de retornos passados obtida empiricamente. Como trata-se de uma análise feita a partir de uma distribuição estática de retornos passados, pressupõe que o futuro será uma repetição do mesmo, não sendo tal suposição necessariamente verdadeira.

O cálculo do VaR é feito a partir da distribuição de probabilidade do valor futuro da carteira,  $f(w)$ . A determinado nível de confiança,  $c$ , deseja-se descobrir a pior realização possível,  $W^*$ , tal que a probabilidade de se exceder esse valor seja  $c$ :

$$c = \int_{w^*}^{\infty} f(w) dw$$

ou tal que a probabilidade de um valor menor que  $W^*$ ,  $p = P(w \leq W^*)$ , seja  $1-c$ :

$$1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(w) dw = P(w \leq W^*) = p$$

Ou seja, a área desde  $-\infty$  até  $W^*$  deve somar  $p = 1 - c$ . O valor  $W^*$  será chamado de quantil da distribuição, e expressará o valor do VaR. Neste caso os parâmetros de média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$  não foram utilizados.

O VaR paramétrico utiliza a transformação dos valores de uma distribuição geral para uma distribuição paramétrica. Quando isso ocorrer o valor do VaR poderá ser derivado diretamente do desvio-padrão da amostra, utilizando-se o fator multiplicativo relacionado ao nível de confiança adotado, facilitando assim sua determinação.

A transformação mais utilizada é a parametrização através de uma curva normal.

Para se chegar ao VaR inicialmente busca-se transformar a distribuição geral  $f(w)$  em uma distribuição normal padronizada  $\Phi(\epsilon)$ , com média zero e desvio padrão 1. Definindo-se  $W_0$  o investimento inicial e  $R^*$  a sua taxa de retorno crítico, temos  $W^* = W_0 (1 + R^*)$ . Normalmente,  $R^*$  é negativo e pode ser escrito como  $-|R^*|$ . Pode-se associar  $R^*$  a um fator  $\alpha > 0$ , proveniente de uma normal padronizada, por meio de:

$$-\alpha = \frac{-|R^*| - \mu}{\sigma}$$

onde  $\mu$  é a média e  $\sigma$  o desvio padrão. O que equivale a dizer que:

$$1 - c = \int_{-\infty}^{w^*} f(w) dw = \int_{-\infty}^{-|R^*|} f(r) dr = \int_{-\infty}^{-\alpha} \Phi(\epsilon) d\epsilon$$

Assim, encontrar o valor no risco corresponde a descobrir o fator  $\alpha$  tal que a área a sua esquerda seja igual a  $1 - c$ . Utilizando-se uma tabela da função distribuição normal padronizada cumulativa, que é a área a esquerda de uma variável normal padronizada, com valor igual a  $d$ :

$$N(d) = \int_{-\infty}^d \Phi(\epsilon) d\epsilon$$

Para se encontrar o VaR então escolhe-se o nível de confiança desejado que nos trará o valor de  $\alpha$ . Refaz-se então o processo a partir do  $\alpha$  que se obteve, até o retorno crítico  $R^*$ . Sendo  $R^*$  dado por:

$$R^* = -\alpha\sigma + \mu$$

Considerando-se intervalo de tempo  $\Delta t$ , tem-se que o VaR abaixo da média será:

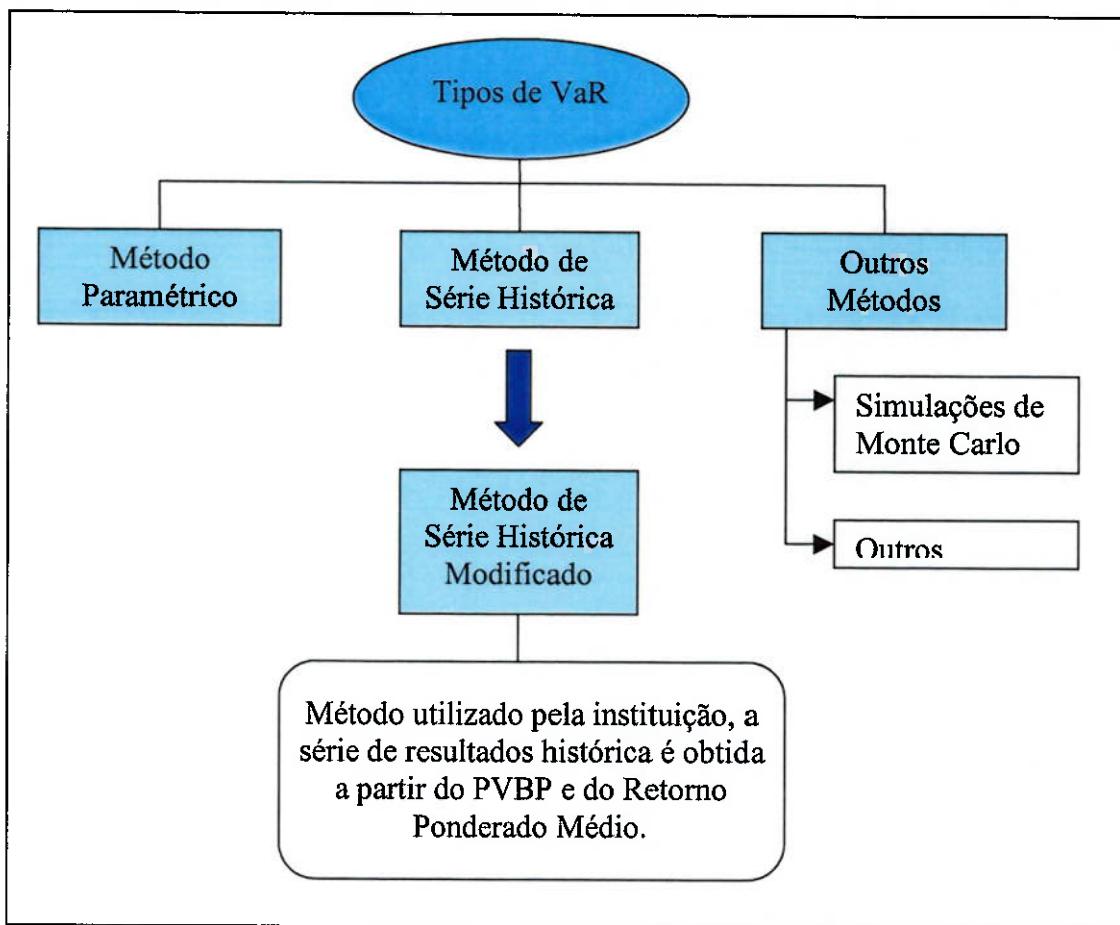
$$\text{Valor em risco} = -W_0(R^* - \mu) = W_0\alpha\sigma\sqrt{\Delta t}$$

O que define o VaR como sendo um múltiplo do desvio padrão da distribuição, multiplicado por um fator de ajuste que está diretamente relacionado com o nível de confiança.

A utilização de um ou outro método dependerá muito da necessidade final do usuário e dos dados que possui, sendo que o cálculo do VaR feito através do método paramétrico é mais simples computacionalmente.

#### **2.4. O método utilizado pela instituição**

A instituição onde o trabalho será realizado utiliza para mensurar seu Valor no Risco o método de série histórica com algumas particularidades, pode-se ver onde se enquadraria o modelo utilizado pelo quadro abaixo:



**Elaborado pela autora.**

**Figura 2.4: o método utilizado pela instituição dentre os demais métodos.**

As particularidades deste método devem-se a maneira como a série histórica de retornos é obtida. Diferentemente do VaR histórico comum em que se utiliza

uma distribuição empírica, de um passado determinado, neste caso utiliza-se uma série de retornos obtida a partir do retorno relativo ponderado para uma série de taxas conhecida e do PVBP das operações que compõem a carteira no dia. A distribuição , apesar de dita histórica, possui meios de ajuste que permitem aproximá-la do estado do mundo atual, e por isso não se enquadra no método de cálculo histórico tradicional.

Para se chegar ao VaR deve-se definir os conceitos de PVBP – Present Value of Bases Points ou Valor Presente de 1 ponto base, séries de taxas de juros e de moedas e retorno relativo ponderado.

#### PVBP – Present Value of Bases Points

O termo PVBP é a maneira que se encontrou para medir a sensibilidade da variação do valor de mercado da carteira a uma mudança de 0,01% (1 ponto base) nas taxas dos parâmetros que a influenciam.

Para que ele possa ser obtido deve-se inicialmente obter o valor de mercado, como visto no exemplo do item 2.2 para operações pré fixadas, ou da maneira correta associada a cada operação. Depois deve-se variar o valor dos parâmetros que influenciam no valor de mercado da carteira em 0,01%, e refazer a marcação a mercado. A diferença entre o valor de mercado original e o novo valor de mercado será a sensibilidade da variação da carteira a mudança de 1 ponto base no parâmetro utilizado.

Voltando para o exemplo do item 2.2 para se obter o valor do PVBP deve-se recalcular seu valor de mercado utilizando agora uma taxa de 14,01% e 13,99%, como nas tabelas apresentadas abaixo:

	Valor a ser pago (US\$)	Duração (meses)	Taxa no período (14,01%)	Valor de Mercado + (US\$)
1º pago	800,00	4	4,47%	765,79
2º pago	800,00	10	11,55%	717,20
3º pago	800,00	16	19,10%	671,69
4º pago	10.800,00	22	27,17%	8.492,36
Total	-	-	-	10.647,03

Elaborado pela autora.

Tabela 2.3: Cálculo do novo valor de mercado com taxa acrescida de 0,01%.

	Valor a ser pago (US\$)	Duração (meses)	Taxa no período (13,99%)	Valor de Mercado - (US\$)
1º pago	800,00	4	4,46%	765,83
2º pago	800,00	10	11,53%	717,30
3º pago	800,00	16	19,08%	671,84
4º pago	10.800,00	22	27,13%	8.495,09
Total	-	-	-	10.650,07

Elaborado pela autora.

Tabela 2.4: Cálculo do novo valor de mercado com taxa subtraindo-se 0,01%.

Para que o valor do PVBP possa ser obtido deve-se realizar os cálculos especificados:

$$PVBP^+ = MTM^+ - MTM$$

$$PVBP^+ = 10.647,03 - 10.648,55 = -1,52$$

$$PVBP^- = MTM^- - MTM$$

$$PVBP^- = 10.650,07 - 10.648,55 = 1,52$$

$$PVBP = \frac{PVBP^+ - PVBP^-}{2} = \frac{(-1,52 - 1,52)}{2} = -1,52$$

O PVBP obtido para a operação será de US\$ -1,52. Ou seja, caso a taxa de mercado varie 0,01% para cima por convenção o resultado esperado na variação de mercado da operação será de US\$ -1,52.

#### Séries de Taxas de Juros e Moedas

Para o cálculo do VaR será necessário um banco de dados que contenha os históricos de taxas de juros e valores de moedas. Deve-se portanto especificar quais os padrões utilizados para a armazenagem de tais valores de modo que tal banco de dados seja corretamente composto. Para que o item não torne-se desnecessariamente extenso apenas serão definidos os parâmetros que serão necessários para a elaboração deste trabalho, sendo estes, o dólar Spot, e as taxas de juros para interbancário de dólar.

Para a armazenagem diária de valores de moedas em relação a moeda brasileira deve-se sempre considerar 4 casas decimais. O banco de dados deve conter o valor do dólar spot fornecido pelo Reuters no fechamento de mercado. O valor do dólar Spot é o valor pelo qual o dólar está sendo negociado à vista. Como parâmetro será utilizado o dólar spot de fechamento de mercado, ou seja, o valor utilizado na última transação feita no mercado financeiro ao final de cada dia. Existem diferentes fontes para se obter tal valor, porém estabeleceu-se como padrão a utilização do terminal de informações financeiras Reuters, a fonte mais utilizada pelo mercado financeiro.

A taxa de interbancário de dólar ou cupom cambial é a taxa de juros para operações de empréstimos feitas em dólar no mercado interbancário. O mercado interbancário é o mercado privativo dos bancos e dos “brokers”, que fazem a ponte entre compradores e vendedores de dinheiro, sem atuação do Banco Central. A obtenção da curva de taxas é feita explicado no item 2.2, utilizando-se operações de derivativos como base (Futuro de DDI e ”swaps”).

#### Retorno Relativo Ponderado

Para se obter o retorno relativo deve-se, a partir da série histórica conhecida:

$$\text{Retorno\_}D_t = \frac{\text{Taxa}_t - \text{Taxa}_{t-1}}{\text{Taxa}_t}$$

Com isso pode-se obter uma série histórica de retornos relativos que será útil para o cálculo do VaR. No método a ser analisado foi acrescido um fator de ponderação que nada mais é do que o ponto mais atualizado que se pode ter de uma dada série histórica. Como os valores para montagem do banco de dados são obtidos diariamente, o valor do dia anterior a data de cálculo será o mais atualizado, e será chamado de Taxa<sub>ontem</sub>. De posse dessas informações deve-se determinar o retorno relativo ponderado:

$$\text{Retorno\_Ponderado\_}D_t = \text{Retorno\_}D_t * \text{Taxa}_{\text{ontem}}$$

### Cálculo do VaR – Valor em Risco utilizado

O valor final do VaR será obtido a partir de uma série histórica de retornos conhecida.

Com base nas definições de PVBP e Retorno relativo Ponderado, tal série será obtida por:

$$\text{Série\_de\_Histórica\_de\_Retornos} = \text{PVBP} * \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ \dots \\ R_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P & L_1 \\ P & L_2 \\ P & L_3 \\ \dots \\ P & L_t \end{bmatrix}$$

Onde,  $R_1$  a  $R_t$  é a série de Retornos Ponderados na data em questão ( 1 a t), calculado como anteriormente especificado, levando-se em consideração 1004 pontos relativos a dias úteis, que são atualizados de 3 em 3 meses. O PVBP é a somatória de todos os PVBP de cada uma das operações que compõem a carteira.

Para se obter o VaR a partir de tal distribuição deve-se primeiro definir o nível de confiança que se deseja adotar, e em seguida o intervalo de tempo. Será adotado nível de confiança de 99%, e geração dos valores diariamente. O nível de confiança adotado será aplicado a uma distribuição unicaudal, apenas na cauda esquerda da distribuição, onde situam-se as piores perdas, objeto de nosso estudo.

Para que se possa encontrar o VaR deve-se, à partir da distribuição de retornos, encontrar o valor que terá a sua esquerda na distribuição as 1% piores perdas observadas.

Como tem-se 1004,  $1\% \times 1004$  pontos = 10,04. Imagine que existem 9 pontos à esquerda de -R\$ 8 milhões e 14 pontos à esquerda de -R\$ 7 milhões, ponderando tais valores tem-se que nosso VaR será de R\$ 7,2 milhões.

### VaR histórico para moedas

Para este trabalho apenas o risco de moeda será analisado, ou risco de variação cambial, como será posteriormente justificado. Tal cálculo será feito através do VaR histórico para moedas, ou  $VaR_{spot}$ .

O  $VaR_{spot}$ , medirá a máxima perda que poderia ocorrer devido a variação do dólar spot, dentro de 99% de confiança e para um dia, em condições normais de mercado. Ou seja, qual seria o impacto no resultado do banco caso o Spot passasse de 2,80 para 3,00 em apenas um dia.

Seu cálculo será exatamente igual ao cálculo já especificado para o VaR geral, sendo que a série de retornos será obtida através da série histórica do dólar

spot e o PVBP será substituído pela exposição de dólar na abertura do dia, ou OCP – open currency position. Trata-se da diferença entre o somatório de todas as posições de mercado ativas da carteira menos o somatório de todas as posições de mercado passivas da carteira. O risco de moeda irá incidir sobre tal descasamento entre as operações.

A utilização do OCP ao invés do PVBP, como na forma geral, deve-se ao fato de não existir tal conceito para paridade de moedas, apenas para taxas de Juros.

Deve-se utilizar as expressões abaixo para calcular o valor em risco:

$$R_{spot\_t} = \text{Retorno Ponderado } D_{spot\_t} = \frac{\text{Taxa}_{spot\_t} - \text{Taxa}_{spot(t-1)}}{\text{Taxa}_{spot\_t}} * \text{Spot}_{ontem}$$

$$OCP = \sum^n MTM_{operação\_ativas\_n} - \sum^n MTM_{operação\_passivas\_n}$$

$$\text{Série de Histórica de Retornos} = OCP * \begin{bmatrix} R_{spot1} \\ R_{spot2} \\ R_{spot3} \\ \dots \\ R_{spot\_t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P \& L_{spot1} \\ P \& L_{spot2} \\ P \& L_{spot3} \\ \dots \\ P \& L_{spot\_t} \end{bmatrix}$$

## **Contexto – O mercado de Câmbio no Brasil**

---

### **3. Contexto – O mercado de câmbio no Brasil**

Para que o trabalho pudesse ser desenvolvido com êxito o horizonte de aplicação do modelo a ser definido foi limitado. Para tanto escolheu-se o mercado de câmbio brasileiro para estudo de caso.

Ao longo deste item será mostrado o porque de tal escolha e quais são as características relevantes. Será apontado também a importância do sistema de câmbio, e como ele funciona detalhadamente.

#### ***3.1. A escolha do mercado de câmbio no Brasil para estudo de caso***

Quando este trabalho foi iniciado buscou-se torná-lo útil para a instituição, identificando quais os ganhos que se teria com o desenvolvimento de uma nova ferramenta.

O fato de tratar-se de um trabalho de conclusão de curso não poderia ser desconsiderado. O foco final deveria ser a ferramenta desenvolvida e não os conceitos de mercado financeiro.

Optou-se por restringir o universo de análise, limitando o estudo a ser feito ao mercado de câmbio brasileiro, mais especificamente na relação existente entre o real e o dólar americano.

Fez-se tal escolha principalmente por três fatores:

- Importância da variação da cotação do dólar em relação ao real para a economia brasileira.

- Menor quantidade de conceitos associados ao risco de moeda se comparado com o risco de taxa de juros, permitindo um maior direcionamento para a criação da ferramenta;
- Maior facilidade de aplicação da EVT por se trabalhar com uma série histórica com apenas uma fonte de variação. No risco de moeda teremos apenas a variação do Real em relação ao dólar para analisar.

Posteriormente constatou-se que a existência de diferentes fontes de variação seria um empecilho para a criação do modelo. Como apontou Pinto e Pereira (2001) ainda não se conhece um método de análise para variáveis multivariadas, ou seja, quanto diferentes são os resultados de uma análise unidimensional de uma variável obtida de  $N$  variáveis e os obtidos ao tratar diretamente como variável  $N$ -dimensional. Em finanças a aplicação da EVT não foi tão explorada em trabalhos que abordam o caso multivariado.

### **3.2. O mercado de Câmbio Brasileiro**

Usou-se variadas vezes neste trabalho a expressão câmbio. A definição citada por Garofalo (2000) atribuída a Bruno Ratti para câmbio é:

*“o fato de não se aceitarem moedas estrangeiras no pagamento das exportações, nem a moeda nacional em pagamentos de importações, constitui a base de um mercado onde são compradas e vendidas as moedas dos diversos países, mercado este denominado mercado cambial”.*

O câmbio influencia significativamente a economia de um país, assim como a vida de cada um de nós.

Se o dólar valorizar-se em relação ao Real, por exemplo, teremos acréscimo no preço do petróleo, afetando o custo de transporte, em um país onde boa parte do transporte é feito através do sistema rodoviário, e consequentemente dos produtos

transportados, como nosso arroz e feijão, que chegará mais caro ao nosso prato. Teremos aumento no preço do gás de cozinha, tornando o custo de nossas refeições ainda mais salgado. O exportador, ao contrário, poderá alegrar-se já que para ele será possível baixar o preço do seu produto em dólar sem afetar sua receita final, tornando sua mercadoria mais competitiva. Caso o preço em dólares seja mantido, sua receita em reais será maior, trazendo novamente ganhos para sua empresa. Por outro lado o importador terá problemas, já que seu custo inicial passou agora a ser maior em reais, o que torna seu produto mais caro no país.

Segundo definiu Fortuna (1995), o mercado de câmbio é aquele que envolve a negociação de moedas estrangeiras e as pessoas interessadas em movimentar tais moedas. No Brasil, as operações de câmbio não podem ser praticadas livremente e devem ser conduzidas através de um estabelecimento bancário autorizado a operar em câmbio. Um banco, em suas operações de câmbio, caracteriza-se como um órgão de pagamentos internacionais, utilizando-se de suas agências e correspondentes no exterior.

O movimento de operações de câmbio é hoje em torno de 954,6 milhões de reais por dia , sendo as negociações neste mercado um dos principais focos das tesourarias dos maiores bancos no país. Na tabela abaixo está o movimento diário do mês de setembro deste ano:

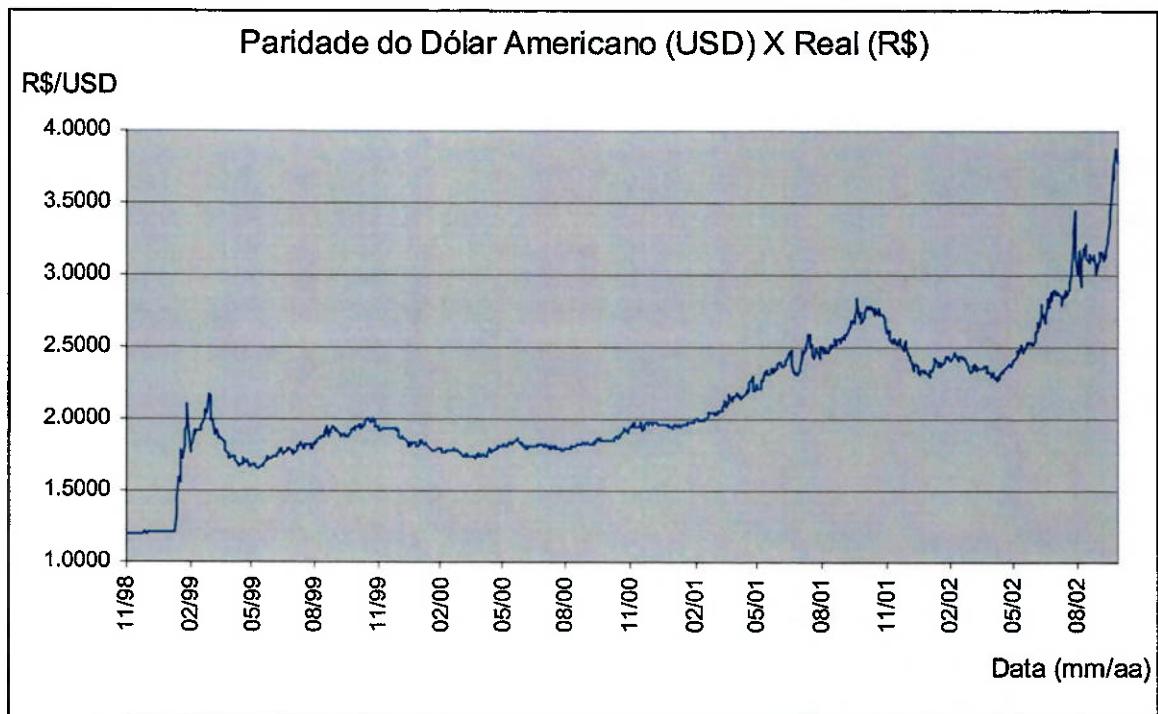
Data	Volume (milhões de R\$)
02/09/2002	710.3
03/09/2002	796.3
04/09/2002	769.8
05/09/2002	780.0
06/09/2002	810.0
09/09/2002	684.2
10/09/2002	2,086.6
11/09/2002	594.8
12/09/2002	796.9
13/09/2002	622.2
16/09/2002	836.3
17/09/2002	655.7
18/09/2002	525.6
19/09/2002	985.1
20/09/2002	703.9
23/09/2002	663.1
24/09/2002	1,250.0
25/09/2002	752.2
26/09/2002	944.9
27/09/2002	893.1
30/09/2002	1,411.5

**Fonte:** Banco Central Brasileiro.

**Tabela 3.1 : Volume de negociação do mercado de interbancário de dólar em setembro de 2002.**

O histórico dos últimos anos mostra uma série de mudanças que foram desde troca freqüente de moedas ( Cruzeiro, Cruzado, Cruzado novo, Cruzeiro real, etc) , sucessivas desvalorizações cambiais ( divisão do valor da moeda vigente por mil acontecidas em 1964, 1970, 1984, etc) até a entrada em vigor do Real em 30 de junho de 1994. Mesmo após a implantação deste ainda houveram algumas mudanças significativas como o final do regime de câmbio administrado em janeiro de 1999, e a crescente desvalorização que fez a paridade entre a moeda americana saltar de R\$ 1,8012 /USD em 01 de dezembro de 2000 para R\$ 3,7747/USD no final de setembro de 2002.

No gráfico abaixo tem-se a paridade do Real em relação ao dólar de novembro de 1998 até setembro de 2002.



**Fonte:** Reuters

**Gráfico 3.1: Comparação entre a moeda brasileira e a moeda americana.**

Pode-se ver pela trajetória do gráfico a desvalorização constante da moeda brasileira. Alguns fatos da história nacional podem ser identificados claramente. Como exemplo pode-se citar o primeiro grande salto ocorrido no começo de 1999, que representou o fim do regime de câmbio administrado, com o período de instabilidade que se seguiu. Pode-se ver também os picos dos dados mais recentes que refletem a indecisão quanto aos rumos da política nacional gerada pela incerteza de quem seria o sucessor do atual presidente Fernando Henrique Cardoso, e a possibilidade de vitória de um candidato da oposição .

A mudança de regime cambial em janeiro de 1999 será de grande importância para a análise a ser realizada neste trabalho. Como a paridade do dólar em relação ao real era antes controlada pelo governo e passou a partir desta data a ser de livre negociação, ou seja, determinada pela dinâmica de mercado, os valores

presentes na série histórica de spot anteriores a isso não poderão ser utilizados, já que tratam-se de movimentos de mercado com comportamento distinto.

A liquidação de operações de câmbio se dá através do Sistema de Câmbio. Trata-se do sistema onde são realizadas todas as transações interbancárias em moeda estrangeira. A liquidação será sempre defasada e pelo seu valor bruto. Cada transação será liquidada individualmente, em geral dois dias depois de sua negociação. A liquidação em moeda nacional será feita na conta Reserva Bancária e a em moeda estrangeira será feita em Nova York.

O quadro abaixo ilustra tal funcionamento:

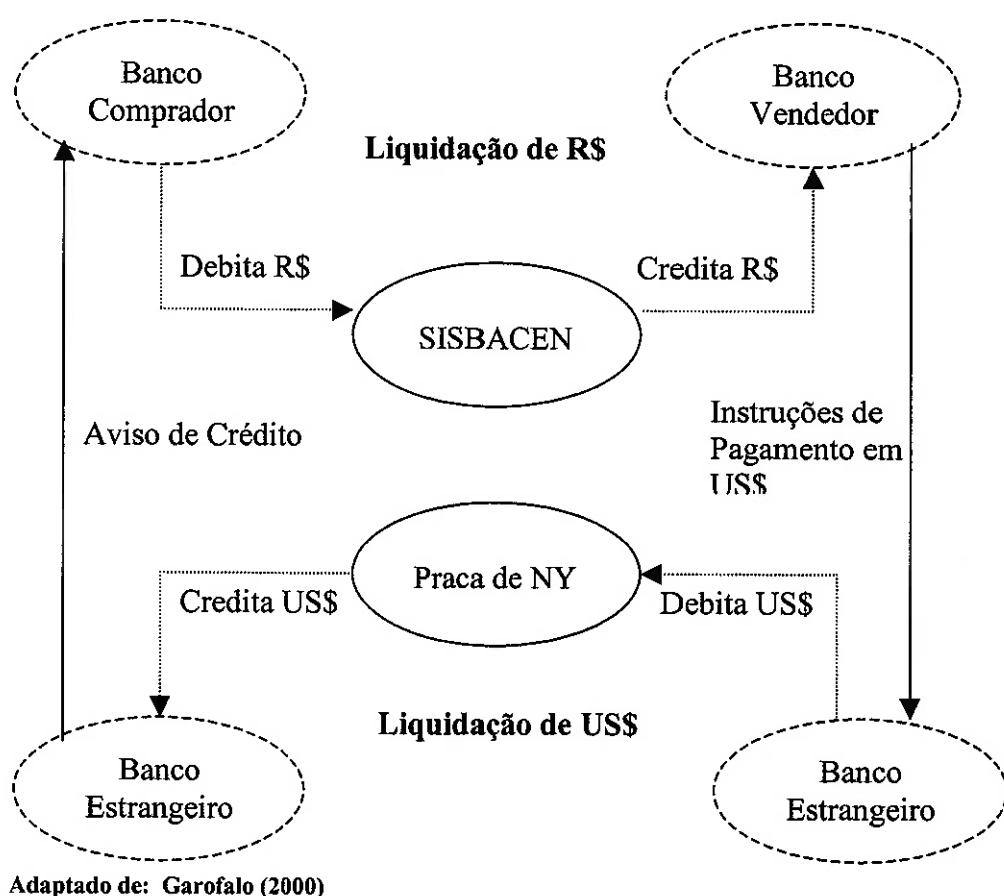


Figura 3.1: Liquidação de moeda nacional e estrangeira.

### **3.3. Principais Características e demais considerações**

Feitas as definições gerais, pode-se agora levantar as principais características deste mercado no que diz respeito a: tipos de operações existentes e participantes do mercado.

Os participantes do mercado podem ser divididos basicamente em 3 categorias, como definiu John Hull (1993): os “hedgers”, os especuladores e os arbitradores.

Os “hedgers” são aqueles que estão interessados em reduzir seu risco, buscando sempre manter suas posições zeradas, ou seja, estruturam sua carteira de tal maneira que ela não sofra com as oscilações de mercado, ou no nosso caso, do câmbio.

Os especuladores são aqueles que assumem posições no mercado com o intuito de ter resultado positivo, ou seja, eles desejam ficar expostos aos riscos de mercado. Para o caso do mercado cambial a carteira que tiver mais operações passivas que ativas, será beneficiada por uma desvalorização cambial, e vice versa.

Os arbitradores são aqueles que se aproveitando de uma situação favorável de mercado conseguem garantir um ganho futuro sem correr risco por isso, ou seja, ele consegue encontrar duas contrapartes que estejam interessadas em fazer operações com preço diferentes, de tal maneira que seu resultado seja positivo.

Em geral não se pode dizer que um participante do mercado possua sempre um perfil, podendo mudar dependendo do que considera apropriado para o momento. Como no primeiro e no terceiro caso o que se busca é justamente não correr riscos, deve-se trabalhar com o perfil do segundo participante do mercado na análise dos resultados do ponto de vista do risco de mercado.

Ainda para o caso de um especulador devemos olhar para sua exposição cambial, ou OCP, como já definido no item 2.4.

As operações de câmbio que geram risco de moeda, se dividem em três tipos distintos, segundo Fortuna (1995), e podem ser definidas basicamente como a troca da moeda de um país pelo outro. Do ponto de vista do banco tem-se:

- Compra: recebimento de moeda estrangeira contra a entrega de moeda nacional;
- Venda: entrega de moeda estrangeira contra o recebimento de moeda nacional;
- Arbitragem: entrega de moeda estrangeira contra o recebimento de outra moeda estrangeira.

A necessidade de conversões pode surgir em função de:

- Exportação: venda ao exterior de mercadorias e serviços com preço ajustado para pagamento de moeda estrangeira;
- Importação: compra de mercadorias e serviços com preço ajustado para pagamento em moeda estrangeira;
- Transferências: movimentação financeira de capitais de entrada ou saída do país;

Para a análise do modelo a ser proposto não será analisada a carteira detalhadamente, será levado em consideração apenas sua posição de OCP, que é o valor sobre o qual o Risco cambial incidirá. Esse ponto será retomado no item 4.4, quando será citada uma posição conhecida para o OCP, que poderá ser composta pela quantidade de operações desejadas das operações acima, desde que o somatório de todos os valores de mercado seja o OCP indicado.

# **Desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio com a utilização da EVT – Teoria dos Valores Extremos**

---

## **4. Desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio com a utilização da EVT – Teoria dos valores Extremos**

Um dos grandes problemas enfrentados por áreas de risco de mercado diz respeito a criação de cenários de estresse para garantir que suas ferramentas de análise sejam completas. Tal problema deve-se em parte ao fato de que as ferramentas utilizadas apresentam problemas em situações não usuais de mercado. Uma teoria muito difundida é a EVT – Extreme Value Theory, ou Teoria dos Valores Extremos, que será utilizada para a elaboração de uma nova ferramenta.

Ao longo deste item será especificado porque o VaR necessita de ferramentas auxiliares, o porque de escolher a EVT e suas principais vantagens. Em seguida virá a montagem do modelo matemático propriamente dito, quais deverão ser as considerações feitas, bem como as restrições impostas de modo a torná-lo aplicável ao mercado de câmbio brasileiro e aos conceitos utilizados pela instituição.

### **4.1. Limitações do VaR e a necessidade de uma ferramenta auxiliar**

O VaR, mesmo sendo de vital importância para uma completa administração de risco, apresenta falhas. Sua importância em consolidar de maneira simples e eficiente o risco de uma empresa e ser extremamente eficaz na administração diária do mesmo não permitem descartá-lo, mas, como será apontado, ficará evidente a necessidade de uma ferramenta auxiliar.

O primeiro ponto a ser destacado é o apresentado por Aragones, Blanco e Dowd (2001):

*"Excessiva dependência do VaR em relação a série histórica ou a suposições estatísticas não realistas."*

Esse problema decorre do fato de que, se os dados históricos não forem corretamente tratados e arquivados, pode-se lidar com informações não completas ou mesmo incorretas, prejudicando sensivelmente o resultado final.

No caso das suposições estatísticas pode-se citar o erro de modelo que ocorrerá quando a ferramenta utilizada não possui os devidos ajustes e estudos que o tornam válido, como por exemplo utilização de análises de *backtest*, que confrontam o real com o que se esperava buscando validar o modelo utilizado.

Schachter (1998) fez a seguinte observação:

*"O VaR não dá informações sobre a magnitude das perdas potenciais para os dias em que a medida de VaR excede o nível de confiança existente no modelo."*

Aqui o nível de confiança, que indica ao usuário do modelo que ele apresentará falhas para um determinado número de observações, é questionado. O problema não está no fato de falhar e sim em não indicar a magnitude das perdas quando essas falhas ocorrerem. Tal análise pode ser completada com as observações feitas por Inoue, Ribeiro e Pereira (1999):

*"Dentre as críticas feitas a esses modelos inclui-se o fato de eles não considerarem adequadamente os eventos de baixa probabilidade de ocorrência, que são justamente os que causam as maiores perdas aos investidores. Além disso a questão da precisão das medidas obtidas do ponto de vista da implementação computacional."*

O que permite concluir que não apenas o modelo de VaR apresenta problemas, mas que também as falhas possivelmente ocorrerão nos momentos mais

críticos, quando ocorrerem as maiores oscilações no mercado que poderão ocasionar as maiores perdas.

Deve-se atentar para a precisão das medidas obtidas, que, se somadas com problemas já apontados de correto tratamento para as séries históricas, podem tornar o resultado final sem validade.

Todos os pontos acima já seriam suficientes para se buscar uma ferramenta auxiliar, mas o que direcionou a solução para a utilização da EVT foi a observação feita por Schachter (1998):

*“A medida padrão de VaR assume que eventos críticos estão apenas nas observações extremas da mesma distribuição de retornos observada todo dia. Na verdade estas crises são de fato observadas em uma distribuição de retornos diferentes da distribuição usual de retornos de preços de mercado e taxas. Medidas de VaR não estão adaptadas para estimar eventos críticos de risco.”*

Depreende-se das observações de tal autor que o caminho para corrigir os problemas apresentados pelo VaR seria a modelagem do extremo esquerdo da distribuição de retornos através de uma distribuição apropriada para esta região da distribuição, o que levou a testar a EVT como solução.

Deve-se ainda destacar os problemas que estão ligados ao tipo de VaR em cima do qual o trabalho será desenvolvido.

Além dos já citados, como o método analisado utiliza uma série histórica construída com base nas variações do dólar spot em um passado conhecido sobre o valor da exposição cambial (OCP) da carteira assume-se em parte que o presente é uma repetição do passado. Tal efeito não é tão expressivo como no caso de uma análise de retornos históricos simples, como no método tradicional, pois se utiliza um fator de ajuste (valor de fechamento do dólar spot no dia anterior) e também a posição

da carteira da data (OCP) que se deseja calcular, mas ainda deverá ser levado em consideração como ponto possível de ser melhorado.

#### **4.2. A utilização de EVT – Teoria dos Valores Extremos**

Uma das primeiras considerações que se faz em qualquer análise estatísticas é sobre a distribuição de probabilidades associadas a variável que se deseja analisar. Para o cálculo do VaR analisamos os retornos financeiros de uma carteira de ativos a partir de uma distribuição histórica, como já dito, com o objetivo de encontrar o valor em risco. Como este tipo de abordagem apresenta problemas e dada a ocorrência de eventos extremos no mercado financeiro, os retornos financeiros podem ser analisados sob a ótica da Teoria dos Valores Extremos – EVT.

A EVT é uma teoria surgida no começo do século XX quando engenheiros, buscando solucionar problemas de hidrologia, concentraram seus estudos na observação e análise de eventos raros, que aconteciam com baixa freqüência. Segundo Pinto e Pereira (2001), o primeiro relato de problemas de valores extremos datam de 1700, quando Nicolaus Bernoulli buscava determinar a média da distância máxima à origem de pontos aleatoriamente posicionados em uma linha reta de tamanho fixo. Atualmente suas aplicações são as mais variadas possíveis, sendo utilizadas para se prever a possibilidade da ocorrência de catástrofes naturais e seus impactos, para dimensionar tamanhos de bancos de sangue em hospitais caso ocorram desastres automobilísticos em estradas próximas, e sem dúvida exaustivamente utilizadas no universo financeiro, principalmente em análises de risco dos mais variados tipos.

A EVT é uma teoria que busca descrever eventos extremos. Segundo definiu Inoue, Ribeiro e Pereira (1999) é um método que busca encontrar conclusões estatísticas em relação aos extremos de populações. Para isso, lida exclusivamente com os excedentes de limiares de alto nível dessas populações, ou seja, os eventos localizados nas extremidades das curvas de distribuição de probabilidade que, no caso

de investimentos financeiros, são justamente os que provocam prejuízos de alta magnitude.

Diferentemente das análises de VaR, que lidam com toda a distribuição de retornos, a EVT analisa apenas os valores da amostra que estão em seu intervalo de análise, como por exemplo 5% do total de dados, e considera esses valores como independentes dos demais, assumindo que possuem características e movimentos particulares e distintos.

Segundo definiu Embrechts, Kluppelberg e Mikosch (1997) existem dois tipos principais de modelos para análise de valores extremos.

A abordagem mais antiga é chamada de modelo por máximo de blocos, trata-se de grandes amostras de dados coletadas de um conjunto largo de distribuições idênticas observadas. Por exemplo, se forem coletados dados diariamente ou a cada hora para resultados de negociações de um instrumento financeiro em particular ou grupo de instrumentos, o método por máxima de blocos fornecerá um modelo que provavelmente será apropriado para estimar trimestralmente ou anualmente o máximo desses valores. Esse tipo de abordagem é muito utilizado para fazer definições para parâmetros de análises de estresse.

Os modelos mais modernos utilizam o método POT – peaks-over-threshold ou pontos acima de um limiar, trata-se de escolher a partir de amostras grandes de dados as observações que excedem o valor de corte, em geral definido como uma porcentagem do total de dados, e ajustar uma distribuição conhecida ou um modelo para análise desses dados. O modelo POT é o mais utilizado para aplicações em modelos de risco.

Ainda dentro do método POT pode-se distinguir dois tipos distintos de abordagem, o método semiparamétrico construído com a utilização de estimadores como os propostos por Hill e Danielson (ver Embrechts, Kluppelberg e Mikosch - 1997) fortemente baseados na utilização de algoritmos matemáticos que tratam os

dados históricos obtidos, e o método paramétrico que é baseado em distribuições do tipo Pareto ou GPD (Distribuição Generalizada de Pareto), que, como se justificará, será o utilizado para a construção do modelo. Este método busca ajustar uma dessas distribuições aos dados coletados da amostra.

#### **4.3. Vantagem da EVT sobre os testes de Stress comum**

Conhecida a definição geral da EVT pode-se demonstrar sua superioridade em relação aos modelos tradicionais de análise de cenários de estresse.

Para entender em que contexto ela está inserida tem-se a declaração de Alan Greenspan citada em Aragonés, Blanco e Dowd (2001):

*“A possibilidade de que os participantes do mercado estejam desenvolvendo um grau de complacência ou o sentimento de que a tecnologia (análise de risco) os tenha inoculado contra a turbulência do mercado é algo admitidamente inquietador. Tal complacência não é justificada. Ao se estimar níveis necessários de risco de capital, a primeira preocupação deve ser endereçar os distúrbios que ocasionalmente dão solvência ao estresse institucional – a cauda negativa da distribuição de perda que é tão central à moderna análise de risco. Desta maneira a incorporação de cenários de estresse à modelagem formal de análise de risco parece ser de primeira importância. Porém, a incipiente arte de fazer cenários de estresse ainda tem que achar formalização e uniformidade pelos bancos e seguradoras. Atualmente a maioria dos bancos toma um pequeno número de cenários aleatórios. E apesar dos resultados do estresse teste serem dados a alta administração, eles nunca são, a meu ver, colocados no processo de modelagem formal de risco.”*

Como pode-se constatar pela declaração acima a importância de ferramentas que venham a auxiliar na modelagem de risco é relevante. A definição de tais ferramentas deve ser feita segundo critérios pré-estabelecidos e não aleatoriamente definidos, sendo então incorporadas ao processo formal de análise de risco. Utilizar a

EVT para o desenvolvimento de tal ferramenta foi a solução encontrada para solucionar o problema da aleatoriedade.

Aragonés, Blanco e Dowd (2001) apontam quatro principais problemas com relação a definição de cenários de estresse. O primeiro deles diz respeito a subjetividade com que tais cenários são definidos, sendo fortemente ligados a pessoa que os desenvolve. O resultado final dependerá então da análise crítica de tais cenários e também da habilidade de quem os modelou em fazê-lo. O segundo diz respeito a dificuldade em interpretar tais cenários já que os mesmos não fornecem a probabilidade da ocorrência de tais eventos, não sendo possível a área responsável analisá-los de maneira objetiva. O terceiro deles diz respeito às metodologias utilizadas para elaborá-los, que segundo tais autores ainda se encontram na infância, já que utilizam técnicas sem fundamento científico. O quarto problema diz respeito à dificuldade de realizar testes de aderência do modelo em relação à situação real final, ou backtest, que não permitem verificar sua validade.

Berkowitz (1999) levanta outro ponto importante, lembrando que os testes de estresse não são levados em consideração nos modelos de precificação de ativos, o que faz com que os mesmos não tenham efeito direto sobre os resultados do mesmo.

No entanto este último problema não deverá ser corrigido pela ferramenta criada e exigirá uma análise mais ampla que não está no escopo deste trabalho, já que envolve definições novas de como modelar ativos, e os custos advindos disso.

Para os demais tem-se as declarações de Schachter(1998) que mostram a validade da EVT tanto como ferramenta de análise de estresse como para correção dos problemas apresentados pelo VaR citados no item 4.1. Este autor aponta três pontos principais:

- Usar EVT é uma maneira mais eficiente de olhar o depois do que os modelos de VaR, que necessitam que sejam feitas algumas considerações sobre toda a distribuição;

- EVT é uma técnica conhecida e devidamente testada, que permite a elaboração de cenários de maneira estruturada e coerente;
- Os resultados finais obtidos com o uso da EVT podem ser facilmente testados através de análises de backtest, para o caso de distribuições de retorno o resultado efetivo calculado permite tal análise;

Deve-se ressaltar ainda que a utilização da EVT para mensurar o VaR não é propriamente a criação de um cenário de estresse como ele é tratado tradicionalmente, mas segundo ressaltou Schachter (1998) sua correta utilização permite que a abordagem geral dada a tais cenários seja substituída por tal ferramenta com uma maior eficiência.

#### **4.4. Montagem do Modelo e Considerações assumidas**

Definindo genericamente como sendo  $X_1, X_2, \dots$  dados de uma amostra identicamente distribuídos e sendo  $F(x) = P\{X_i \leq x\}$  sua função distribuição acumulada não conhecida, podendo ser:

- Retornos diários de ativos financeiros ou portfólios – ganhos e perdas;
- Altas ou baixas freqüências de retornos quaisquer;
- Perdas operacionais;
- Perdas de crédito;
- Perdas por catástrofes de falta de liquidez.

Sendo estes dados obtidos através de dados reais históricos ou através de simulações como por exemplo pelos método de Monte Carlo, tem-se a distribuição dos máximos ou mínimos necessária para aplicar o método mais apropriado para a montagem do modelo. A série obtida é a especificada no item 2.4.

O método a ser utilizado é o método POT – pontos acima de um limiar, que estabelece um ponto de corte  $u$ , buscando separar os dados da amostra que serão de

interesse para o estudo. A partir de tais pontos deve-se buscar ajustar uma distribuição EVT conhecida a esses pontos. Como no modelo proposto por Inoue, Ribeiro e Pedreira (1999) a distribuição a ser ajustada será a GPD – Distribuição Generalizada de Pareto. Esta distribuição é utilizada quando se está interessado no comportamento das amostras que excedem um determinado ponto de corte localizado na extrema cauda da distribuição.

Pode-se definir a GPD a partir do ponto de corte  $u$ . A distribuição de valores  $x$  que são maiores que  $u$  pode ser definida como:

$$F_u(y) = \Pr\{X - u \leq y | X > u\} = \frac{F(y + u) - F(u)}{1 - F(u)}$$

que representa a probabilidade de um valor de  $x$  exceder  $u$  por no máximo um valor  $y$  dado que  $x$  excede  $u$ . O teorema dado por Pickands (1975) mostra que para valores suficientemente altos de  $u$ , a função de distribuição de excessos pode ser corretamente representada pela GPD, ou seja, para valores suficientemente grandes a distribuição de excessos  $F_u(y)$  converge para a GPD:

$$G(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \xi \frac{x}{\beta}\right)^{-1/\xi} & \text{se } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{-x/\beta} & \text{se } \xi = 0 \end{cases}$$

onde  $\xi$  é o parâmetro de forma de cauda. A GPD nada mais é do que um conjunto de distribuições embutidas.

Quando  $\xi > 0$ , a distribuição terá o formato de uma distribuição ordinária de Pareto. Este caso em particular é o mais relevante para análises de séries financeiras com caudas pesadas. Para altos retornos de moedas estrangeiras  $\xi$  é usualmente menor que 0,5, implicando que os retornos tem variância infinita (Gençay, Selçuk e Ulugulyagci – 2002). Quando  $\xi = 0$ , a distribuição será exponencial, e quando  $\xi < 0$ , a distribuição será Tipo II de Pareto.

Feita a definição da GPD, pode-se definir analiticamente o  $VaR_p$  ( Gençay, Selçuk e Ulugulyagci – 2002).

Redefinindo  $F(x)$  como sendo

$$F(x) = (1 - F(u))F_u(x) + F(u)$$

e trocando  $F_u$  pela GPD e  $F(u)$  pela estimativa  $(n - N_u)/n$ , onde  $n$  é o total de pontos observados e  $N_u$  é o total de pontos acima de  $u$ , teremos que;

$$F(x) = \frac{N_u}{n} \left( 1 - \left( 1 + \frac{\xi}{\beta} (x - u) \right)^{-1/\xi} \right) + \left( 1 - \frac{N_u}{n} \right)$$

que pode ser simplificado para

$$F(x) = 1 - \frac{N_u}{n} \left( 1 + \frac{\xi}{\beta} (x - u) \right)^{-1/\xi}$$

e sendo  $VaR_p = F^l(1 - p)$  tem-se que

$$VaR_p = u + \frac{\beta}{\xi} \left( \left( \frac{n}{N_u} * p \right)^{-\xi} - 1 \right)$$

deve-se agora que encontrar os parâmetros  $u$ ,  $\beta$  e  $\xi$ , além dos valores de  $n$  e  $N_u$  que permitirão encontrar o valor em risco desejado.

Valores de  $u$ ,  $n$  e  $N_u$

Para que o valor de  $u$  e consequentemente os valores de  $n$  e  $N_u$  possam ser estimados deve-se inicialmente construir o  $\text{VaR}_{\text{spot}}$  pelo método da instituição, como explicado no item 2.4.

Para a construção de tal  $\text{VaR}$  deve-se encontrar:

- A série de spot a ser utilizada que permitirá obter o retorno ponderado e também o valor do spot atual a ser utilizado, como na equação abaixo.

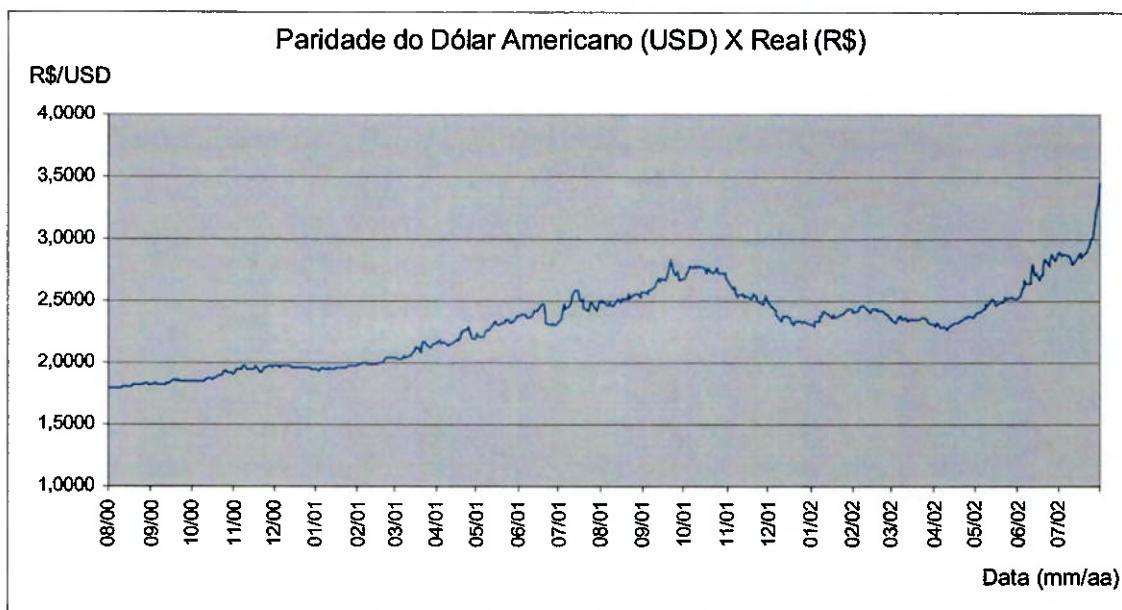
$$R_{\text{spot\_}t} = \text{Retorno\_Ponderado\_}D_{\text{spot\_}t} = \frac{\text{Taxa}_{\text{spot\_}t} - \text{Taxa}_{\text{spot}(t-1)}}{\text{Taxa}_{\text{spot\_}t}} * \text{Spot}_{\text{ontem}}$$

- O valor do OCP a ser utilizado, como na equação abaixo.

$$OCP = \sum_i^n \text{MTM}_{\text{operação\_ativas\_}n} - \sum_i^n \text{MTM}_{\text{operação\_passivas\_}n}$$

Para a definição da série de spot a ser utilizada deve-se retomar ao item 2.3 quando as particularidades do mercado de câmbio foram apresentadas. Excluindo-se os períodos de mudança de regime cambial e utilizando os dados recentes como os valores do  $\text{Spot}_{\text{ontem}}$ , determinou-se a seguinte série histórica e valores para o Spot.

**Série histórica de 01/08/2000 a 31/07/2002** – todos os períodos de instabilidade foram excluídos. O gráfico abaixo demonstra tal série, possuindo 498 valores distintos, em anexo encontra-se a tabela completa para análise.



**Fonte:** Reuters.

**Gráfico 4.1: Série de Spot utilizada para cálculo do VaR.**

**Spot de 01/08/2002 a 30/09/2002** – esse período foi escolhido por apresentar alta variação de um dia em relação ao outro devido a instabilidade política relacionada a sucessão presidencial. A tabela abaixo apresenta os valores para estas datas.

Data	USD Spot	Data	USD Spot	Data	USD Spot
01-agosto-2002	3,1238	21-agosto-2002	3,0808	11-setembro-2002	3,1030
02-agosto-2002	2,9993	22-agosto-2002	3,1415	12-setembro-2002	3,1268
05-agosto-2002	3,1686	23-agosto-2002	3,1104	13-setembro-2002	3,1603
06-agosto-2002	3,1050	26-agosto-2002	3,0920	16-setembro-2002	3,2158
07-agosto-2002	3,0148	27-agosto-2002	3,1326	17-setembro-2002	3,2498
08-agosto-2002	2,9136	28-agosto-2002	3,1208	18-setembro-2002	3,3564
09-agosto-2002	3,0788	29-agosto-2002	3,0673	19-setembro-2002	3,4487
12-agosto-2002	3,1490	30-agosto-2002	3,0028	20-setembro-2002	3,4014
13-agosto-2002	3,1843	03-setembro-2002	3,0996	23-setembro-2002	3,5708
14-agosto-2002	3,1997	04-setembro-2002	3,1174	24-setembro-2002	3,7760
15-agosto-2002	3,2070	05-setembro-2002	3,1542	25-setembro-2002	3,6662
16-agosto-2002	3,1185	06-setembro-2002	3,1582	26-setembro-2002	3,7562
19-agosto-2002	3,0946	09-setembro-2002	3,1014	27-setembro-2002	3,8691
20-agosto-2002	3,0988	10-setembro-2002	3,1358	30-setembro-2002	3,7747

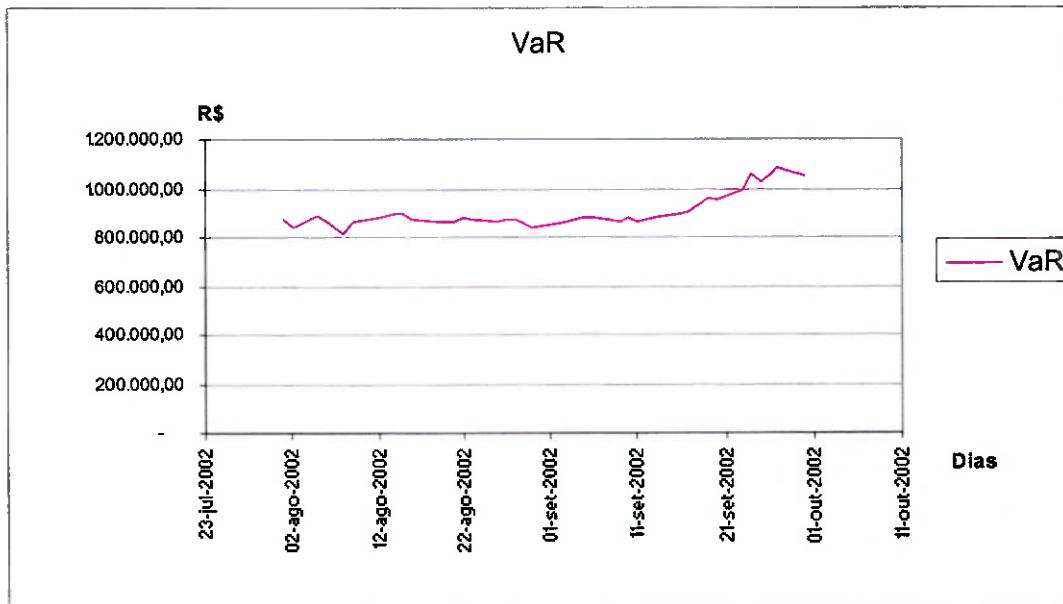
**Fonte:** Reuters.

**Tabela 4.1: série de dólar Spot.**

**OCP de 01/08/2000 a 31/07/2002** – Para facilitar as análises finais de modo que variações de carteira não interferissem o julgamento, já que não são o foco de nosso estudo, optou-se por manter constante o OCP em U\$ 10 milhões de dólares passivo, ou seja, a exposição cambial incide sobre esse valor, sendo que a carteira terá ganhos quando o dólar apreciar-se em relação ao real e perdas caso ocorra o contrário.

A definição de OCP passivo foi feita com base na observação da série de valores para o dólar spot apresentada acima, que mostra uma tendência de alta acentuada. Ao se definir uma carteira passiva nestas condições o objetivo é encontrar situações de perda que possam testar a efetividade do modelo.

Com base em tais definições pode-se agora calcular o valor do VaR para a carteira pelo método da instituição. Os valores estão apresentados no gráfico abaixo, como já definido utilizou-se  $\alpha$  como sendo 99% de confiança, os cálculos completos serão apresentados em anexo.



Elaborado pela autora.

Gráfico 4.2: VaR pelo método da instituição.

De posse das séries de retornos deve-se agora determinar o valor de  $u$ , limitar a ser utilizado na GPD. Segundo definiu Inoue, Ribeiro e Pereira (1999) o ponto de corte para o método POT deve ser  $u > \alpha$ . Para que o software a ser utilizado para a resolução do problema funcione deve-se ter uma quantidade de pontos para estimar os demais parâmetros que não seja inferior a 25. Como  $\alpha = 99\%$ , através de uma análise com base em  $u > \alpha$  e  $N_u > 25$  chegou-se ao valor de 95% como sendo ideal para todas as 42 amostras. Na tabela abaixo estão os valores de  $u$  e  $N_u$  para cada um dos dias. O valor de  $n$  será sempre constante e igual a 498, definido a partir da série histórica utilizada.

Data	u	Nu	Data	u	Nu
01-ago-2002	874.590	25	02-set-2002	856.727	25
02-ago-2002	839.733	25	03-set-2002	867.814	25
05-ago-2002	887.133	26	04-set-2002	872.798	25
06-ago-2002	869.326	25	05-set-2002	883.101	25
07-ago-2002	844.072	25	06-set-2002	884.221	25
08-ago-2002	815.739	25	09-set-2002	868.318	25
09-ago-2002	861.991	25	10-set-2002	877.949	25
12-ago-2002	881.645	25	11-set-2002	868.766	25
13-ago-2002	891.528	26	12-set-2002	875.430	25
14-ago-2002	895.840	26	13-set-2002	884.809	25
15-ago-2002	897.884	26	16-set-2002	900.347	26
16-ago-2002	873.106	25	17-set-2002	909.867	26
19-ago-2002	866.414	25	18-set-2002	939.712	29
20-ago-2002	867.590	25	19-set-2002	965.554	31
21-ago-2002	862.551	25	20-set-2002	952.311	29
22-ago-2002	879.545	25	23-set-2002	999.739	33
23-ago-2002	870.838	25	24-set-2002	1.057.190	40
26-ago-2002	865.686	25	25-set-2002	1.026.449	37
27-ago-2002	877.053	25	26-set-2002	1.051.647	40
28-ago-2002	873.750	25	27-set-2002	1.083.256	42
29-ago-2002	858.771	25	30-set-2002	1.056.826	40
30-ago-2002	840.712	25			

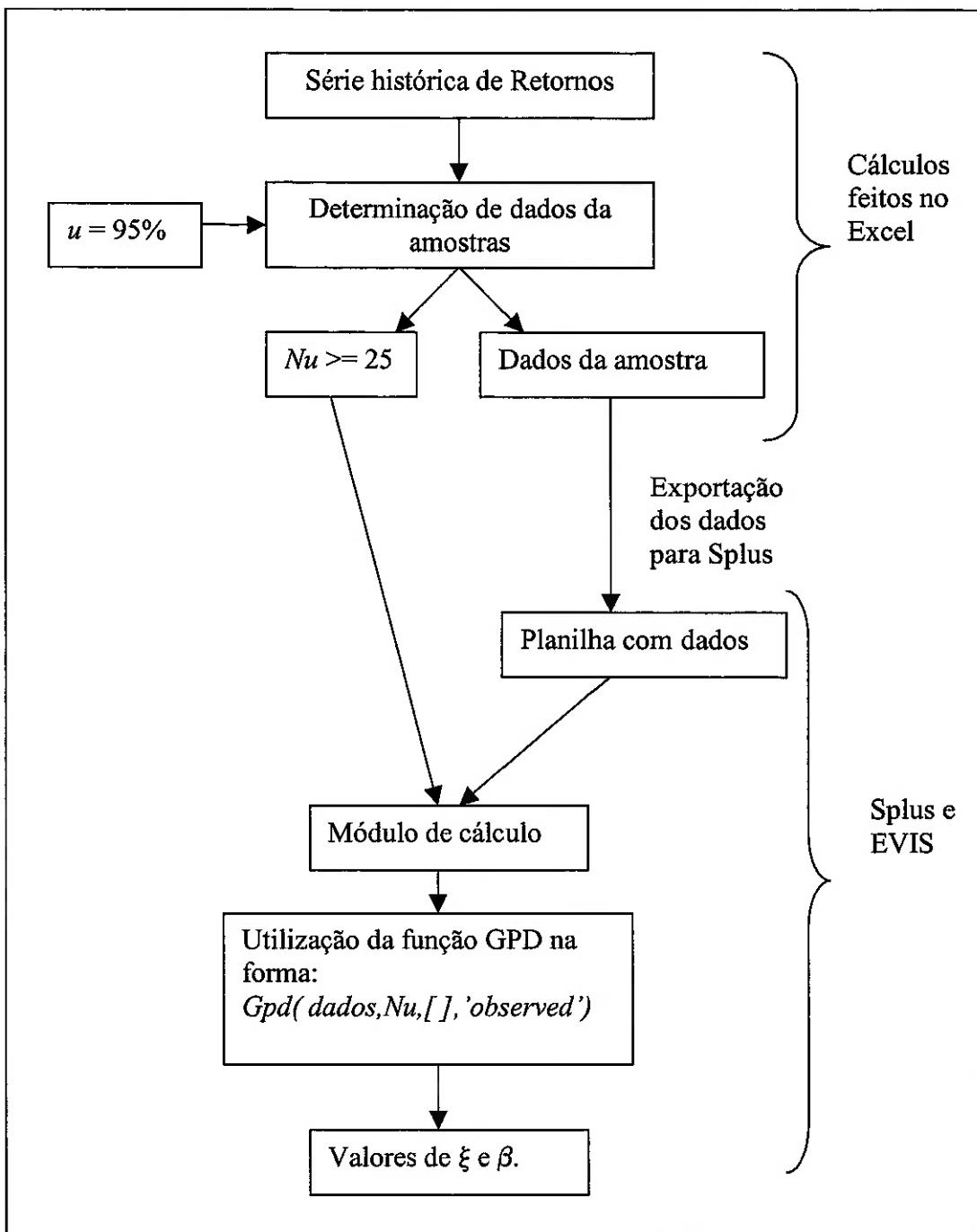
Elaborado pela autora.

Tabela 4.2: Valores de  $u$  e  $N_u$  calculados.

### Valores de $\beta$ e $\xi$ .

Os valores indicados acima serão calculados utilizando-se o software Splus e acoplando-se ao mesmo o módulo EVIS disponibilizado por McNeil (22), já que a

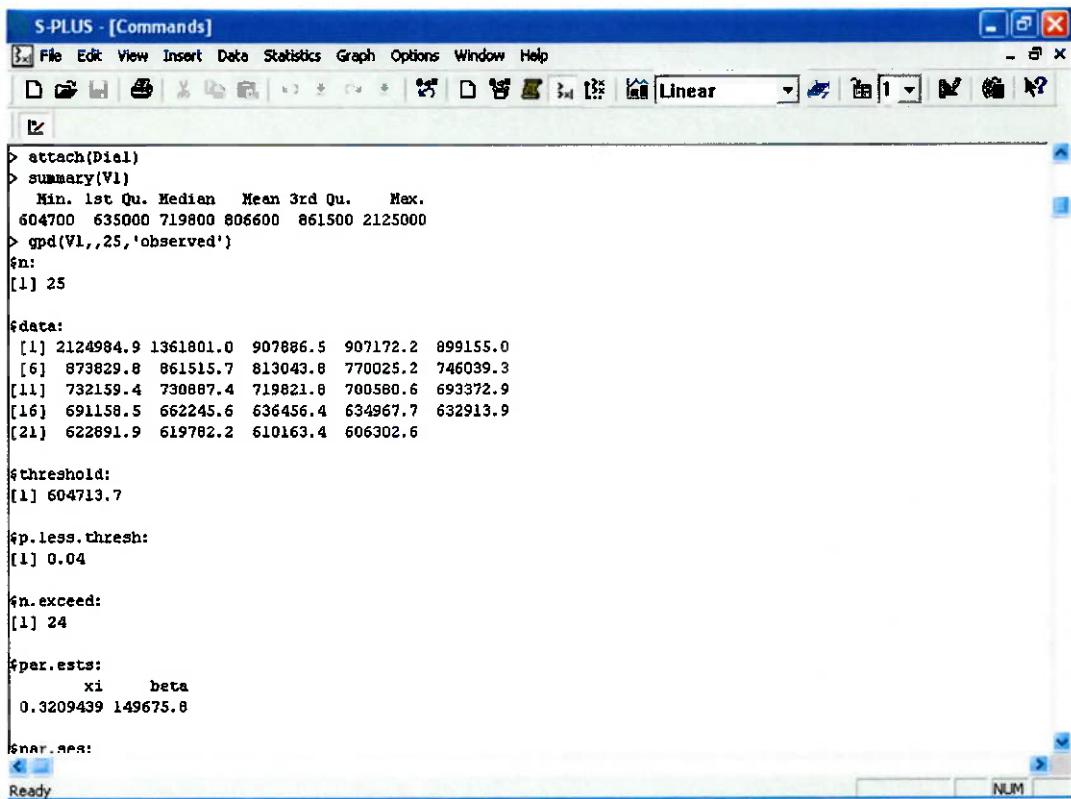
obtenção analítica não é possível. Para que os mesmos possam ser obtidos deve-se realizar as etapas indicadas pelo diagrama abaixo:



**Elaborado pela autora.**

**Figura 4.1: Obtenção de parâmetros da GPD com uso de Excel e Splus/EVIS.**

Onde a saída do sistema será os valores de  $\xi$  e  $\beta$  faltantes para que o cálculo do novo VaR possa ser feito. Na figura abaixo tem-se a tela de saída do software, com a função utilizada e os parâmetros obtidos:



The screenshot shows the S-PLUS software interface with the title bar "S-PLUS - [Commands]". The menu bar includes File, Edit, View, Insert, Data, Statistics, Graph, Options, Window, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons. The main window displays the R command history and its output. The commands run include attaching a data file, summarizing it, fitting a GPD distribution, calculating quantiles, and estimating parameters. The output shows statistical summaries like Min, 1st Qu., Median, Mean, 3rd Qu., and Max for the data, followed by the estimated parameters xi and beta.

```

> attach(Dial)
> summary(V1)
   Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
604700 635000 719800 806600 861500 2125000
> gpd(V1,.25,'observed')
qn:
[1] 25

fdata:
[1] 2124984.9 1361801.0 907886.5 907172.2 899155.0
[6] 879829.8 861515.7 813043.8 770025.2 746039.3
[11] 732159.4 730887.4 719821.0 700580.6 693372.9
[16] 691158.5 662245.6 636456.4 634967.7 632913.9
[21] 622891.9 619782.2 610163.4 606302.6

qthreshold:
[1] 604713.7

fp.less.thresh:
[1] 0.04

qn.exceed:
[1] 24

par.est:
      xi      beta
0.3209439 149675.8

snar.ars:
Ready

```

Elaborado pela autora.

**Figura 4.2:** Tela de saída do Splus com valores dos parâmetros.

Abaixo tem-se os valores dos parâmetros calculados para os 42 dias definidos para análise do modelo:

Data	beta	xi	Data	beta	xi
01-ago-2002	149.676	0,32094	02-set-2002	146.619	0,32094
02-ago-2002	149.676	0,32094	03-set-2002	148.516	0,32094
05-ago-2002	208.514	0,15782	04-set-2002	149.369	0,32094
06-ago-2002	148.775	0,32094	05-set-2002	151.132	0,32094
07-ago-2002	144.453	0,32094	06-set-2002	151.324	0,32094
08-ago-2002	139.604	0,32094	09-set-2002	148.603	0,32094
09-ago-2002	147.520	0,32094	10-set-2002	150.251	0,32094
12-ago-2002	150.883	0,32094	11-set-2002	148.679	0,32094
13-ago-2002	209.547	0,15782	12-set-2002	149.820	0,32094
14-ago-2002	210.561	0,15782	13-set-2002	151.425	0,32094
15-ago-2002	211.041	0,15782	16-set-2002	211.620	0,15782
16-ago-2002	149.422	0,32094	17-set-2002	213.858	0,15782
19-ago-2002	148.277	0,32094	18-set-2002	222.281	0,15035
20-ago-2002	148.478	0,32094	19-set-2002	225.253	0,15300
21-ago-2002	147.615	0,32094	20-set-2002	225.261	0,15035
22-ago-2002	150.524	0,32094	23-set-2002	237.236	0,14125
23-ago-2002	149.034	0,32094	24-set-2002	224.631	0,17961
26-ago-2002	148.152	0,32094	25-set-2002	223.939	0,17293
27-ago-2002	150.097	0,32094	26-set-2002	223.453	0,17961
28-ago-2002	149.532	0,32094	27-set-2002	229.298	0,17711
29-ago-2002	146.969	0,32094	30-set-2002	224.553	0,17961
30-ago-2002	143.878	0,32094			

**Elaborado pela autora.**

**Tabela 4.3:** valores para os parâmetros  $\beta$  (beta) e  $\xi$  (xi).

Obtidos todos os parâmetros necessários a implementação do modelo deve-se calcular o novo VaR e realizar uma análise do resultados obtidos, que será feita no próximo capítulo.

## **Implementação e Resultados Obtidos**

---

## **5. Análise dos resultados obtidos**

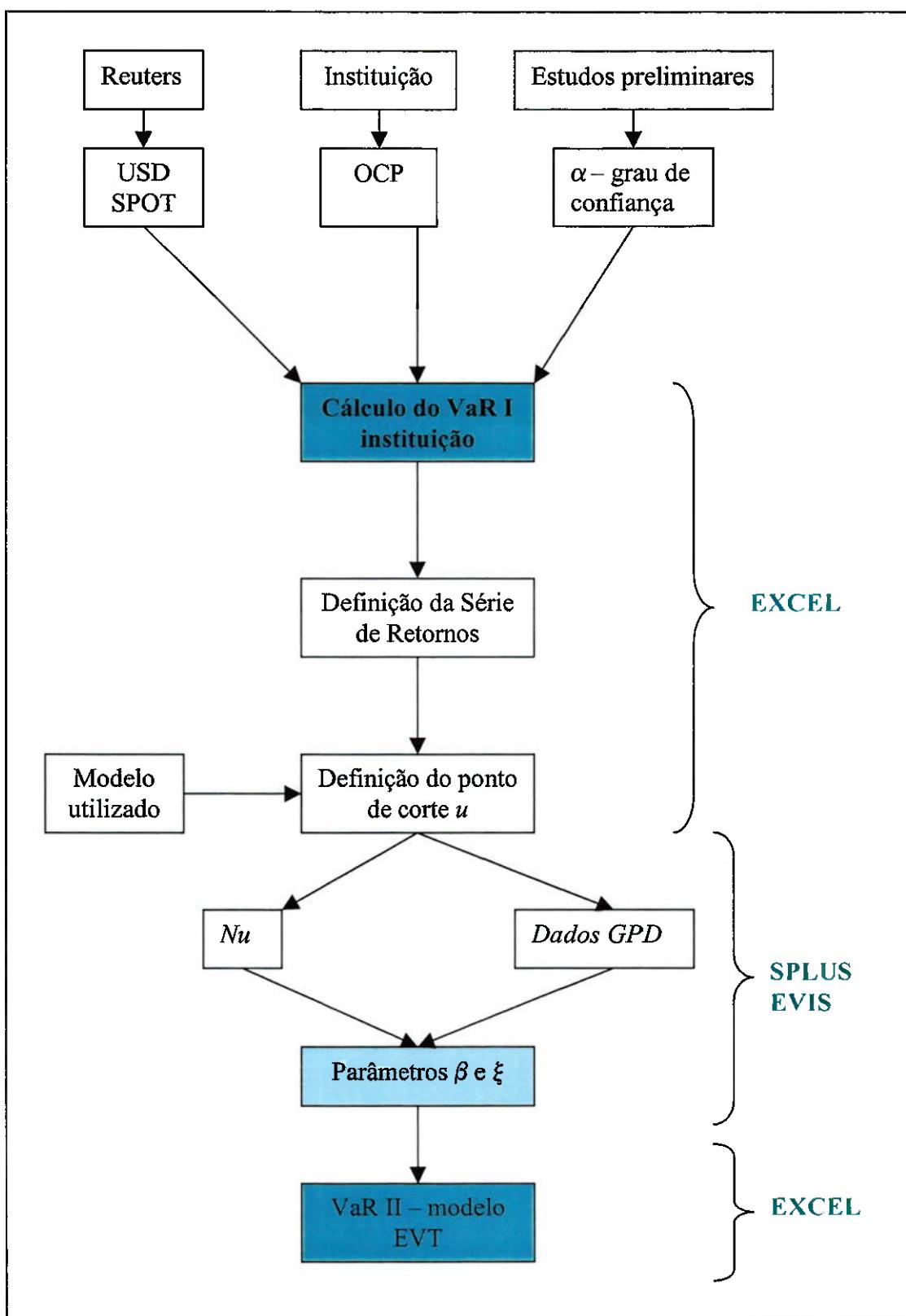
Feitas todas as definições necessárias, estabelecidos os limites de atuação e principalmente o cenário a ser utilizado, deve-se agora indicar o resultado da implementação do modelo para uma situação virtual.

Inicialmente será feita uma descrição que buscará esclarecer as etapas de geração dos dados, deve-se então apontar os problemas e dificuldades enfrentados para só então analisar os resultados obtidos e comparar quais seriam as variações caso se tivesse utilizado o método já existente na instituição.

### **5.1. Geração dos parâmetros necessários – modelo físico**

Como descrito no item 4.3. a obtenção de todos os dados necessários para a implementação do modelo foi feita através de diferentes fontes. Mesmo após ter disponível todas as informações foi necessário utilizar três softwares distintos. Com a utilização do Excel, do Splus e do EVIS pode-se finalmente realizar os testes para a validação ou não do modelo. Abaixo está um diagrama onde todas as etapas necessárias, assim como as ferramentas utilizadas, estão representadas. As informações de entrada assim como as respectivas saídas de cada etapa foram indicadas.

Pode-se observar que a ferramenta construída constitui-se como algo semelhante a um sistema de informação, dada a quantidade de fontes que fornecem informações, assim como os diferentes produtos que em geral constituem matéria prima para a elaboração do processo seguinte.



Elaborado pela autora.

Figura 5.1: Modelo físico do fluxo de informações.

## **5.2. Apresentação dos resultados obtidos pelo novo método**

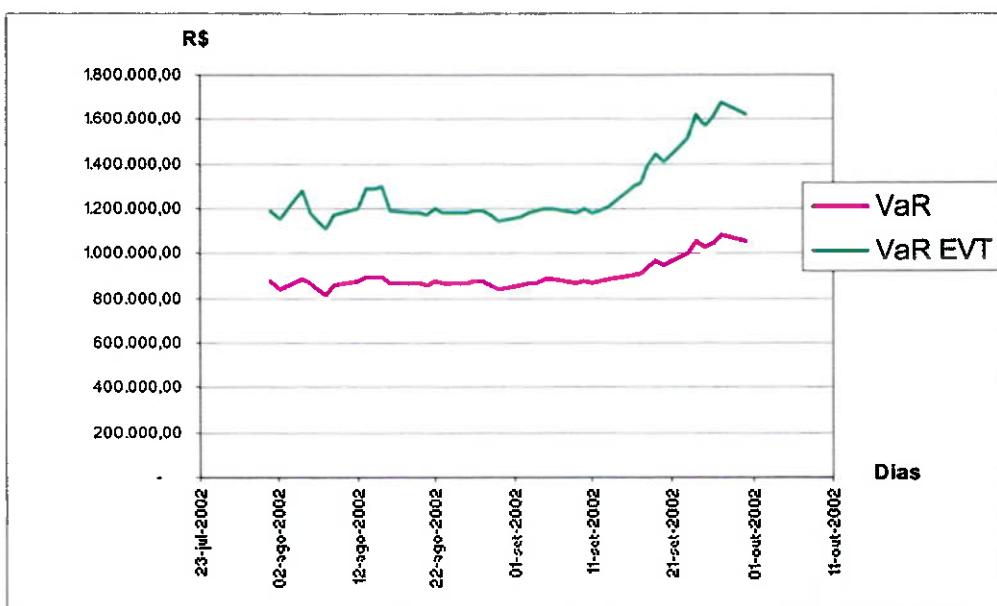
Obtidos todos os parâmetros pode-se utilizar a equação abaixo:

$$VaR_p = u + \frac{\beta}{\xi} \left( \left( \frac{n}{N_u} * p \right)^{-\xi} - 1 \right)$$

Com ela pode-se obter o novo valor de VaR, chamado de VaR II. As simulações foram feitas para 42 dias distintos e para 2 probabilidades  $p$  diferentes.

Para que o modelo possuísse coerência do ponto de vista matemático os valores apresentados pelo novo método deveriam ser superiores aos valores apresentados pelo método anterior. Tal frase justifica-se pelo fato de que o modelo baseado em distribuições de valores extremos para a mensuração do VaR busca superar a deficiência do modelo anterior, que apresentava valha justamente nos momentos mais críticos ou nos momentos onde as perdas são maiores, então o valor em risco recalculado deve ser maior.

O gráfico abaixo traz os novos valores para o VaR, em comparação com os valores anteriores, para a probabilidade  $p$  de falha em 1% dos casos.

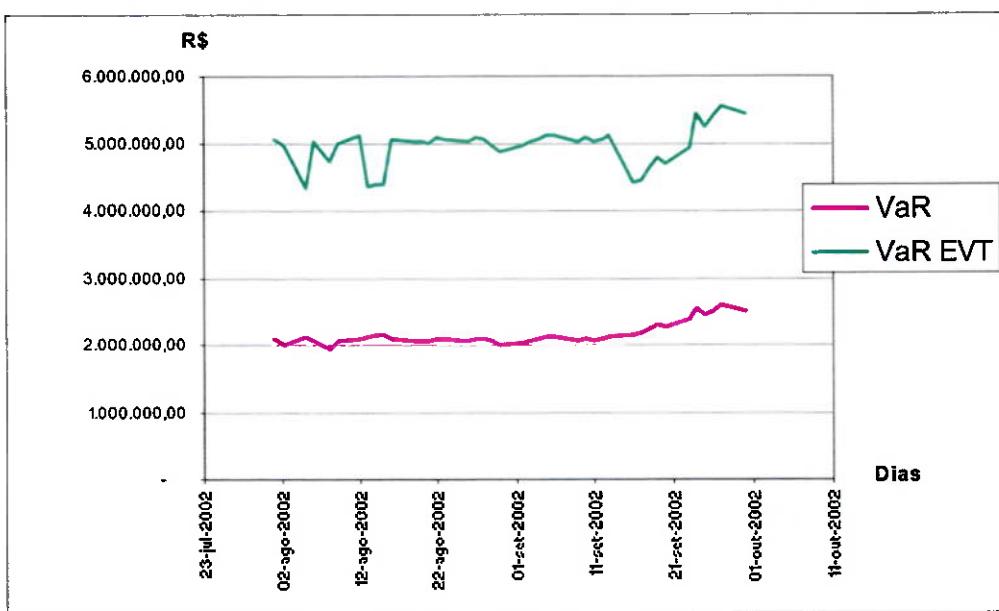


Elaborado pela autora.

Gráfico 5.1: Comparação entre VaR gerado com e sem o uso de EVT,  $\alpha = 99,0\%$ .

Como pode ser verificado pela observação dos valores graficamente para a porcentagem de 1% de falhas ( $\alpha = 99\%$  de confiança) não houve falta de coerência matemática entre os modelos.

O próximo gráfico apresenta os novos valores para o VaR, em comparação com os valores anteriores, para a probabilidade  $p$  de falha em 0,1% os casos. Os valores utilizados para montar cada um dos gráficos será apresentado em anexo.

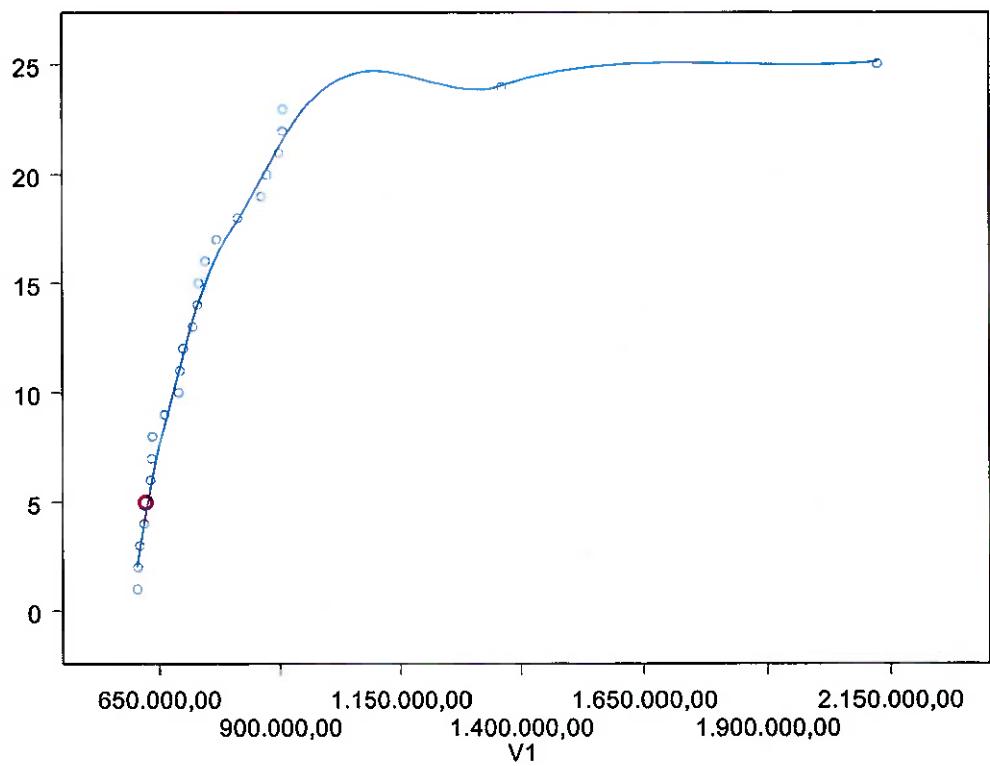


Elaborado pela autora.

**Gráfico 5.2: Comparação entre VaR gerado com e sem o uso de EVT,  $\alpha = 99,99\%$ .**

Também nesta análise não houve qualquer problema com os valores obtidos.

Para que a função GPD utilizada possa ser corretamente compreendida pode-se ver abaixo o gráfico dos pontos que compõem o primeiro dia de análise, para  $p = 1\%$ . Os parâmetros  $\xi$  e  $\beta$  obtidos foram respectivamente 0,320943 e 149.675,80, a forma da distribuição coincide com os gráficos apresentados por Gençay, Selçuk e Ulugulyagci (2002).



Elaborado pela autora.

**Gráfico 5.3: Formato da Curva GPD para a primeira amostra de dados.**

### **5.3. Análise dos Resultados Obtidos em comparação com o método já existente**

Para que os resultados finais pudessem ser corretamente analisados optou-se por realizar uma análise comparativa entre o que seriam o resultado real para a exposição cambial possuída e os valores de VaR calculados, ou seja, uma análise de Backtest.

Para se obter o resultado da carteira deve-se utilizar a expressão abaixo:

$$\text{Resultado} = P \& L = OCP * \Delta spot = OCP * (Spot_{D_0} - Spot_{D_{-1}})$$

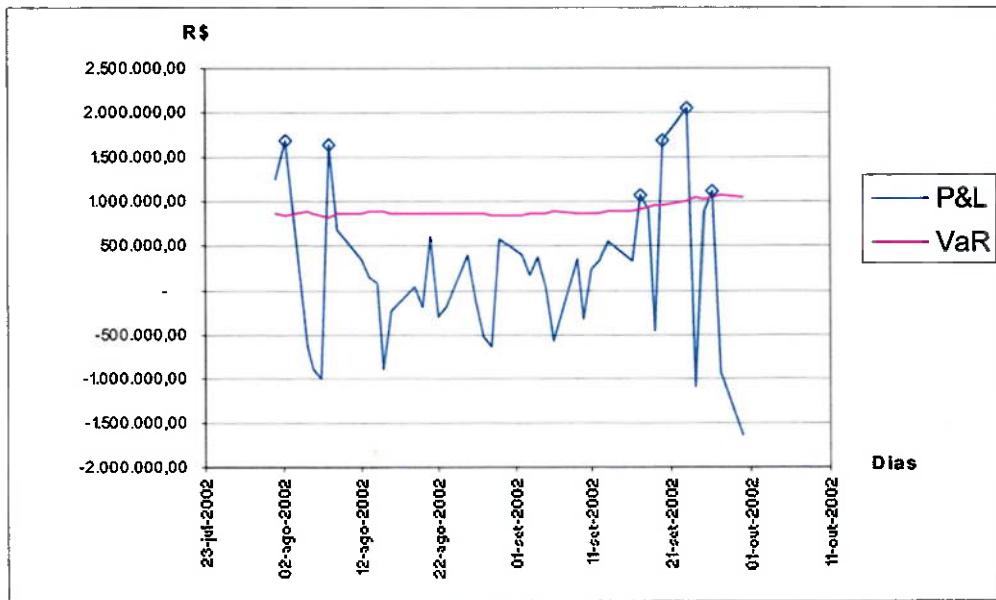
Onde:

OCP: é a posição da carteira, que no caso estudado foi definido como 10 milhões de dólares negativo.

Spot <sub>D<sub>0</sub></sub>: é o valor do dólar spot no fechamento do dia, por exemplo, se deseja-se analisar o resultado do dia 02/08/2002, deve-se usar o spot do próprio dia 2.

Spot <sub>D<sub>-1</sub></sub> : é o valor do dólar spot do dia anterior a data analisada, para o exemplo citado seria o spot do dia 01/08/2002.

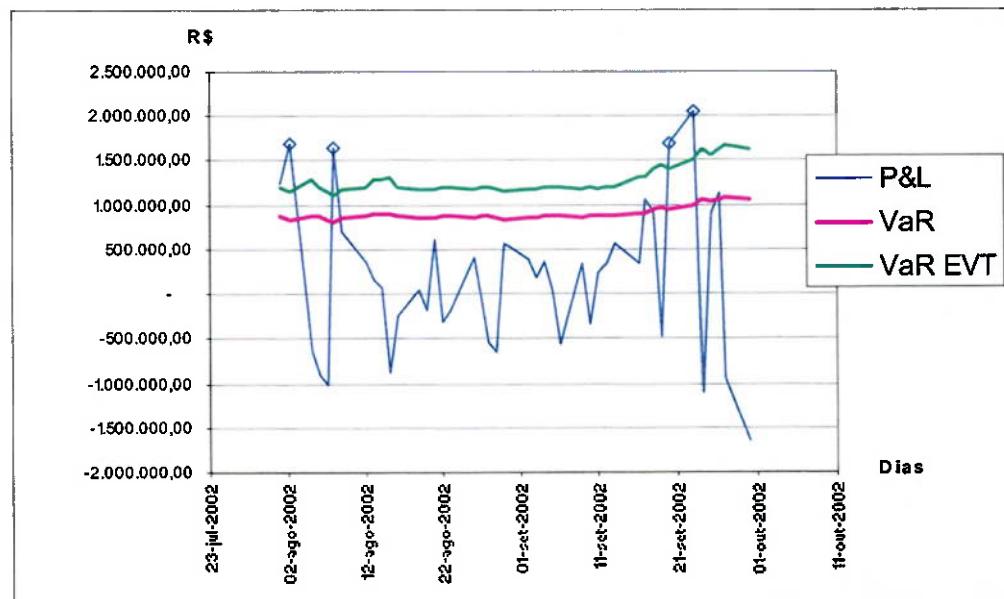
Obtidos os resultados deve-se comparar inicialmente tais valores com os valores do VaR obtidos pelo método tradicional, que indicam a pior perda esperada. Se a porcentagem de valores de resultado maiores que o VaR for superior a 1% (99% de confiança do modelo) o modelo não está perfeitamente ajustado. No gráfico abaixo os pontos que possuem um losango em volta mostram essas situações, a falha obtida neste caso foi de 16,28%, muito superior ao esperado.



Elaborado pela autora.

**Gráfico 5.4: Comparação entre o resultado real e a perda estimada pelo VaR.**

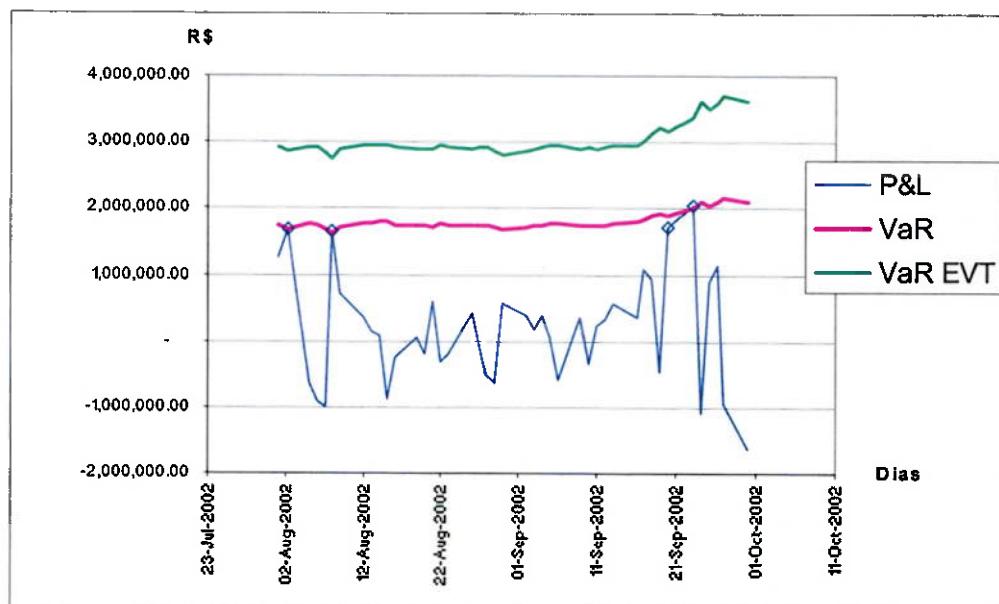
A mesma análise foi realizada com o modelo de VaR proposto pela EVT, neste caso  $p$  foi estimada como sendo 1%, semelhantemente ao VaR anterior. Os resultados estão apresentados no gráfico abaixo.



**Gráfico 5.5: Comparação entre o resultado real e a perda estimada pelo VaR e VaR EVT.**

Como podemos observar apesar da quantidade de falhas ter diminuído, a quantidade de vezes que o modelo falhou ( $4 \text{ em } 42 = 9,52\%$ ) ainda é considerada alta. Não permitindo concluir que tal modelo é superior ao anterior.

No entanto o intuito de criar um modelo baseado em distribuições de extremo não é analisar situações onde tem-se uma falha a cada 100 observações, e sim analisar situações onde as falhas serão muito menos frequentes. Abaixo encontra-se um gráfico onde temos uma probabilidade de falha de 0,5%, ou seja, uma falha em cada 500 observações.



Elaborado pela autora.

**Gráfico 5.6: Comparação entre o resultado real e a perda estimada pelo VaR e VaR EVT.**

O que permite concluir que para operações raras tem-se uma estimativa razoável da potencial perda dada a ocorrência de um evento extremo, permitindo que o modelo seja utilizado.

## **Conclusão**



## **6. Conclusão**

A busca de um modelo que conseguisse de alguma forma completar as análises de risco de mercado já existentes e corrigir suas falhas não foi simples. Começou-se com uma análise do que é risco e quais deveriam ser os conceitos a serem explicados que permitiriam a compreensão do trabalho, etapa exaustiva e indispensável. O risco, ferramenta diária de trabalho, conceito que demorou cerca de 500 anos até ser completamente desenvolvido, foi apresentado. Buscou-se passar ao leitor a admiração que muitos dedicaram ao assunto.

Partiu-se então para a definição do pano de fundo, já tendo conhecimento de que o modelo a ser utilizado no desenvolvimento da ferramenta apresentava limitações. Escolheu-se o cenário, e os pontos que o definiam foram apresentados.

Entender a dinâmica de funcionamento do mercado de câmbio no Brasil foi vital para que as simplificações que seriam posteriormente feitas não ficassem sem fundamento. Os cortes para facilitar uma análise posterior foram feitos, porém os conceitos implícitos no número final foram dados, bastando que fossem retomados para entender como seria o funcionamento do modelo no dia a dia.

A construção da ferramenta então começou. As falhas do modelo utilizado foram apresentadas, o trabalho das 40 páginas anteriores foi questionado e colocado à prova. Através de citações estruturou-se o caminho a ser trilhado. Como os problemas identificados por muitos que estudaram o assunto e as soluções apresentadas por outros muitos se encaixariam, como seria possível costurar as diferentes partes tornando o final coerente, as dificuldades estavam aumentando.

Mesmo com o detalhamento do problema em mãos e o caminho que se desejava seguir dado como conhecido, a solução parecia não existir. As variáveis mesmo limitadas ainda eram muitas, e as equações disponíveis dos modelos de EVT excessivamente complexas, não possuindo solução analítica. Foram necessárias

semanas até se encontrar a solução, seria necessário uma ferramenta específica a mais, um software desenvolvido por especialistas no assunto.

Neste ponto do trabalho encontrou-se uma rede de informações até então desconhecida, estudosos das mais variadas nacionalidades tinham se unido e trabalhado em parceria com empresas de países distintos para que seus estudos fossem difundidos. Encontrou-se na rede mundial de computadores o EVIS, que através do software Splus nos dava o que precisávamos. Mas o que parecia solução mostrou-se como novo problema, utilizar o EVIS, falar a mesma linguagem de modo que o diálogo final pudesse ser compreendido não parecia possível. As mentes brilhantes que estavam por trás de sua genialidade pareciam ter se esquecido dos usuários finais.

Após muito trabalho finalmente pode-se começar a vislumbrar os resultados, mostrados através de tê-las com números praticamente incompreensíveis. Os dados das séries históricas foram corretamente imputados, e através da associação entre planilhas de Excel e as funções disponíveis no EVIS pode-se chegar aos resultados finais, que deveriam ser então analisados, levando ao final do trabalho.

Os dados utilizados foram hipotéticos, e apesar de não tratar-se de uma situação real, eles foram construídos considerando-se todas as particularidades necessárias para que o modelo pudesse ser posteriormente utilizado. A vantagem neste sentido é que todas as planilhas de cálculo assim como todos os resultados puderam ser apresentados integralmente, sem as restrições que seriam impostas pela política de sigilo da empresa estudada.

O trabalho estará disponível a empresa, a decisão de implantá-lo necessitará ainda de um período de análise. Deve-se levantar todos os custos que serão originados e ponderar com os ganhos que se espera. Utilizou-se a versão disponível para estudantes do Splus , sendo que o valor a ser despendido para sua aquisição não é pequeno. Essa decisão não será aqui colocada.

O que este trabalho tentou mostrar primeiramente foi a existência de um problema que apesar de conhecido poderia ser melhor abordado. Em seguida os pontos relevantes foram explicitados e a partir deles pode-se construir uma ferramenta que buscasse dar a solução correta. Para o teste da mesma criou-se uma solução hipotética, que buscava comparar seus resultados com os do modelo já existentes, mostrando em que situações ela deveria ser utilizada, e com que grau de precisão.

## Bibliografía



## **7. Bibliografia**

1. JORION, PHILIPPE. **Value At Risk: A nova fonte de Referência para o Controle de Risco de Mercado.** São Paulo: Editora da Bolsa de Mercadorias e Futuros, 1998
2. SIQUEIRA, J. OLIVEIRA. **Risco: da Filosofia a Administração.** São Paulo, 2001, Dissertação de mestrado - FEAUSP.
3. BERNSTEIN, PETER L. **Desafio aos Deuses.** São Paulo: Editora Campus, 1997
4. GAROFALO, EMÍLIO F. **Câmbios no Brasil.** São Paulo: Editora da Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2000
5. HULL, JOHN C.. **Options, Futures and Other Derivative Securities.** 3<sup>a</sup> ed., United States of America: Prentice Hall, 1993
6. EMBRECHTS, PAUL; KLUPPELBERG, CLAUDIA; MIKOSCH, THOMAS. **Modelling Extremal Events.** Nova Iorque. Editora Springer, 1997
7. EMBRECHTS, PAUL. **Extremes and Integrated Risk Management.** Londres: Editora Risk Books, 2000.
8. MCNEIL, ALEXANDER J.; SALADIN, T. **Developing Scenarios fo Future Extreme Losses Using the POT Model.** Zurique, 1998.
9. MCNEIL, ALEXANDER J.; SALADIN, T. **The Peaks over Thresholds Method for estimating High Quantiles of Loss Distributions.** Zurique, 1997.
10. MCNEIL, ALEXANDER J. **Calculating Quantile Risk Measures for Financial Return series using Extreme Value Theory.** Zurique, 1998.

11. VAZ, BEATRIZ M. M. . **Estimando Risco Usando a Teoria dos Valores Extremos –Uma aplicação ao Mercado Financeiro brasileiro** . Resenha BF&F 136, 1999.
12. BERKOWITZ, JEREMY. **A Coherent Framework for Stress-Testing**. United States of America, 1999.
13. DOWD, KEVIN. **The Extreme value Approach to VaR – An Introduction**. United states of America, 1999.
14. EMBRECHTS, PAUL. **Extreme Value Theory: Potencial and Limitations as an Integratde Risk Management Toll**. Zurich, 1999.
15. SCHACHTER, BARRY. **How well can Stress Tests Complement VaR?**. United States of America, 1998.
16. INOUE, OSCAR; RIBEIRO, CELMA; PEDREIRA, DENIS B. **Modelo de Valores Extremos para o Cálculo do Value-at-Risk. Valores Extremos –Uma aplicação ao Mercado Financeiro brasileiro** . Resenha BF&F 134, 1999.
17. ARAGONÉS, JOSE R.; BLANCO, CARLOS; DOWD, KEVIN. **Incorporating Stress Tests into Market Risk Modeling**. Institucional Investor, Inc, 2001.
18. PINTO, FLÁVIA C.; PEREIRA, PEDRO L. VALLS. **Teoria dos Valores Extremos: aplicações em Valor em Risco**. Artigo de Conclusão do Curso, São Paulo, 2001.
19. FORTUNA, EDUARDO. **Mercado Financeiro: Produtos e Serviços**. 10<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 1995.

20. GENÇAY, RAMAZAN; SELÇUK, FARUK; ULUGULYAGCI, ABDURRAHMAN. **Evim: A software Package for Extreme Value Analysis in MATLAB.** Ankara, Turquia: Departamento de Economia da Universidade de Bilkent, 2002.
21. BCB – Banco Central do Brasil. [On line]. Disponível na Internet via [www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br). Arquivos capturados em outubro de 2002.
22. EVIS 2.1 para Splus 5.1 – Software para problemas de EVT. [On line]. Disponível na Internet via [www.math.ethz.ch/~mcneil/software.html](http://www.math.ethz.ch/~mcneil/software.html). Arquivos capturados em outubro de 2002.

## Anexos



## **8. Anexos**

**8.1. Série de spot utilizada – fonte Reuters.**

**8.2. Valores para o VaR, P&L e VaR II (EVT).**

*8.1. Série de spot utilizada – fonte Reuters.*

Data	Spot	Data	Spot	Data	Spot
01-ago-2000	1,7890	27-set-2000	1,8493	27-nov-2000	1,9714
02-ago-2000	1,7960	28-set-2000	1,8428	28-nov-2000	1,9672
03-ago-2000	1,7940	29-set-2000	1,8443	29-nov-2000	1,9557
04-ago-2000	1,7920	02-out-2000	1,8443	30-nov-2000	1,9789
07-ago-2000	1,7980	03-out-2000	1,8527	01-dez-2000	1,9746
08-ago-2000	1,7940	04-out-2000	1,8523	04-dez-2000	1,9778
09-ago-2000	1,7980	05-out-2000	1,8456	05-dez-2000	1,9560
10-ago-2000	1,7970	06-out-2000	1,8525	06-dez-2000	1,9742
11-ago-2000	1,8020	09-out-2000	1,8531	07-dez-2000	1,9735
14-ago-2000	1,8050	10-out-2000	1,8538	08-dez-2000	1,9663
15-ago-2000	1,8040	11-out-2000	1,8587	11-dez-2000	1,9661
16-ago-2000	1,8120	13-out-2000	1,8693	12-dez-2000	1,9683
17-ago-2000	1,8100	16-out-2000	1,8647	13-dez-2000	1,9562
18-ago-2000	1,8170	17-out-2000	1,8707	14-dez-2000	1,9636
21-ago-2000	1,8230	18-out-2000	1,8740	15-dez-2000	1,9647
22-ago-2000	1,8190	19-out-2000	1,8769	18-dez-2000	1,9568
23-ago-2000	1,8220	20-out-2000	1,8855	19-dez-2000	1,9560
24-ago-2000	1,8210	23-out-2000	1,8959	20-dez-2000	1,9610
25-ago-2000	1,8230	24-out-2000	1,9104	21-dez-2000	1,9555
28-ago-2000	1,8320	25-out-2000	1,9283	22-dez-2000	1,9606
29-ago-2000	1,8270	26-out-2000	1,9353	26-dez-2000	1,9620
30-ago-2000	1,8240	27-out-2000	1,9159	27-dez-2000	1,9596
31-ago-2000	1,8240	30-out-2000	1,9124	28-dez-2000	1,9501
01-set-2000	1,8250	31-out-2000	1,8990	29-dez-2000	1,9501
04-set-2000	1,8270	01-nov-2000	1,9202	02-jan-2001	1,9438
05-set-2000	1,8210	03-nov-2000	1,9386	03-jan-2001	1,9318
06-set-2000	1,8210	06-nov-2000	1,9381	04-jan-2001	1,9433
08-set-2000	1,8160	07-nov-2000	1,9528	05-jan-2001	1,9538
11-set-2000	1,8220	08-nov-2000	1,9683	08-jan-2001	1,9506
12-set-2000	1,8290	09-nov-2000	1,9667	09-jan-2001	1,9432
13-set-2000	1,8310	10-nov-2000	1,9496	10-jan-2001	1,9434
14-set-2000	1,8390	13-nov-2000	1,9511	11-jan-2001	1,9573
15-set-2000	1,8450	14-nov-2000	1,9506	12-jan-2001	1,9479
18-set-2000	1,8580	16-nov-2000	1,9503	15-jan-2001	1,9485
19-set-2000	1,8508	17-nov-2000	1,9662	16-jan-2001	1,9522
20-set-2000	1,8550	20-nov-2000	1,9167	17-jan-2001	1,9560
21-set-2000	1,8545	21-nov-2000	1,9193	18-jan-2001	1,9536
22-set-2000	1,8436	22-nov-2000	1,9320	19-jan-2001	1,9570
25-set-2000	1,8472	23-nov-2000	1,9540	22-jan-2001	1,9568
26-set-2000	1,8499	24-nov-2000	1,9593	23-jan-2001	1,9614

**Tabela: Série de Dólar Spot Utilizada (Fonte: Reuters).**

Data	Spot	Data	Spot	Data	Spot
24-jan-2001	1,9692	23-mar-2001	2,1722	22-mai-2001	2,3231
25-jan-2001	1,9730	26-mar-2001	2,1345	23-mai-2001	2,3417
26-jan-2001	1,9733	27-mar-2001	2,1232	24-mai-2001	2,3469
29-jan-2001	1,9732	28-mar-2001	2,1256	25-mai-2001	2,3153
30-jan-2001	1,9663	29-mar-2001	2,1526	28-mai-2001	2,3335
31-jan-2001	1,9720	30-mar-2001	2,1512	29-mai-2001	2,3469
01-fev-2001	1,9900	02-abr-2001	2,1653	30-mai-2001	2,3403
02-fev-2001	1,9870	03-abr-2001	2,1760	31-mai-2001	2,3736
05-fev-2001	2,0025	04-abr-2001	2,1740	01-jun-2001	2,3813
06-fev-2001	1,9998	05-abr-2001	2,1535	04-jun-2001	2,3821
07-fev-2001	2,0039	06-abr-2001	2,1663	05-jun-2001	2,3894
08-fev-2001	1,9902	09-abr-2001	2,1571	06-jun-2001	2,3868
09-fev-2001	1,9823	10-abr-2001	2,1376	07-jun-2001	2,3660
12-fev-2001	1,9838	11-abr-2001	2,1545	08-jun-2001	2,3587
13-fev-2001	1,9866	12-abr-2001	2,1542	11-jun-2001	2,3789
14-fev-2001	1,9872	16-abr-2001	2,1874	12-jun-2001	2,4035
15-fev-2001	1,9893	17-abr-2001	2,1970	13-jun-2001	2,4218
16-fev-2001	2,0010	18-abr-2001	2,1807	15-jun-2001	2,4118
19-fev-2001	2,0030	19-abr-2001	2,1900	18-jun-2001	2,4530
20-fev-2001	2,0100	20-abr-2001	2,2470	19-jun-2001	2,4788
21-fev-2001	2,0403	23-abr-2001	2,2608	20-jun-2001	2,4671
22-fev-2001	2,0427	24-abr-2001	2,2646	21-jun-2001	2,3810
23-fev-2001	2,0368	25-abr-2001	2,2893	22-jun-2001	2,3126
28-fev-2001	2,0464	26-abr-2001	2,2428	25-jun-2001	2,3006
01-mar-2001	2,0398	27-abr-2001	2,2013	26-jun-2001	2,3260
02-mar-2001	2,0273	30-abr-2001	2,2010	27-jun-2001	2,3013
05-mar-2001	2,0223	02-mai-2001	2,2372	28-jun-2001	2,3002
06-mar-2001	2,0365	03-mai-2001	2,2129	29-jun-2001	2,3100
07-mar-2001	2,0418	04-mai-2001	2,2114	02-jul-2001	2,3313
08-mar-2001	2,0518	07-mai-2001	2,2140	03-jul-2001	2,3520
09-mar-2001	2,0479	08-mai-2001	2,2447	04-jul-2001	2,4197
12-mar-2001	2,0608	09-mai-2001	2,2610	05-jul-2001	2,4690
13-mar-2001	2,0614	10-mai-2001	2,2575	06-jul-2001	2,4327
14-mar-2001	2,0766	11-mai-2001	2,2837	09-jul-2001	2,4550
15-mar-2001	2,0938	14-mai-2001	2,3134	10-jul-2001	2,4848
16-mar-2001	2,1291	15-mai-2001	2,3391	11-jul-2001	2,5000
19-mar-2001	2,1062	16-mai-2001	2,3172	12-jul-2001	2,5530
20-mar-2001	2,0843	17-mai-2001	2,3045	13-jul-2001	2,5826
21-mar-2001	2,1152	18-mai-2001	2,3043	16-jul-2001	2,5790
22-mar-2001	2,1620	21-mai-2001	2,3190	17-jul-2001	2,4992

Tabela: Série de Dólar Spot Utilizada (Fonte: Reuters).

Data	Spot	Data	Spot	Data	Spot
18-jul-2001	2,5025	13-set-2001	2,6588	12-nov-2001	2,5503
19-jul-2001	2,5072	14-set-2001	2,6800	13-nov-2001	2,5210
20-jul-2001	2,4510	17-set-2001	2,6677	14-nov-2001	2,5456
23-jul-2001	2,4148	18-set-2001	2,6922	16-nov-2001	2,5270
24-jul-2001	2,4684	19-set-2001	2,7103	19-nov-2001	2,5197
25-jul-2001	2,4873	20-set-2001	2,7562	20-nov-2001	2,5523
26-jul-2001	2,4793	21-set-2001	2,8333	21-nov-2001	2,5420
27-jul-2001	2,4583	24-set-2001	2,7187	22-nov-2001	2,5333
30-jul-2001	2,4148	25-set-2001	2,7122	23-nov-2001	2,5023
31-jul-2001	2,4713	26-set-2001	2,7373	26-nov-2001	2,4788
01-ago-2001	2,4948	27-set-2001	2,6725	27-nov-2001	2,4710
02-ago-2001	2,4925	28-set-2001	2,6706	28-nov-2001	2,4823
03-ago-2001	2,5018	01-out-2001	2,6783	29-nov-2001	2,5395
06-ago-2001	2,4583	02-out-2001	2,7083	30-nov-2001	2,4953
07-ago-2001	2,4837	03-out-2001	2,7242	03-dez-2001	2,4518
08-ago-2001	2,4688	04-out-2001	2,7370	04-dez-2001	2,4378
09-ago-2001	2,4650	05-out-2001	2,7780	05-dez-2001	2,4368
10-ago-2001	2,4620	08-out-2001	2,7708	06-dez-2001	2,4200
13-ago-2001	2,4973	09-out-2001	2,7802	07-dez-2001	2,3908
14-ago-2001	2,5160	10-out-2001	2,7705	10-dez-2001	2,3319
15-ago-2001	2,4903	11-out-2001	2,7793	11-dez-2001	2,3793
16-ago-2001	2,5010	15-out-2001	2,7706	12-dez-2001	2,3699
17-ago-2001	2,5196	16-out-2001	2,7178	13-dez-2001	2,3718
20-ago-2001	2,5190	17-out-2001	2,7218	14-dez-2001	2,3748
21-ago-2001	2,5515	18-out-2001	2,7595	17-dez-2001	2,3557
22-ago-2001	2,5200	19-out-2001	2,7325	18-dez-2001	2,3246
23-ago-2001	2,5305	22-out-2001	2,7195	19-dez-2001	2,2993
24-ago-2001	2,5474	23-out-2001	2,7303	20-dez-2001	2,3367
27-ago-2001	2,5587	24-out-2001	2,7585	21-dez-2001	2,3376
28-ago-2001	2,5592	25-out-2001	2,7159	24-dez-2001	2,3376
29-ago-2001	2,5468	26-out-2001	2,7237	26-dez-2001	2,3237
30-ago-2001	2,5305	29-out-2001	2,7220	27-dez-2001	2,3308
31-ago-2001	2,5656	30-out-2001	2,7213	28-dez-2001	2,3147
03-set-2001	2,5650	31-out-2001	2,6965	02-jan-2002	2,3031
04-set-2001	2,5554	01-nov-2001	2,6723	03-jan-2002	2,2959
05-set-2001	2,5783	05-nov-2001	2,6000	04-jan-2002	2,3317
06-set-2001	2,5824	06-nov-2001	2,6083	07-jan-2002	2,3288
10-set-2001	2,6072	07-nov-2001	2,5592	08-jan-2002	2,3740
11-set-2001	2,6500	08-nov-2001	2,5310	09-jan-2002	2,3755
12-set-2001	2,6860	09-nov-2001	2,5383	10-jan-2002	2,4219

**Tabela: Série de Dólar Spot Utilizada (Fonte: Reuters).**

Data	Spot	Data	Spot	Data	Spot
11-jan-2002	2,4015	13-mar-2002	2,3481	10-mai-2002	2,4618
14-jan-2002	2,3950	14-mar-2002	2,3434	13-mai-2002	2,5195
15-jan-2002	2,3745	15-mar-2002	2,3466	14-mai-2002	2,5100
16-jan-2002	2,3647	18-mar-2002	2,3415	15-mai-2002	2,5050
17-jan-2002	2,3835	19-mar-2002	2,3419	16-mai-2002	2,4649
18-jan-2002	2,3650	20-mar-2002	2,3428	17-mai-2002	2,4756
21-jan-2002	2,3711	21-mar-2002	2,3423	20-mai-2002	2,4820
22-jan-2002	2,3784	22-mar-2002	2,3618	21-mai-2002	2,4836
23-jan-2002	2,3840	25-mar-2002	2,3642	22-mai-2002	2,5220
24-jan-2002	2,3954	26-mar-2002	2,3465	23-mai-2002	2,5280
28-jan-2002	2,4238	27-mar-2002	2,3241	24-mai-2002	2,5185
29-jan-2002	2,4370	28-mar-2002	2,3260	27-mai-2002	2,5224
30-jan-2002	2,4370	01-abr-2002	2,3038	28-mai-2002	2,5273
31-jan-2002	2,4128	02-abr-2002	2,2980	29-mai-2002	2,5130
01-fev-2002	2,4097	03-abr-2002	2,3137	31-mai-2002	2,5182
04-fev-2002	2,4233	04-abr-2002	2,3013	03-jun-2002	2,5371
05-fev-2002	2,4206	05-abr-2002	2,2785	04-jun-2002	2,5940
06-fev-2002	2,4377	08-abr-2002	2,2931	05-jun-2002	2,6078
07-fev-2002	2,4619	09-abr-2002	2,2797	06-jun-2002	2,6598
08-fev-2002	2,4610	10-abr-2002	2,2667	07-jun-2002	2,6363
13-fev-2002	2,4093	11-abr-2002	2,2837	10-jun-2002	2,6356
14-fev-2002	2,4311	12-abr-2002	2,2933	11-jun-2002	2,7122
15-fev-2002	2,4258	15-abr-2002	2,3206	12-jun-2002	2,7870
18-fev-2002	2,4357	16-abr-2002	2,3200	13-jun-2002	2,7068
19-fev-2002	2,4227	17-abr-2002	2,3228	14-jun-2002	2,7158
20-fev-2002	2,4207	18-abr-2002	2,3254	17-jun-2002	2,6612
21-fev-2002	2,4223	19-abr-2002	2,3316	18-jun-2002	2,7140
22-fev-2002	2,4220	22-abr-2002	2,3414	19-jun-2002	2,7091
25-fev-2002	2,3948	23-abr-2002	2,3611	20-jun-2002	2,7738
26-fev-2002	2,3938	24-abr-2002	2,3586	21-jun-2002	2,8300
27-fev-2002	2,3572	25-abr-2002	2,3624	24-jun-2002	2,7764
28-fev-2002	2,3659	26-abr-2002	2,3721	25-jun-2002	2,8205
01-mar-2002	2,3431	29-abr-2002	2,3647	26-jun-2002	2,8751
04-mar-2002	2,3248	30-abr-2002	2,3625	27-jun-2002	2,8527
05-mar-2002	2,3321	02-mai-2002	2,3983	28-jun-2002	2,8133
06-mar-2002	2,3663	03-mai-2002	2,4064	01-jul-2002	2,8950
07-mar-2002	2,3708	06-mai-2002	2,4193	02-jul-2002	2,8918
08-mar-2002	2,3513	07-mai-2002	2,4332	03-jul-2002	2,8587
11-mar-2002	2,3563	08-mai-2002	2,4366	04-jul-2002	2,8587
12-mar-2002	2,3308	09-mai-2002	2,4748	05-jul-2002	2,8808
08-jul-2002	2,8590	16-jul-2002	2,8738	24-jul-2002	2,9438
09-jul-2002	2,8590	17-jul-2002	2,8940	25-jul-2002	2,9960
10-jul-2002	2,8498	18-jul-2002	2,8483	26-jul-2002	3,0121
11-jul-2002	2,7927	19-jul-2002	2,8663	29-jul-2002	3,2170
12-jul-2002	2,8110	22-jul-2002	2,9048	30-jul-2002	3,2963
15-jul-2002	2,8515	23-jul-2002	2,9180	31-jul-2002	3,4400

Tabela: Série de Dólar Spot Utilizada (Fonte: Reuters).

*8.2. Valores para o VaR, P&L e VaR II (EVT)  $\rho = 0,5\%$ .*

Data	P&L	VaR	VaR EVT
01-Aug-2002	1,245,000.36	874,589.60	2,047,136.13
02-Aug-2002	1,693,000.79	839,732.56	2,012,281.57
05-Aug-2002	- 636,000.63	887,132.55	2,032,349.18
06-Aug-2002	- 901,999.47	869,326.05	2,034,818.26
07-Aug-2002	- 1,012,001.04	844,072.21	1,975,706.98
08-Aug-2002	1,651,999.95	815,738.59	1,909,386.66
09-Aug-2002	701,999.66	861,990.66	2,017,648.16
12-Aug-2002	353,000.16	881,644.97	2,063,652.67
13-Aug-2002	154,001.71	891,528.14	2,042,419.38
14-Aug-2002	72,999.00	895,839.82	2,052,296.94
15-Aug-2002	- 885,000.23	897,883.62	2,056,979.22
16-Aug-2002	- 239,000.32	873,105.72	2,043,664.91
19-Aug-2002	41,999.82	866,414.28	2,028,002.34
20-Aug-2002	- 179,998.87	867,590.17	2,030,754.93
21-Aug-2002	606,999.40	862,550.63	2,018,958.63
22-Aug-2002	- 311,000.35	879,545.17	2,058,738.14
23-Aug-2002	- 183,999.54	870,837.90	2,038,356.75
26-Aug-2002	406,000.61	865,686.35	2,026,298.81
27-Aug-2002	- 118,000.51	877,053.40	2,052,905.20
28-Aug-2002	- 534,999.37	873,749.67	2,045,172.17
29-Aug-2002	- 645,000.93	858,770.96	2,010,111.97
30-Aug-2002	571,999.55	840,712.47	1,967,842.74
02-Sep-2002	396,001.34	856,727.10	2,005,327.80
03-Sep-2002	177,998.54	867,814.19	2,031,278.99
04-Sep-2002	368,001.46	872,797.73	2,042,944.08
05-Sep-2002	39,999.49	883,100.89	2,067,057.67
06-Sep-2002	- 568,001.27	884,220.78	2,069,681.67
09-Sep-2002	343,999.86	868,318.10	2,032,458.96
10-Sep-2002	- 327,999.59	877,949.28	2,055,002.01
11-Sep-2002	238,001.35	868,766.07	2,033,507.01
12-Sep-2002	334,999.56	875,429.54	2,049,104.29
13-Sep-2002	555,000.31	884,808.73	2,071,057.71
16-Sep-2002	339,999.20	900,347.42	2,062,623.60
17-Sep-2002	1,066,000.46	909,866.58	2,084,431.18
18-Sep-2002	922,999.38	939,712.06	2,185,190.67
19-Sep-2002	- 472,998.62	965,553.84	2,263,308.20
20-Sep-2002	1,693,999.77	952,311.01	2,214,488.23
23-Sep-2002	2,051,999.57	999,738.96	2,357,211.35
24-Sep-2002	- 1,098,001.00	1,057,190.07	2,556,087.36
25-Sep-2002	900,001.53	1,026,448.65	2,459,232.03
26-Sep-2002	1,129,000.19	1,051,646.55	2,542,684.72
27-Sep-2002	- 944,001.67	1,083,255.87	2,628,295.68
30-Sep-2002	- 1,640,000.34	1,056,826.07	2,555,207.57