



Disponível em
<http://www.anpad.org.br/rac-e>

RAC-Eletrônica, Curitiba, v. 3, n. 1, art. 9,
p. 159-179, Jan./Abr. 2009



Estudo Comparativo no Mercado Brasileiro do *Capital Asset Pricing Model (CAPM)*, Modelo 3-Fatores de Fama e French e *Reward Beta Approach*

Comparative Study of the Brazilian Market *Capital Asset Pricing Model (CAPM)*, Fama-French 3-Factor Model and the *Reward Beta Approach*

Pablo Rogers *

Doutorando em Administração pela FEA/USP.
Professor de Finanças e Estatística na UFU, Uberlândia/MG, Brasil.

José Roberto Securato

Doutor em Administração pela FEA/USP.
Professor na FEA/USP e PUC/SP, São Paulo/SP, Brasil.

* Endereço: Pablo Rogers

Av. Rondon Pacheco, 4316, bloco D, apto. 302, Conj. Bandeirantes, Uberlândia/MG, 38400-766. E-mail: pablo@fagen.ufu.br

Copyright © 2009 RAC-Eletrônica. Todos os direitos, inclusive de tradução, são reservados. É permitido citar parte de artigos sem autorização prévia desde que seja identificada a fonte.

RESUMO

Esse artigo testa e compara três modelos alternativos para predição de retornos esperados no mercado de capitais brasileiro: 1) a versão Sharpe-Litner-Mossin do CAPM; 2) o modelo 3-Fatores de Fama e French; 3) e o *Reward Beta Model*, apresentado por Bornholt (2007). Utilizou-se como procedimento empírico a metodologia de teste em dois passos para modelos de equilíbrio geral: o primeiro passo consiste em estimar os parâmetros dos modelos, a partir de regressões em séries temporais. No segundo passo os parâmetros estimados são usados como variáveis explicativas em regressões *cross section*. Procedeu-se aos testes por carteiras, de acordo com a metodologia de Fama e French (1993) e Bornholt (2007), aplicados em duas subamostras de ações, com dados disponíveis na Bovespa: a amostra *ex-ante* compreende o período 07/1995-06/2001 e a amostra *ex-post* 07/2001-06/2006. Assim como outras evidências encontradas no mercado brasileiro, os resultados tendem a apoiar o modelo 3-Fatores de Fama e French para explicar retornos futuros; mas o fator que capta o efeito *book-to-market* não se mostra significativo. Dessa forma, indica-se, para a predição de retornos esperados no mercado de capitais brasileiro, um modelo de 2-Fatores: 1) um que capta o excesso de retorno do mercado; 2) e outro que capta o efeito tamanho da firma.

Palavras-chave: CAPM; APT; Modelo 3-Fatores de Fama e French; *Reward Beta Approach*.

ABSTRACT

This article tests and compares three alternative models for predicting expected returns on the Brazilian stock market: 1) the Sharpe-Litner-Mossin CAPM version; 2) the Fama and French 3-factor model; 3) and the Reward Beta Model, presented by Bornholt (2007). It was used as a two-step empirical procedure methodology for models of general equilibrium: the first step consists of estimating the parameters of the models from time series regressions, and in the second step the regard parameters are used as explanatory variables in cross section regressions. The tests were conducted by portfolios, in agreement with the Fama and French (1993) and Bornholt (2007) methodologies, and applied in two sub-samples of stocks the data of which were available from Bovespa (Stock Exchange in São Paulo) : the within-sample covers the period 07/1995-06/2001 and the out-of-sample 07/2001-06/2006. As well as other evidence found in the Brazilian market, the results to support the Fama and French 3-factors model to explain future returns, albeit without the factor that captures the book-to-market effect being significant. Therefore, a two-factor model is recommended for the prediction of expected returns on the Brazilian stock market: 1) one that captures the market excess return; and 2) another that captures the size effect.

Key words: CAPM; APT; Fama and French 3-factors model; Reward Beta Approach.

INTRODUÇÃO

Dentre os modelos para cômputo do retorno esperado de um investimento em condições de risco, o *Capital Pricing Model* [CAPM] ocupa lugar fundamental. Desenvolvido em consonância com Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), a partir das conclusões do trabalho de Markowitz (1959), esse modelo, de forma sucinta, relaciona o retorno esperado de um ativo, em mercado em equilíbrio, com seu risco não diversificável. O modelo postula que a medida de risco relevante é a sensibilidade do retorno do ativo em questão, em relação ao retorno da carteira de mercado, conhecido como coeficiente beta. As previsões do CAPM têm aplicações imediatas na avaliação do preço de ativos, como também são utilizadas para calcular o custo de capital das empresas.

Entretanto, apesar de ser modelo simples e lógico, o CAPM está fundamentado em suposições bastante restritivas sobre o funcionamento do mercado. A versão Sharpe-Litner-Mossin do CAPM parte das seguintes hipóteses: 1) os investidores avaliam as carteiras apenas com base no valor esperado e na variância (ou desvio-padrão) das taxas de retorno; 2) os investidores são avessos ao risco e prevalece o princípio da dominância: um investidor irá escolher sua carteira ótima de um conjunto de carteiras que: a) oferecem o máximo retorno esperado para diferentes níveis de risco; e b) oferecem o mínimo risco para diferentes níveis de retorno esperado; 3) os ativos individuais são infinitamente divisíveis, significando que um investidor pode comprar a fração de ação que deseja; 4) existe uma taxa livre de risco, na qual um investidor pode tanto emprestar quanto tomar emprestado; 5) custos de transação e impostos são irrelevantes; 6) perfeita informação entre os investidores, de forma que eles estão de acordo quanto à distribuição de probabilidades das taxas de retorno dos ativos, o que assegura um único conjunto de carteiras eficientes.

Destarte às restrições do CAPM, Ross (1976) propôs um enfoque novo e diferente para explicar a formação de preços de ativos. A visão alternativa da relação entre risco e retorno, apresentada por esse autor, consubstancia-se nos argumentos de arbitragem. A Teoria de Formação de Preços por Arbitragem [APT] baseia-se na lei de preço único: dois ativos idênticos não podem ser vendidos a preços diferentes. As hipóteses fortes sobre preferências feitas na construção do CAPM não são necessárias. Na verdade, a descrição do equilíbrio pela APT é mais geral do que a fornecida pelo CAPM, no sentido de que a formação de preços pode ser afetada por outros fatores, além do retorno do mercado (Elton, Gruber, Brown, & Goetzmann, 2004, p. 317). As evidências empíricas sobre a APT sugerem que fatores que mensuram respostas sistemáticas a variáveis macroeconômicas, tais como inflação, taxas de juros, produto interno bruto, câmbio etc.; e relacionadas às características das empresas, tais como tamanho, relação valor contábil / valor de mercado (*book-to-market*), índice preço / lucro etc., são muito relevantes para explicar retornos esperados.

Esse artigo tem por base comparar e testar no mercado de capitais brasileiro: 1) a versão Sharpe-Litner-Mossin do CAPM; 2) um modelo APT, que leva em conta as características das empresas; e 3) um modelo alternativo que coaduna os preceitos teóricos do CAPM e o empirismo da APT. O segundo modelo é o de três fatores proposto por Fama e French (1993); busca em essência captar o efeito tamanho e efeito *book-to-market*. O último é o *Reward Beta Model*, proposto por Bornholt (2007); em essência é derivado de uma classe de medidas de risco-médio, baseadas na APT, e consistentes com a teoria da utilidade esperada e com a hipótese de aversão ao risco.

Além dessa introdução, o artigo possui outras quatro seções. A próxima seção deriva intuitivamente a APT e apresenta o CAPM, o modelo 3-Fatores de Fama e French e o *Reward Beta Model*, como casos particulares de modelos APT. A terceira seção do artigo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. A análise dos resultados é discutida na quarta seção e as considerações finais são apresentadas a título de conclusão na quinta seção.

REVISÃO DA LITERATURA

Arbitrage Pricing Theory (APT)

Ross, Westerfield e Jaffe (1995, pp. 232-239) apresentam uma derivação intuitiva e lógica da *Arbitrage Pricing Theory [APT]*. Segundo os autores, a taxa de retorno (\tilde{R}_i) de qualquer ativo negociado no mercado financeiro é formada por duas partes. A primeira é o retorno esperado [$E(R_i)$] ou normal, previsto pelos investidores. Essa parte do retorno depende de todas as informações possuídas pelos investidores. A segunda parte consiste no retorno inesperado (\tilde{U}_i) ou incerto, que é atribuível às informações novas que serão reveladas no período. Um modo de representar a taxa de retorno sobre um ativo i , portanto, é:

$$\tilde{R}_i = E(R_i) + \tilde{U}_i \quad [1]$$

Onde o til sobre as variáveis denota que são aleatórias. A taxa de retorno do ativo é aleatória, pois herda a incerteza do retorno inesperado.

Ross *et al.* (1995, p. 232) colocam que deve haver certo cuidado no estudo de qualquer anúncio de informações sobre a taxa de retorno dos ativos. Os anúncios são compostos de uma parte esperada e uma surpresa. A parte esperada de qualquer anúncio está contida na informação utilizada pelo mercado para formar a expectativa, $E(R_i)$ de retorno do ativo. A surpresa é a notícia que influencia o retorno inesperado da ação, \tilde{U}_i . Se, por exemplo, a inflação for uma variável relevante que afeta o retorno de determinado ativo, e os investidores tivessem previsto em média uma inflação de 0,5% no próximo período, e ela se efetivar em 1,5%, a diferença entre o resultado efetivo e o previsto, 1% neste exemplo, é a surpresa ou inovação.

Entretanto a parcela inesperada da taxa de retorno, que é o risco autêntico dos ativos, pode ser dividida em duas fontes de risco: 1) uma parcela sistemática, chamada de risco sistemático (\tilde{m}), que afeta grande número de ativos, e cada um deles com maior ou menor intensidade; 2) uma parcela específica, chamada de risco não sistemático ($\tilde{\varepsilon}_i$), que afeta particularmente um único ativo ou pequeno grupo de ativos. Portanto podemos tornar a representar a taxa de retorno de um ativo i , como segue:

$$\tilde{R}_i = E(R_i) + \tilde{m} + \tilde{\varepsilon}_i \quad [2]$$

Onde o subscrito i representa que a fonte de risco e o retorno requerido para assumir o risco estão relacionados diretamente com o ativo.

O risco prenunciado pela variável \tilde{m} na equação 2 é comum a todos os ativos, e dois pontos cruciais nos modelos APT são: 1) encontrar o número de fatores comuns (\tilde{F}_N) que influencia o ativo em questão; e 2) mensurar a sensibilidade dos ativos em relação a esses fatores. Bodie, Kane e Marcus (2000, p. 238) discutem que os modelos APT são construídos empiricamente. Dessa forma, pode-se encontrar para determinado ativo que as mudanças no produto interno bruto, na inflação e nas taxas de juros são os fatores mais relevantes que influenciam sua taxa de retorno; para outro ativo, além desses três fatores, mais as mudanças no câmbio e preço do petróleo, por exemplo. As sensibilidades aos fatores são representadas pelos coeficientes betas (β_N). O coeficiente beta diz qual é a reação da taxa de retorno de um ativo a um risco sistemático. No CAPM, o coeficiente beta mensura a sensibilidade da taxa de retorno de um ativo ante um fator específico de risco, o retorno da carteira de mercado. Como a APT considera tipos múltiplos de risco sistemático, nosso modelo deve ser visto como uma generalização do CAPM.

$$\tilde{R}_i = E(R_i) + \beta_1 \tilde{F}_1 + \beta_2 \tilde{F}_2 + \beta_3 \tilde{F}_3 + \dots + \beta_N \tilde{F}_N + \tilde{\varepsilon}_i \quad [3]$$

Caso se considere que apenas o retorno da carteira de mercado seja relevante para explicar o retorno do ativo, a equação 3 poderá ser reescrita como a 4.

$$\tilde{R}_i = E(R_i) + \beta_i [\tilde{R}_M - E(R_M)] + \tilde{\varepsilon}_i \quad [4]$$

Todavia o mercado remunera apenas o excesso de retorno além da taxa livre de risco (R_F) ou, de outra forma, espera-se que qualquer ativo de risco apresente retorno no mínimo igual à taxa livre de risco. Dessa forma, a equação 4 poderá ser reescrita como na forma estimada do CAPM.

$$\tilde{R}_i = R_F + \beta_i [\tilde{R}_M - R_F] + \tilde{\varepsilon}_i \quad [5]$$

Como teoria, a APT é aplicada da mesma forma que o CAPM. Contudo exige hipóteses menos restritivas sobre o comportamento do investidor do que aquelas exigidas pela teoria do CAPM; é mais amena em relação aos testes empíricos e, em muitos casos, pode ser aplicada mais facilmente do que o CAPM (Grinblatt & Titman, 2005, p. 175). Por exemplo, o CAPM geralmente pressupõe que os retornos sobre os ativos possuem distribuição normal (apenas dois parâmetros da função de probabilidade são relevantes: média e variância), ou os investidores possuem funções de utilidade do tipo quadrático, e existe uma população de investidores grande e ‘educada’ com acesso irrestrito à carteira de mercado.

A APT não exige nenhuma dessas hipóteses (Ross *et al.*, 1995, p. 231). Entretanto existe uma hipótese crucial para o bom desempenho da APT: há um amplo número de títulos, de tal forma que é possível criar carteiras que diversifiquem o risco específico à empresa das ações. Em face disso, Bodie, Kane e Marcus (2000) e Grinblatt e Titman (2005) elucidam que a APT tem melhor aplicação em carteiras bem diversificadas. A taxa de retorno de uma carteira j bem diversificada pode ser expressa como na equação 6.

$$\tilde{R}_j = R_F + \beta_1 \tilde{\lambda}_1 + \beta_2 \tilde{\lambda}_2 + \beta_3 \tilde{\lambda}_3 + \dots + \beta_N \tilde{\lambda}_N \quad [6]$$

Onde $\tilde{\lambda}_N = (\tilde{R}_N - R_F)$ e $\tilde{\varepsilon}_j$ não aparece na equação, pois em uma carteira bem diversificada espera-se que seja zero.

Grinblatt e Titman (2005, pp. 187-195) mostram que a equação 6 é um modelo de equilíbrio, pois a possibilidade de projetar uma carteira que tenha como alvo uma configuração de beta de fator específico que replique o risco de um ativo, de um passivo ou de uma carteira, faz surgir uma oportunidade de arbitragem. No entanto a exploração da relativa má-precificação entre dois ou mais ativos para ganhar lucros econômicos livres de risco (arbitragem) não deve perdurar. A APT baseia-se no princípio da não-arbitragem.

Voltando ao assunto de como encontrar os fatores relevantes para estimar modelos APT, Grinblatt e Titman (2005, p. 181) discutem três maneiras empíricas: 1) utilizar um procedimento estatístico como uma análise fatorial, para determinar as carteiras fatoriais, que são carteiras de ativos criadas para imitar fatores; 2) utilizar variáveis macroeconômicas na condição de aproximações para os fatores; e 3) utilizar características das empresas para criar carteiras que ajam como aproximações para os fatores. Cada um desses métodos de estimação de fatores possui vantagens e desvantagens. A Tabela 1 discute algumas vantagens e desvantagens de cada método e apresenta algumas evidências empíricas internacionais e nacionais sobre o uso de cada um. Na próxima subseção discute-se especificamente o modelo multifatorial de Fama e French (1993) baseado nas características das empresas.

Tabela 1: Métodos de Estimação de Modelos APT: Vantagens, Desvantagens e Evidências Empíricas

Método de Estimação	Vantagens	Desvantagens	Evidencia Empírica Internacional	Evidencia Empírica no Brasil
Análise fatorial Um procedimento puramente estatístico para estimar fatores e a sensibilidade dos retornos a eles.	Fornecer a melhor estimativa dos fatores, dados os seus pressupostos.	A pressuposição de que as covariâncias são constantes é crucial e provavelmente será violada na realidade; não “nomeia” efetivamente os fatores.	A aplicação desse procedimento para os retornos acionários foi iniciada por Roll e Ross (1980). Essa pesquisa mostrou que pelo menos três fatores são significantes como explicação dos preços de equilíbrio, mas é pouco provável que quatro fatores sejam significantes. Connor e Korajczyk (1986) e Elton e Gruber (1988) constataram cinco fatores significantes para explicar os retornos adicionais das ações.	Neves (2001) mostrou que pelo menos 7 (sete) fatores são significantes como explicação dos preços de equilíbrio, ao contrário de Berenice (1998) que havia constatado 8 fatores significantes para explicar os retornos adicionais das ações brasileiras. Mello e Samanez (1999), por sua vez, identificaram que não mais de 6 fatores, fossem necessários para explicar os retornos das ações.
Variáveis macroeconômicas Utiliza séries temporais macroeconômicas para que atuem como aproximações para os fatores que geram retornos acionários.	Fornecer interpretações mais intuitivas dos fatores.	Implica que os fatores apropriados sejam as alterações não-antecipadas das macrovariáveis. Pode ser difícil medir na prática alterações não-antecipadas nas variáveis.	Chan, Chen e Hsieh (1985), Chen, Roll e Ross (1986), Burmeister e McElroy (1988), Jagannathan e Wang (1996) chegaram à conclusão sobre seis variáveis macroeconômicas (entre outras) que explicam os retornos das ações norte-americanas: 1) mudanças na taxa de crescimento mensal do PIB; 2) mudanças no prêmio de risco de inadimplência; 3) estrutura de prazo das taxas de juros; 4) mudanças inesperadas no nível de preços; 5) mudanças na inflação esperada; e 6) variação das vendas esperadas.	No Brasil, Neves (2001), estudando o efeito de 18 variáveis macroeconômicas sobre os retornos esperados das ações, chegou nas seguintes que mais explicariam as variações nos retornos: Ouro, Ibovespa, Dow Jones, Nasdaq e Selic.
Características da empresa Utiliza características da empresa, sabendo de seu relacionamento com os retornos acionários, para formar carteiras de fator.	Mais intuitiva que as carteiras formadas pela análise fatorial; sua formação não requer covariâncias constantes.	Carteiras selecionadas com base nas anomalias de retorno do passado, que só são fatores porque explicam “acidentes” históricos, e podem não ser boas para explicar retornos esperados no futuro.	Fama e French (1993, 1996) e Hong, Lim e Stein (2000) mostraram que: 1) a capitalização de mercado ou o tamanho da empresa (efeito tamanho); 2) o quociente entre o valor patrimonial e o preço de mercado (efeito <i>book-to-market</i>); e 3) ações que tiveram bom desempenho ao longo dos últimos seis meses (efeito <i>momentum</i>); são características que explicam os retornos das ações. Os autores discutem que esses efeitos existem devido a vieses comportamentais e afetam a eficiência do mercado (essas anomalias são discutidas no campo das Finanças Comportamentais).	Estudos, empreendidos em diferentes períodos, apoiaram o modelo com 3 Fatores de Fama e French (1993) no mercado brasileiro. Costa e Neves (1998), Mellone (1999), Rodrigues (2000), Rodrigues e Leal (2003), Malaga e Securato (2004) e Lucena e Pinto (2005) apresentaram evidências empíricas suficientes de que características das empresas como, tamanho e efeito <i>book-to-market</i> , explicam grande parte dos retornos das ações.

Fonte: baseado em Grinblatt e Titman (2005, p. 181).

Modelo 3-Fatores de Fama e French

Fama e French (1993) investigaram o poder de explicação dos retornos de alguns fatores associados a características das empresas, tais como: tamanho (ME), relação valor contábil / valor de mercado (BE/ME), alavancagem, relação lucro/preço da ação. Eles constataram que tais variáveis conseguiram capturar parcela relevante do retorno das carteiras não explicada pelo beta do CAPM. Baseados nesses resultados, Fama e French (1993) propuseram o uso de um modelo de três fatores, para explicar o retorno das ações: 1) o excesso de retorno em relação ao mercado (fator mercado); 2) a diferença entre os retornos de carteiras de ações de empresas pequenas e grandes (fator tamanho = SMB, denotado por *small minus big*); e 3) a diferença entre os retornos de carteiras de ações de empresas de alta capitalização e baixa capitalização (fator relação valor contábil / valor de mercado = HML, denotado por *high minus low*). A equação do modelo apresenta-se como segue:

$$R_j - R_F = \alpha_j + b_j(R_M - R_F) + s_jSMB + h_jHML + \varepsilon_j \quad [7]$$

Onde, b_j , s_j e h_j representam as sensibilidades em relação aos fatores mercado, tamanho e valor contábil / valor de mercado, respectivamente. O subscrito j na equação 7 denota que o modelo é estimado para carteiras.

Elton *et al.* (2004, p. 365) e Bodie, Kane e Marcus (2000, p. 261) discutem pelo menos quatro explicações para a presença do fator tamanho.

- 1) Pequenas empresas tendem a ser negligenciadas pelos investidores e as informações sobre estas empresas não estão tão prontamente disponíveis. Esta deficiência de informação faz com que as empresas menores sejam investimentos mais arriscados que merecem retornos mais altos.
- 2) Ações pequenas e menos analisadas são comumente menos líquidas e esse efeito liquidez pode não ser captado pelo beta do CAPM. Na verdade, Elton *et al.* (2004, p. 366) apresentam evidências de subestimação do beta de empresas menores, devido à falta de liquidez.
- 3) Empresas menores possuem risco maior, devido à menor eficiência produtiva e endividamento elevado. Em essência, são empresas “marginais” com menor probabilidade de sobrevivência.
- 4) Os custos de transação são mais altos para ações de empresas menores e, quando valores realistas desses custos são levados em consideração, os retornos extraordinários dessas ações são reduzidos ou eliminados.

Em essência, Fama e French (1993) transformaram características relevantes das empresas em retornos. Grinblatt e Titman (2005, p. 198) discorrem que o modelo de 3-Fatores de Fama e French é composto por três carteiras de custo zero (ou seja, que têm autofinanciamento). De acordo com os autores, esses fatores representam: 1) uma posição comprada em carteira de índice de valores ponderados e uma posição vendida em letras do Tesouro – a diferença entre o retorno realizado do índice de valores ponderados e o retorno dos títulos do Tesouro; 2) uma posição comprada em uma carteira de ações de baixo ME e uma posição vendida em uma carteira de ações de alto ME; e 3) uma posição comprada em uma carteira de ações de baixo BE/ME e uma posição vendida em ações de alto BE/ME.

Bornholt (2007, p. 70) coloca que, a despeito de fortes evidências empíricas a favor do modelo 3-Fatores de Fama e French, existem duas críticas contundentes a esse modelo. Em primeiro lugar, o método usado por Fama e French (1993) na construção dos fatores que mensuram o efeito tamanho e o efeito *book-to-market* é conduzido empiricamente e devem ser conhecidos *ad-hoc*. Como resultado, esse modelo peca pela falta de fundamentação teórica que apóie a utilização dos fatores. Em segundo, a atração prática do modelo é limitada pela necessidade de estimativas seguras das três sensibilidades e prêmios dos fatores de risco.

Grinblatt e Titman (2005, p. 168) acrescentam que ativos selecionados com base nas anomalias de retorno do passado, que só são fatores porque explicam acidentes históricos, podem não ser boas explicações de retornos esperados no futuro. De acordo com os autores, existem evidências que sugerem que anomalias desaparecem cada ano, à medida que os participantes dos mercados financeiros se tornam mais sofisticados. Prova-se o fato que pequenas empresas não superaram o desempenho das grandes empresas nos 20 anos, desde que o efeito tamanho se tornou publicamente conhecido, no final da década de 80 e no começo da década de 1990 (Grinblatt & Titman, 2005, p. 168).

Reward Beta Approach

Dada as hipóteses restritivas do CAPM e as críticas ao modelo 3-Fatores de Fama e French, Bornholt (2007) coloca que os participantes do mercado financeiro necessitam de melhor metodologia para estimar os retornos esperados. Nesse sentido, o autor apresenta o *Reward Beta Approach* como alternativa ao CAPM. A justificativa teórica desse modelo é consistente com ampla variedade de modelos APT, e inclui o risco-médio na precificação de ativos de capital. O *reward beta* estimado é usado com uma mudança no CAPM e encontra-se sob a linha de mercado de título.

Bornholt (2006) critica a premissa de que todos os investidores escolhem carteiras eficientes com base na média-variância; a partir da APT, apresenta alternativas de medidas de risco, baseadas em uma classe de indicadores de risco-médio. O autor prova que essas medidas são consistentes com a teoria da utilidade esperada e com a hipótese de aversão ao risco. De acordo com Bornholt (2007), a medida de risco que os investidores assumem determina o valor do beta, devendo esse ser reescrito em forma de risco-médio. O beta de risco-médio, de acordo com o autor, pode ser escrito na hipótese do CAPM ser verdadeiro. Reescrevendo a equação 5 em forma de expectativas, ou seja em termos de valor esperado, como na versão Sharpe-Litner-Mossin do CAPM, temos:

$$E(R_i) = R_F + \beta_i[E(R_M) - R_F] \quad [8]$$

Reescrevendo os termos:

$$\beta_i = \frac{E(R_i) - R_F}{E(R_M) - R_F} \quad \text{ou} \quad \beta_{r_i} = \frac{E(R_i) - R_F}{E(R_M) - R_F} \quad [9]$$

Onde o subscrito r diferencia a medida convencional do beta do beta de risco-médio.

Pode-se ver, segundo Bornholt (2007), que o beta correto é o de risco-médio, dado pela taxa do prêmio pelo risco do ativo em relação ao prêmio pelo risco do mercado. Apesar da diferente definição de beta, os modelos de risco-médio estão sobre a linha de mercado de título, como o CAPM:

$$E(R_i) = R_F + \beta_{r_i}[E(R_M) - R_F] \quad [10]$$

De acordo com o *Reward Beta Approach*, o retorno esperado de um ativo envolve a estimação do lado direito da equação 10. A medida de sensibilidade $B_{r_i} = [E(R_i) - R_F] / [E(R_M) - R_F]$ em relação ao fator mercado, diferente da convencional $B_i = \text{cov}[E(R_i), E(R_M)] / \text{var}[E(R_M)]$, incluída no modelo da equação 8, é justificada pelo arcabouço teórico da APT (Bornholt, 2006). Todavia Bornholt (2007) acrescenta que, antes de estimar e testar o *Reward Beta Approach*, sua versão deve ser compatível com a versão do modelo de mercado. Substituindo o valor $E(R_i)$, dado pela equação 10 na equação 4, temos:

$$\tilde{R}_i = R_F + \beta_{r_i}[E(R_M) - R_F] + \beta_i[\tilde{R}_M - E(R_M)] + \tilde{\varepsilon}_i \quad [11]$$

O erro de especificação desse modelo implica que β_i na equação 11 é igual ao beta do CAPM. O coeficiente β_i no *reward beta model* contribui com a volatilidade do retorno do ativo i e controla a covariância entre o retorno do ativo e do mercado, mas não afeta o valor esperado (exceto se $\beta_i = \beta_{r_i}$). Isso significa que, embora o valor do beta do CAPM possa ser usado *ex-post*, para ajustar os dados ao modelo, não é relevante *ex-ante*, para estimar os retornos esperados. Se o CAPM dominar, então $\beta_i = \beta_{r_i}$ e o *reward beta model* pode ser reduzido à versão padrão do CAPM (equação 8).

Bornholt (2007), ao comparar a eficiência do *Reward Beta Approach*, CAPM e modelo 3-Fatores de Fama e French, para estimar retornos esperados no mercado de capitais americano, encontrou fortes evidências a favor do *reward beta model*. De acordo com os testes realizados pelo autor, o *reward beta model* apresentou desempenho consistentemente superior aos outros dois modelos testados.

METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da presente pesquisa, afora por algumas adaptações necessárias para as particularidades do mercado de capitais brasileiro, é praticamente a mesma adotada por Bornholt (2007), que por sua vez, usou a metodologia de Fama e French (1993) para a formação das carteiras e fatores de risco. Nesse sentido, quatro pontos importantes da metodologia devem ser apreendidos: 1) o processo de formação dos fatores de risco: $(R_{Mt} - R_{Ft})$, SMB e HML; e estimativa do *reward beta*; 2) a composição das carteiras para testar os modelos; 3) os dois passos do procedimento de teste utilizado; 4) a análise de robustez dos modelos no segundo passo do procedimento de teste.

Fatores de Risco e Estimativa do *Reward Beta*

Os fatores de risco empregados no modelo de 3-Fatores de Fama e French foram construídos com uso de 6 carteiras ponderadas pelo tamanho e *book-to-market* (BE/ME). Inicialmente, para a composição das carteiras, foram consideradas todas as ações listadas na Bolsa de Valores do Estado de São Paulo [BOVESPA] entre 31 de dezembro de 1994 e 30 de junho de 2006. Utilizou-se este período de tempo devido à maior estabilidade macroeconômica após julho de 1994. Foram excluídas da amostra as empresas financeiras, uma vez que seu alto grau de endividamento, normal para o setor e que influencia o índice BE/ME, não tem o mesmo significado que o alto grau de endividamento de empresas não financeiras (Fama & French, 1993). Também foram excluídas ações que não apresentavam: 1) cotações mensais consecutivas para um período de 12 meses posterior ao de formação das carteiras, com tolerância de 15 dias; 2) valor de mercado em 31 de dezembro e em 30 de junho, com tolerância de 15 dias; e 3) patrimônio líquido positivo em 31 de dezembro. Em média 210 ações de empresas brasileiras compuseram a amostra no período em análise.

Todos os retornos foram calculados mensalmente e de forma contínua, ou seja, usou-se o logaritmo natural da razão preço da ação no mês t / preço da ação no mês $t - 1$ ajustado por proventos, incluindo dividendos. Adotou-se o retorno mensal da caderneta de poupança como *proxy* para a taxa de retorno livre de risco, conforme sugere o estudo conduzido por Barros, Famá e Silveira (2003) no mercado brasileiro. Como *proxy* para a carteira de mercado adotou-se o índice Bovespa, como sugerem Leite e Sanvicente (1994). Os retornos mensais foram deflacionados pelo IGP-DI e todos os dados necessários à pesquisa foram obtidos do sistema Economática®.

As 6 carteiras usadas para estimar os fatores *SMB* e *HML* foram construídas em cada final de junho a partir dos seguintes passos: 1) as ações foram ordenadas pelo valor de mercado em junho do ano t e divididas pela mediana em dois grupos; 2) para cada um desses grupos ordenaram-se as ações pelo o índice BE/ME, calculado em dezembro do ano $t - 1$, subdividindo-os em três outros grupos, conforme

o 30° e 70° percentil. Dessa forma, foram construídas 6 carteiras baseadas no tamanho e índice *book-to-market* com aproximadamente o mesmo número de ações.

O fator SMB é a média do retorno das três carteiras de ações de empresas pequenas menos a média do retorno das três carteiras de ações de empresas grandes: $SMB = 1/3 (Small Value + Small Neutral + Small Growth) - 1/3 (Big Value + Big Neutral + Big Growth)$. O fator HML é a média do retorno das duas carteiras de ações de empresas com alto BE/ME menos o retorno das duas carteiras de ações de empresas com baixo BE/ME: $HML = 1/2 (Small Value + Big Value) - 1/2 (Small Growth + Big Growth)$. O esquema representado na Figura 1 demonstra a formação das 6 carteiras.

Figura 1: Esquema de Formação das 6 Carteiras Baseadas no Tamanho e *Book-to-market* para Construção dos Fatores SMB e HML

		Mediana ME	
		<i>Small Value</i>	<i>Big Value</i>
70° BE/ME percentil		<i>Small Neutral</i>	<i>Big Neutral</i>
30° BE/ME percentil		<i>Small Growth</i>	<i>Big Growth</i>

O fator de risco do mercado $[(R_{Mt} - R_{Ft})]$, utilizado em todos os modelos: CAPM, 3-Fatores e *Reward Beta*, é representado pela série histórica mensal (12/94 a 06/06) do prêmio pelo risco do mercado: Ibovespa menos Poupança. Para os fatores de risco tamanho (SMB), *book-to-market* (HML) e mercado $[(R_{Mt} - R_{Ft})]$, as sensibilidades (betas) dos prêmios pelo risco das carteiras (ver adiante) a esses fatores são obtidas por meio de uma análise de regressão das séries históricas dos prêmios pelo risco das carteiras contra a série histórica dos fatores de risco. No caso do *reward beta* não se torna necessário fazer regressão: a estimativa dessa sensibilidade pode ser obtida diretamente pela divisão da média do prêmio pelo risco de cada carteira pelo prêmio do risco do mercado, como apresentado na equação 12.

$$\bar{\beta}_{r_j} = \frac{(\bar{R}_j - \bar{R}_F)}{(\bar{R}_M - \bar{R}_F)} \quad [12]$$

Onde o subscrito *j* indica que os retornos são calculados para carteiras e não ativos; o traço sobre as variáveis é a média do período em análise.

Construção das Carteiras

As sensibilidades aos fatores de risco e o *reward beta* foram estimados a partir dos prêmios pelo risco de 25 carteiras. A metodologia de formação das 25 carteiras é praticamente a mesma da usada na formação das 6 carteiras para a construção dos três fatores, exceto que se usa como ponto de corte nos passos 1 e 2 para a divisão dos grupos e subgrupos, os quintis das variáveis ME e BE/ME. Aqui as carteiras também possuem aproximadamente o mesmo número de ações.

A metodologia de formação das 6 carteiras para a construção dos fatores de risco SMB e HML e das 25 carteiras para testar os modelos difere um pouco de Fama e French (1993). Os autores construíram as carteiras pelas intercessões entre as duas (cinco) carteiras formadas pelo ME e as três (cinco) formadas pelo índice BE/ME. Assim, poderiam existir apenas duas ações em determinada carteira, já que as intercessões são aleatórias. No caso de Fama e French (1993), esse risco seria mínimo, pois eles contavam, no final de 1990, com 4.419 ações em sua base de dados.

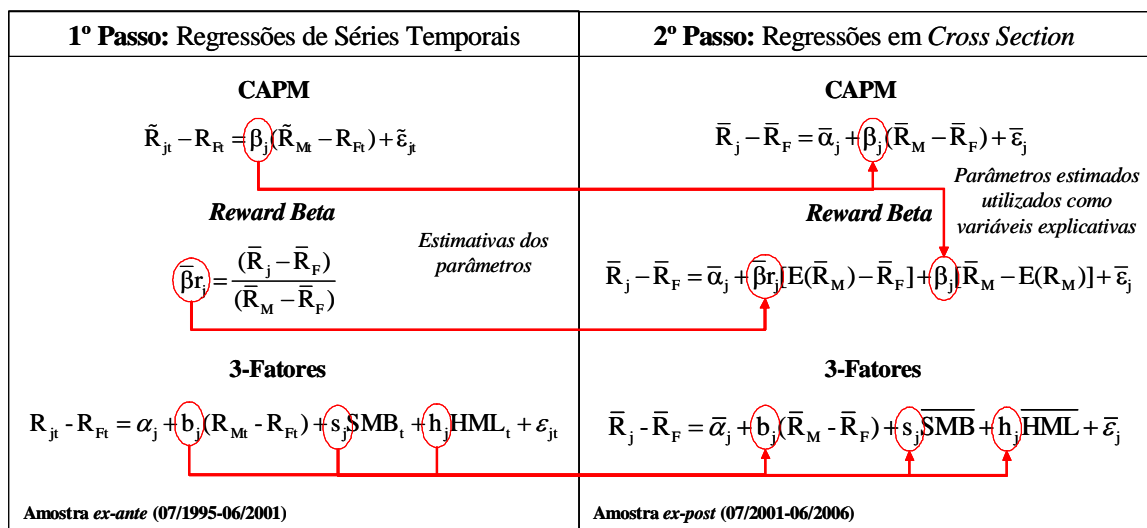
Em nosso caso, defrontamo-nos com a seguinte situação, devido à pequena quantidade de ações na base de dados: 1) se se optasse por menos carteiras, porém mais diversificadas, existiriam poucas observações para o segundo passo do teste de regressões em *cross section* (ver adiante); 2) se se optasse por mais carteiras, e assim mais observações para o segundo passo do teste de regressões em *cross section*, se correria o risco de ter carteiras pouco diversificadas, e os modelos APT funcionam melhor em carteiras bem diversificadas. Dessa forma, a presente pesquisa não deixou a intercessão ser **aleatória**, mas forçou-a de forma a equilibrar o número de ações nas carteiras. As 25 carteiras de teste foram compostas, em média, por 8 a 11 ações em cada ano.

Bornholt (2007) procedeu aos testes comparativos dos três modelos pesquisados, a partir das 25 carteiras formadas, com base no tamanho (*size*) e *book-to-market*, de acordo com a metodologia de Fama e French (1993). De acordo com Bornholt (2007, p. 72), a eficiência das estimativas do *Reward Beta Approach* e do CAPM depende de quão similares são os riscos entre as carteiras. Fama e French (1993 e 1996) argumentam que, se os preços das ações são racionais, então o efeito tamanho e *book-to-market* devem ser fatores de risco oculto. Se aceitarmos a explicação do risco baseada nesses dois efeitos, então as carteiras formadas com base no ME e BE/ME são compostas de ações com riscos similares, e poderão ser tratadas para estimar o *reward beta* e o beta do CAPM (Bornholt, 2007, p. 73).

Procedimento de Teste

Elton *et al.* (2004, pp. 296-313) discutem vários procedimentos de testes do CAPM e modelos correlatos. Em essência, dadas algumas especificidades, os testes envolvem o uso de uma regressão com séries temporais (primeiro passo) para estimação dos betas, e o uso de uma regressão em *cross section* (segundo passo) para testar as hipóteses resultantes dos modelos. Nesse caso, os betas (sensibilidades) estimados no primeiro passo são usados como variáveis explicativas nas regressões *cross section* de segundo passo. Seguindo a mesma metodologia de Bornholt (2007), o esquema apresentado na Figura 2 resume o procedimento de teste utilizado na presente pesquisa.

Figura 2: Esquema do Procedimento de Teste em Dois Passos para Testes dos Modelos CAPM, 3-Fatores de Fama e French e *Reward Beta Approach*



Os subscritos *j* nas equações indicam que os modelos são estimados a partir das 25 carteiras baseadas no tamanho (*size*) e *book-to-market*, de acordo com a metodologia de Fama e French (1993), para as ações da Bolsa de Valores de São Paulo com dados disponíveis no período. O esquema apresenta que os parâmetros dos modelos estimados nas regressões em séries temporais (a partir da amostra *ex-ante*) são usados como variáveis explicativas dos retornos *cross section* (na amostra *ex-post*). Espera-se que no segundo passo os valores dos interceptos ($\bar{\alpha}_j$) sejam zero e os coeficientes das variáveis explicativas diferentes de zero.

Utilizam-se duas amostras de teste diferentes: 1) uma para estimar os betas e as sensibilidades dos fatores, a partir de regressões em séries temporais (primeiro passo); e 2) outra para testar os modelos propriamente ditos, a partir de regressões *cross section* dos prêmios de risco de cada uma das 25 carteiras, regredidos contra as estimativas dos betas e as sensibilidades dos fatores, calculadas no primeiro passo. A primeira, denominada amostra *ex-ante*, perfaz um período de 6 anos (07/1995-06/2001). A segunda, chamada de amostra *ex-post*, compreende o período 07/2001-06/2006. O ponto de corte em 2001 pautou-se, principalmente, no equilíbrio do número de observações entre as amostras e de forma a não superar muito o uso recomendado de apenas 60 meses para estimar os betas.

No segundo passo do procedimento de teste, algumas hipóteses podem ser formuladas quer se acredite na versão básica do CAPM, quer nos modelos *reward beta* e 3-Fatores de Fama e French. Caso algum modelo seja verdadeiro, espera-se que nas equações de segundo passo, apresentadas na Figura 2, o intercepto $\bar{\alpha}_j$ seja zero, ou seja, não se espera retorno adicional em cada modelo. Ademais, se o modelo for verdadeiro nenhuma outra variável adicional seria relevante para explicar o retorno das carteiras. Em relação ao CAPM, ressalta-se ainda que o valor do coeficiente angular deve ser $\bar{R}_M - \bar{R}_F$.

A validade dos resultados obtidos no segundo passo do procedimento depende ainda da aderência às hipóteses clássicas de estimativa por Mínimos Quadrados Ordinários [MQO], método estatístico empregado para ajustar a regressão dos prêmios de risco das carteiras na amostra *ex-post* contra as sensibilidades (betas) estimadas na amostra *ex-ante*. Os modelos do segundo passo são postos em prova quanto à multicolinearidade, heterocedasticidade e normalidade e, adicionalmente, são comparados pelo grau de ajuste.

Para testar a hipótese de ausência de multicolinearidade utilizou-se a matriz de coeficientes de Pearson entre as variáveis explicativas dos modelos (sensibilidades dos fatores de risco e *reward beta* estimados na amostra *ex-ante*). No caso das hipóteses de heterocedasticidade e normalidade, empregaram-se, respectivamente, os testes de White e Jarque-bera. Para ajudar na escolha entre os modelos alternativos, fez-se uso de três importantes medidas de grau de ajuste: coeficiente de determinação ajustado (*Adj. R²*) e seu teste de significância (Teste *Wald*), Critério de Informação de Schwarz [SIC] e Critério de Informação de Akaike [AIC]. A estatística *Adj. R²* indica a parcela dos prêmios de risco *cross-section* explicada pelas sensibilidades (betas) aos fatores de risco. O Teste *Wald* representa a estatística *F* de significância conjunta dos coeficientes, afora o intercepto. Na verdade, o Teste *Wald* é um teste de significância do *Adj. R²*. As estatísticas SIC e AIC representam o grau de ajuste condicionado às propriedades dos resíduos: o ideal é que sejam menores que zero, sendo escolhido o modelo que minimiza esses critérios.

RESULTADOS

Estimativas da Amostra *Ex-ante*

A Tabela 2 apresenta as estimativas dos parâmetros do modelo CAPM e *reward beta* e o prêmio pelo risco mensal para as 25 carteiras baseadas no tamanho e *book-to-market*, de acordo com a metodologia de Fama e French (1993). Várias carteiras apresentaram prêmio pelo risco negativo e conseqüentemente estimativa do *reward beta* também negativa. O prêmio pelo risco mensal de mercado foi no período aproximadamente igual a 0,75%. De forma geral, parece que o prêmio pelo risco apresentou-se menor em carteiras de ações de empresas pequenas e baixo índice BE/ME. Apesar de empresas pequenas serem teoricamente mais arriscadas, e no nosso caso até mesmo com prêmio pelo risco negativo, o beta do CAPM parece não captar essa fonte de risco: nenhum valor mostrou-se superior a um (mais arriscado que o mercado) e parece haver tendência de ser menor em carteiras de ações de empresas pequenas. De outra forma, as estimativas em valor absoluto do *reward beta* parece

estar mais condizente com a relação risco-retorno: valores absolutos maiores dos prêmio pelo risco mensal das carteiras leva a estimativa absoluta maior do *reward beta*.

A Tabela 3 apresenta as estimativas *ex-ante* das sensibilidades dos três fatores de Fama e French. Note-se que, quando controlado pelo efeito tamanho e *book-to-market*, o beta do fator mercado apresenta estimativa maior do que a calculada na Tabela 2. Todas as sensibilidades estimadas do fator tamanho mostraram-se positivas e algumas estimativas de sensibilidades do fator *book-to-market* apresentaram valores negativos, principalmente em carteiras de ações de empresas menores. As sensibilidades do fator *HML* parecem ser maiores para as carteiras de ações de empresas pequenas e alto índice BE/ME.

Tabela 2: Prêmio pelo Risco Mensal, Beta do CAPM e *Reward Beta* da Amostra *Ex-ante* para as 25 Carteiras Baseadas no Tamanho (*Size*) e *Book-to-market*, de acordo com a Metodologia de Fama e French (1993)

<i>Size</i> (ME)	<i>Book-to-market</i> (BE/ME)				
	<i>Low</i>	2	3	4	<i>High</i>
Painel A: Prêmio pelo Risco (% Média Mensal)					
<i>Small</i>	-3,37	-0,48	-0,14	0,69	1,72
2	-1,54	-2,45	-0,65	-0,45	2,07
3	-0,05	-0,18	-0,22	-0,46	-0,26
4	-1,80	-0,91	-0,78	-0,21	0,93
<i>Big</i>	-0,77	-0,80	1,02	1,23	1,02
Painel B: Beta do CAPM					
<i>Small</i>	0,36	0,47	0,39	0,59	0,48
2	0,46	0,36	0,51	0,29	0,55
3	0,47	0,54	0,49	0,58	0,53
4	0,65	0,56	0,75	0,66	0,60
<i>Big</i>	0,60	0,92	0,97	0,97	0,97
Painel C: <i>Reward Beta</i>					
<i>Small</i>	-4,50	-0,64	-0,18	0,91	2,29
2	-2,05	-3,27	-0,87	-0,60	2,76
3	-0,07	-0,24	-0,30	-0,61	-0,34
4	-2,40	-1,22	-1,04	-0,28	1,25
<i>Big</i>	-1,03	-1,06	1,36	1,64	1,36

A amostra *ex-ante* compreende o período de julho de 1995 a junho de 2001. Os cálculos são feitos a partir dos prêmios pelos riscos mensais das 25 carteiras baseadas no tamanho (*size*) e *book-to-market*, de acordo com a metodologia de Fama e French (1993), para as ações da Bolsa de Valores de São Paulo, com dados disponíveis no período. O prêmio pelo risco (% média mensal) é a média mensal do prêmio pelo risco da amostra *ex-ante*. O beta do CAPM das carteiras é obtido pela regressão em séries temporais dos prêmios pelos riscos mensais sobre o excesso mensal de retorno do mercado, onde a carteira de mercado é o Ibovespa e a taxa livre de risco o retorno sobre a Poupança. O *reward beta* das carteiras é a razão entre o prêmio pelo risco (média mensal) e a média do excesso de retorno do mercado da amostra *ex-ante*.

Tabela 3: Sensibilidades dos Três Fatores de Fama e French (1993) para as 25 Carteiras Formadas a partir do Tamanho (*Size*) e *Book-to-market*, e Calculadas a partir da Regressão em

Séries Temporais da Amostra *Ex-ante*: $R_{jt} - R_{Ft} = \alpha_j + b_j(R_{Mt} - R_{Ft}) + s_jSMB_t + h_jHML_t + \varepsilon_{jt}$

<i>Size</i> (ME)		<i>Book-to-market</i> (BE/ME)				
		<i>Low</i>	2	3	4	<i>High</i>
Painel A:	b					
	<i>Small</i>	0,75	0,84	0,66	0,93	0,69
	2	0,95	0,77	0,76	0,68	0,87
	3	0,68	0,80	0,86	0,77	0,95
	4	0,88	0,72	0,83	0,90	0,83
	<i>Big</i>	0,67	0,87	0,94	0,96	0,94
Painel B:	s					
	<i>Small</i>	0,80	0,81	0,67	0,90	0,59
	2	0,95	0,81	0,56	0,93	0,91
	3	0,40	0,56	0,79	0,46	1,07
	4	0,38	0,28	0,13	0,56	0,56
	<i>Big</i>	0,06	-0,21	-0,14	0,05	-0,14
Painel C:	h					
	<i>Small</i>	-0,15	-0,11	0,23	0,43	0,31
	2	-0,46	-0,23	-0,01	0,13	0,46
	3	-0,27	-0,09	-0,14	0,09	0,34
	4	-0,37	-0,19	-0,08	0,07	0,07
	<i>Big</i>	-0,32	-0,24	-0,24	0,22	-0,24

Nas regressões de séries temporais, os prêmios mensais pelo risco ($R_M - R_F$) são regredidos contra $R_M - R_F$, *SML* e *HML* da amostra *ex-ante*: período Julho de 1995 a Junho de 2001. $R_M - R_F$ é diferença entre a carteira de mercado (Ibovespa) e a taxa livre de risco (Poupança). *SML* e *HML* são os retornos dos fatores de Fama e French (1993): *small* menos *big* e *high* menos *low*; foram calculados na amostra *ex-ante* e a partir ações da Bolsa de Valores de São Paulo com dados disponíveis no período.

Testes dos Modelos

Essa seção apresenta os resultados das estimativas *ex-ante* dos parâmetros dos modelos pesquisados regredidos contra os prêmios pelo risco *ex-post*. A Tabela 4 evidencia esse fato. As entradas na Tabela 4 são os valores dos coeficientes estimados e entre parênteses o *t*-estatístico. Os valores dos interceptos nos modelos CAPM e *Reward Beta* foram altamente significativos, de forma a rejeitar esses modelos para explicação dos retornos esperados. Esses modelos não são capazes de explicar o excesso de retorno das carteiras. Do contrário, o modelo 3-Fatores de Fama e French não apresentou intercepto significativo e sensibilidade ao fator tamanho significativo ao nível de 5%.

Tabela 4: Regressões *Cross-section* dos Prêmios Mensais pelo Risco das Carteiras ($R_j - R_F$), Calculados a partir da Amostra *Ex-post*, sobre o Beta do CAPM, o *Reward beta* e as Sensibilidades dos Três Fatores de Fama e French (1993) para as 25 Carteiras Formadas a partir do Tamanho (*Size*) e *Book-to-market*, e Calculadas a partir da Regressão em Séries Temporais da Amostra *Ex-ante*

Modelo	Intercepto	Reward Beta	CAPM Beta	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>h</i>
CAPM + Intercepto	2,107 (3,689)***		-1,668 (-1,804)*			
3 Fatores + Intercepto	0,028 (1,391)			0,709 (1,626)	1,067 (2,254)**	0,861 (1,244)
Reward + Intercepto	2,362 (3,691)***	0,105 (0,898)	-2,034 (-2,006)*			
CAPM			1,581 (4,543)***			
3 Fatores				0,742 (2,194)**	1,069 (2,407)**	0,859 (1,287)
Reward		-0,086 (-0,660)	1,560 (4,413)***			
2 Fatores				0,573 (1,813)*	1,294 (3,120)***	

A amostra *ex-post* compreende o período de julho de 2001 a junho de 2006. Os betas do CAPM, os *rewards beta* e as sensibilidades dos três fatores de Fama e French (1993) para as 25 carteiras formadas a partir do tamanho (*size*) e *book-to-market*, calculadas na Tabela 2 e 3, são usadas como variáveis explicativas nas regressões *cross-section*. Nessas regressões as variáveis dependentes são as médias mensais dos prêmios pelo risco das carteiras calculado no período julho de 2001 a junho de 2006. Na tabela são reportados os coeficientes das regressões e entre parênteses o valor do *t*-estatístico. *** indica que o coeficiente é significativo a 1%; ** significativo a 5%; e * significativo a 10%.

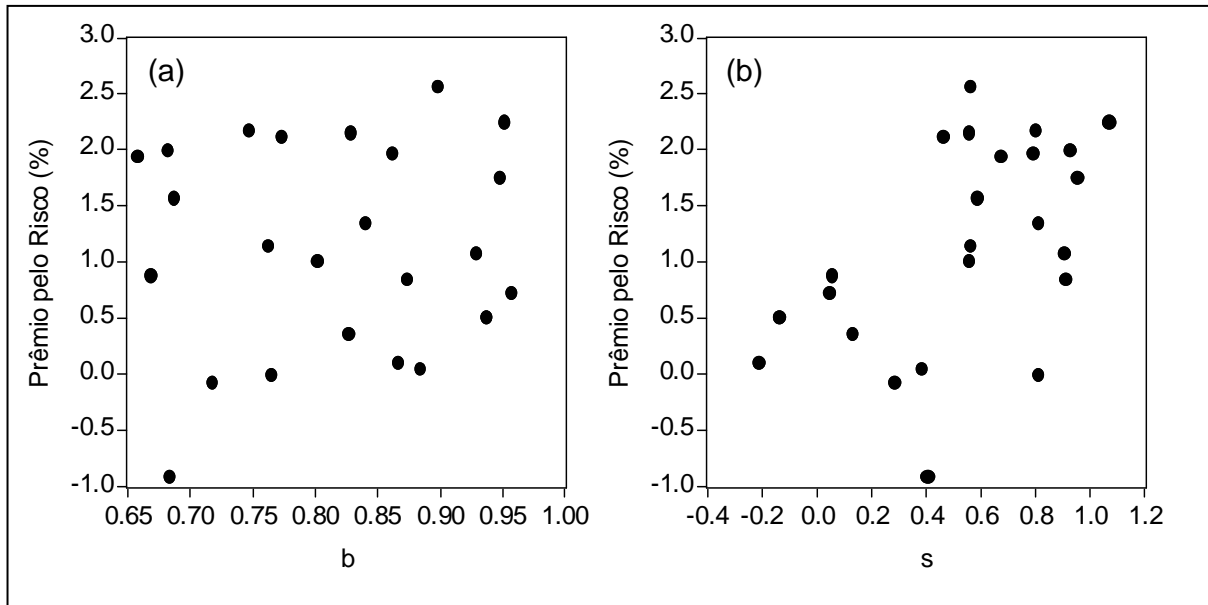
Apesar de não rejeitar que o coeficiente do fator mercado seja zero no modelo 3-Fatores de Fama e French, ele apresenta estimativa razoável de $R_M - R_F$ (0,709% a.m.). O verdadeiro prêmio pelo risco de mercado na amostra *ex-post* foi igual a 0,794% a.m. Note-se que o beta do CAPM foi significativo no modelo CAPM e *Reward Beta*; entretanto não apresentou boa estimativa de $R_M - R_F$ (-1,668% a.m. e -2,034% a.m., respectivamente). Quando se testa: H_0 : beta do CAPM = 0,794 no modelo CAPM + intercepto; H_0 : beta do CAPM = 0,794 no modelo *Reward* + intercepto; e H_0 : $b = 0,794$ no modelo 3-Fatores + intercepto; tem-se respectivamente rejeição, rejeição e aceite de H_0 ao nível de 5%. O teste foi baseado na estatística *F* do Teste *Wald*.

A exclusão do intercepto nos modelos CAPM e *Reward Beta* mudou completamente a estimativa do coeficiente beta do CAPM. Nesse momento, as estimativas passam a ser positivas e altamente significativas, sem entretanto apresentarem valores razoáveis de $R_M - R_F$ (1,581% a.m. e 1,560% a.m.). No entanto, a exclusão do intercepto no modelo 3-Fatores de Fama e French tornou o valor do coeficiente da sensibilidade ao fator mercado significativo ao nível de 5%. Sua estimativa ainda continua razoável para $R_M - R_F$. Note-se que a exclusão do intercepto no modelo 3-Fatores de Fama e French não mudou substancialmente o valor das estimativas dos coeficientes. Nesse momento, o valor do coeficiente do fator *book-to-market* continua sendo não significativo.

Na estimação do último modelo exclui-se a variável não significativa no modelo 3-Fatores e deixa-se apenas o fator mercado e tamanho. Esses se mostraram significativos, no entanto com estimativas alteradas dos coeficientes. O valor do coeficiente do fator mercado abaixou para 0,573 e o do coeficiente do fator tamanho aumentou para 1,294. No entanto, quando se procede ao Teste *Wald* para H_0 : $b = 0,794$ no modelo 2-Fatores; aceita-se no nível de 1% (estatística *F* = 0,489). Isso indica que 0,573% a.m. ainda é uma estimativa razoável de $R_M - R_F$. A Figura 3 apresenta um gráfico de

dispersão, onde são plotados os dois fatores significativos (mercado + tamanho) estimados na amostra *ex-ante* contra o prêmio pelo risco das carteiras calculados a partir da amostra *ex-post*.

Figura 3: Sensibilidades em relação aos Fatores Mercado ($R_M - R_F$) e Tamanho (SMB) contra o Prêmio pelo Risco das Carteiras



- (a) Gráfico de dispersão que apresenta a porcentagem do prêmio pelo risco calculado na amostra *ex-post* (Y) contra a sensibilidade do fator mercado estimado na amostra *ex-ante* (X).
- (b) Gráfico de dispersão que apresenta a porcentagem do prêmio pelo risco calculado na amostra *ex-post* (Y) contra a sensibilidade do fator tamanho estimado na amostra *ex-ante* (X).

A amostra *ex-ante* compreende o período julho de 1995 a junho de 2001 e a amostra *ex-post* compreende o período julho de 2001 a junho de 2006. O prêmio pelo risco (% média mensal) é a média mensal do prêmio pelo risco calculados a partir das 25 carteiras baseadas no tamanho (*size*) e *book-to-market*, de acordo com a metodologia de Fama e French (1993). As sensibilidades em relação ao fator mercado e tamanho são obtidas pela regressão em séries temporais dos prêmios pelo risco de cada carteira contra o excesso de retorno de mercado e o retorno do fator *SMB*.

Robustez dos Modelos

Nessa seção os modelos do segundo passo são postos em prova quanto à aderência às hipóteses do modelo clássico de regressão linear: multicolinearidade, heterocedasticidade e normalidade. Adicionalmente, apresentam-se três importantes medidas de grau de ajuste que ajuda a selecionar entre modelos alternativos: coeficiente de determinação ajustado ($Adj. R^2$), Critério de Informação de Schwarz [SIC] e Critério de Informação de Akaike [AIC]. Os resultados do Teste White para heterocedasticidade e Jarque-Bera [J-B] para normalidade, na Tabela 5, mostram que não tivemos problemas quanto à aderência dos modelos a essas hipóteses. Também não tivemos problemas de multicolinearidade. A suspeita maior era de colinearidade entre o beta do CAPM e o *Reward Beta*; entretanto essas duas variáveis apresentaram coeficiente de correlação de Pearson apenas de 0,40.

Tabela 5: Testes de Robustez das Regressões *Cross-section* dos Prêmios Mensais pelo Risco (Amostra *Ex-post*) sobre os Betas do CAPM, os *Rewards Beta* e as Sensibilidades dos Três Fatores de Fama e French (1993) para as 25 Carteiras Formadas a partir do Tamanho (*Size*) e *Book-to-market* (Amostra *Ex-ante*)

Modelo	Adj. R ²	Teste Wald	Teste White	Teste J-B	SIC	AIC
CAPM + Intercepto	0,086	3,253*	0,772	2,118	2,735	2,637
3 Fatores + Intercepto	0,248	3,640**	1,490	1,116	2,706	2,511
Reward + Intercepto	0,078	2,017	0,416	2,277	2,828	2,681
CAPM	-0,394	20,639***	1,563	2,193	3,071	3,022
3 Fatores	0,282	21,577***	1,501	1,115	2,577	2,431
Reward	-0,428	10,294***	1,002	2,307	3,181	3,083
2 Fatores	0,262	30,662***	0,938	1,324	2,521	2,423

Os modelos estimados na Tabela 4 são examinados quanto aos seus ajustes e aderência às hipóteses clássicas de regressão linear múltipla. *Adj. R²* indica o coeficiente de determinação ajustado. Os valores do Teste *Wald* representam a estatística *F* de significância conjunta dos coeficientes, exceto o intercepto. O teste de heterocedasticidade dos resíduos *White* foi realizado com *cross-terms*, e os valores na tabela indicam a estatística *F* do teste (H_0 = não há heterocedasticidade). *J-B* representa o Teste Jarque-Bera de normalidade dos resíduos, sendo o número apresentado o valor da estatística X^2 (H_0 = os resíduos provêm de uma população normal). *SIC* e *AIC* representam dois critérios de informação: *Schwarz Information Criteria* e *Akaike Information Criteria*, respectivamente (para uma mesma variável dependente, deve-se priorizar o modelo que minimizam esses critérios). *** teste significativo a 1% ; ** significativo a 5% ; * significativo a 10%.

O Teste *Wald*, que mostra a significância conjunta do modelo (regressão), rejeitou o modelo *Reward Beta* + intercepto e encontrou pouca significância no modelo CAPM + intercepto. De acordo com o Teste *Wald*, os modelos mais significativos são 3-Fatores e 2-Fatores. Os modelos *Reward Beta* e CAPM (sem intercepto) mostraram-se muito significativos pelo Teste *Wald*, entretanto com valores negativos de *Adj. R²*. O maior valor de *Adj. R²* foi o modelo 3-Fatores (0,282) seguido pelo modelo 2-Fatores (0,262). Sobre as estatísticas *SIC* e *AIC* deve-se escolher o modelo que minimiza esses critérios, porque, quanto menor, melhor o grau de ajuste condicionado às propriedades dos resíduos. O modelo que apresentou menor medida nesses critérios foi 2-Fatores (*SIC* = 2,521 e *AIC* = 2,423) seguido pelo modelo 3-Fatores (*SIC* = 2,577 e *AIC* = 2,431). Note-se que os valores desses critérios de informação, principalmente *AIC*, apresentaram-se próximos nos dois modelos.

Os resultados encontrados na pesquisa se coadunam com os de Costa e Neves (1998), Mello e Samanez (1999), Rodrigues (2000), Rodrigues e Leal (2003) e Malaga e Securato (2004) em aceitar a má especificação do CAPM para explicar os retornos das ações no mercado brasileiro. Assim como nessa pesquisa, Costa e Neves (1998), Rodrigues (2000), Rodrigues e Leal (2003), Malaga e Securato (2004) e Lucena e Pinto (2005) também comprovaram a superioridade do modelo 3-Fatores de Fama e French em explicar o excesso de retorno das ações. O melhor desempenho do fator tamanho em relação ao fator *book-to-market* na explicação dos retornos, e a conseqüente conclusão por um modelo de 2-Fatores, também é compartilhado nos resultados de Mello e Samanez (1999).

A metodologia aplicada na presente pesquisa também foi simulada, usando a SELIC como taxa livre de risco e duas outras carteiras de mercado: 1) composta de todas as ações da amostra ponderadas igualmente; e 2) composta por todas as ações da amostra ponderadas pelo valor de mercado. Os resultados foram insensíveis à carteira de mercado utilizada e apresentou leves alterações, principalmente nas estimativas da amostra *ex-ante*, com uso da SELIC como taxa livre de risco. Entretanto, independentemente da taxa livre de risco utilizada, a essência das conclusões foi a mesma.

Os resultados encontrados na pesquisa tendem a apoiar o modelo 3-Fatores de Fama e French para explicar retornos futuros, como diversas outras evidências encontradas no mercado brasileiro. O fato de não acharmos evidências favoráveis à metodologia *Reward Beta* e o CAPM podem ser tanto falhas desses modelos, quanto reflexo das ineficiências do mercado de capitais nacional em não precificar corretamente as ações ou ativos. Mais especificamente, podemos discorrer sobre as seguintes explicações teóricas de nossos achados, particularmente, favoráveis ao efeito tamanho, como segue.

- 1) A relação observada não é real no mercado brasileiro. Com centenas de investidores/pesquisadores examinando o mesmo conjunto de dados, alguns padrões de comportamento são descobertos simplesmente ao acaso.
- 2) Problemas de estimativas nos modelos de retornos são esperados no mercado de capitais nacional. O CAPM e *Reward Beta* podem ser modelos razoáveis de retornos esperados, mas foram mal estimados, gerando retornos aparentemente elevados, quando nada disso está acontecendo.
- 3) As características das empresas podem atuar como *proxies* de variáveis de risco omitidas no Brasil. Uma vez levadas em consideração essas variáveis, a relação entre características de empresas e retorno extraordinário pode desaparecer. Algumas variáveis podem estar intimamente relacionadas com o tamanho e o índice *book-to-market* da empresa, e não captadas pelo CAPM, tais como: o fato de empresas menores tenderem a ser negligenciadas pelos investidores, por serem menos líquidas, terem menor eficiência produtiva e endividamento elevado, maiores custos de transação, e por serem empresas marginais, possuírem menor probabilidade de sobrevivência.
- 4) Relacionado com o item anterior, o efeito tamanho pode ser explicado pela APT como manifestações de prêmios de risco. Enquanto o tamanho não é em si fator óbvio de risco, pode agir como substituto para determinante mais fundamental de risco. Assim, o padrão de retorno no mercado de capitais brasileiro pode ser consistente com um mercado eficiente, no qual retornos esperados são consistentes com o risco.
- 5) O mercado de capitais nacional é ineficiente, sendo o CAPM efetivamente inadequado para medir retornos esperados. Mais especificamente, os fenômenos encontrados podem ser por erros sistemáticos nas previsões de analistas dos mercados acionários, que extrapolam o desempenho passado muito para o futuro e, portanto, valorizam demais empresas com bom desempenho recente e valorizam menos as empresas com um desempenho recente ruim.

CONCLUSÃO

Esse artigo testou e comparou três modelos alternativos para predição de retornos esperados no mercado de capitais brasileiro: 1) a versão Sharpe-Litner-Mossin do CAPM; 2) o modelo 3-Fatores de Fama e French; 3) e o *Reward Beta Model*, apresentado por Bornholt (2007). Os resultados encontrados na pesquisa tendem a apoiar o modelo 3-Fatores de Fama e French para explicar retornos futuros, mas sem o fator que capta o efeito *book-to-market* mostrar-se significativo. Os achados se coadunam com outras evidências encontradas no mercado brasileiro. Indica-se para predição de retornos esperados no mercado de capitais brasileiro, um modelo de 2-Fatores: 1) um que capta o excesso de retorno do mercado; e 2) outro que capta o efeito tamanho da firma.

O efeito tamanho, uma das anomalias mais freqüentemente citadas com relação às hipóteses do CAPM, e manifestado em vários mercados internacionais, mostrou-se muito relevante em explicar retornos futuros. Isso significa que, no mercado brasileiro, tanto as taxas de retorno totais quanto as ajustadas pelo risco tendem a cair com aumentos no tamanho relativo da empresa. As justificativas para essas evidências no mercado nacional podem ser pelo menos quatro: 1) empresas menores tendem a ser negligenciadas pelos investidores; a falta de informações sobre estas empresas faz com que sejam investimentos mais arriscados que merecem retornos mais altos; 2) empresas menos

analisadas são comumente menos líquidas e o efeito liquidez pode não ser captado pelo beta do CAPM; 3) empresas menores são **marginais** no mercado, com menor probabilidade de sobrevivência, e possuem risco maior devido à sua menor eficiência produtiva e endividamento elevado; 4) os custos de transação são mais altos para ações de pequenas empresas; quando valores realistas desses custos são levados em consideração, os retornos extraordinários dessas ações podem ser reduzidos ou eliminados.

A despeito dos resultados, algumas críticas devem ser ressaltadas, a título de limitações da pesquisa. O tamanho da amostra, tanto em termos de anos utilizados quanto em número de empresas para formação das carteiras, pode ser grave limitação. Há a possibilidade de a estimativa do beta do CAPM e o *reward beta* serem viesadas em pequenas amostras, pois esses modelos são expressos em termos de expectativas; em média, essas podem não ser corretas em períodos curtos. Os testes do CAPM realizados em âmbito internacional usam mais de 30 anos de observações. O número reduzido de empresas na formação das carteiras, cria o risco de construção de carteiras pouco diversificadas, podendo acarretar danos na estimação de modelos APT. Entretanto sobre esses problemas os autores ficam de mãos atadas, pois: 1) não existem dados sistematizados e confiáveis anteriores a 1990; e 2) o número reduzido de empresas na amostra reflete a baixa liquidez e alta concentração do mercado de capitais nacional. Ainda sobre os problemas relacionados à amostra, cita-se o fato relegado sobre a sensibilidade ao ponto de corte temporal. Apesar de não ser simuladas, na presente pesquisa, diferentes datas de corte para separar a amostra *ex-ante* da amostra *ex-post*, acredita-se que os resultados permaneceriam essencialmente os mesmos.

Por último cabe ressaltar que os resultados encontrados não permitem rejeitar definitivamente o modelo CAPM e seus variantes, uma vez que os modelos testados: 3-Fatores de Fama e French e 2-Fatores apresentaram o coeficiente beta significativo. Indica-se que o coeficiente beta deve ser utilizado em modelos para encontrar retornos esperados, controlado por fatores adicionais que captam fontes de risco não captadas pelo beta, como as relacionadas com as características da empresa. Os problemas encontrados nos testes empíricos e a evidência de fatores relacionados às características das empresas em explicar retornos futuros podem ser tanto falhas do CAPM, quanto reflexo das ineficiências do mercado de capitais brasileiro em precificar corretamente as ações ou ativos.

Artigo recebido em 04.07.2007. Aprovado em 24.07.2008.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, L. C. de, Famá, R., & Silveira, H. P. (2003, julho). Aspectos da teoria de *portfolio* em mercados emergentes: uma análise de aproximações para a taxa livre de risco no Brasil. *Anais do Seminário de Administração – FEA-USP*, São Paulo, SP, Brasil, 6.
- Berenice, K. (1998). *A precificação de ativos através da Arbitrage Pricing Theory no mercado de capital brasileiro*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Bodie, Z., Kane, A., Marcus, A. J. (2000). *Fundamentos de investimentos* (3a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Bornholt, G. N. (2006). Expected utility and mean-risk asset pricing models. [Working Paper Series], Griffith University, Australia. Recuperado em 16 junho, 2007, de <http://ssrn.com/abstract=921323>
- Bornholt, G. N. (2007). Extending the capital asset pricing model: the reward beta approach. *Journal of Accounting and Finance*, 47(1), 69-83.

- Burmeister, E., & McElroy, M. (1988). Joint estimation of factor sensitivities and risk premium for arbitrage pricing theory. *Journal of Finance*, 43(3), 721-733.
- Chan, K. C., Chen, N., & Hsieh, D. (1985). An exploratory investigation of the firm size. *Journal of Financial Economics*, 14(3), 451-571.
- Chen, N., Roll, R., & Ross, S. A. (1986). Economic forces and the stock markets. *Journal of Business*, 59(3), 386-403.
- Connor, G., & Korajczyk, R. (1986). Performance measurement with the arbitrage pricing theory: a new framework for analysis. *Journal of Financial Economics*, 15(3), 373-394.
- Costa, N. C. A., Jr., & Neves, M. B. E. (1998, setembro). Variáveis fundamentalistas e os retornos das ações. *Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 22.
- Elton, E. J., & Gruber, M. (1988). A multi-index risk model of the Japanese stock market. *Japan and the World Economy*, 1(1), 21-44.
- Elton, E. J., Gruber, M. J., Brown, S. J., & Goetzmann, W. N. (2004). *Moderna teoria de carteiras e análise de investimentos*. São Paulo: Atlas.
- Fama, E., & French, K. (1993). Common risk factors in the returns on stocks e bonds. *Journal of Financial Economics*, 33(1), 3-56.
- Fama, E., & French, K. (1996). Multifactor explanations of asset pricing anomalies. *Journal of Finance*, 51(1), 55-84.
- Grinblatt, M., & Titman, S. (2005). *Mercados financeiros e estratégia corporativa* (2a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Hong, H., Lim, T., & Stein, J. (2000). Bad news travels slowly: size, analyst coverage, and the profitability of momentum strategies. *Journal of Finance*, 55(1), 265-295.
- Jagannathan, R., & Wang, Z. (1996). The conditional CAPM and the cross-section of expected returns. *Journal of Finance*, 51(1), 3-53.
- Leite, H. P., & Sanvicente, A. Z. (1994). *Índice Bovespa: um padrão para os investimentos brasileiros*. São Paulo: Atlas.
- Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13-37.
- Lucena, P., & Pinto, A. C. F. (2005, setembro). Estudo de anomalias no mercado brasileiro de ações através de uma modificação no modelo de Fama e French. *Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Brasília, DF, Brasil, 29.
- Malaga, F. K. & Securato, J. R. (2004, setembro). Aplicação do modelo de três fatores de Fama e French no mercado acionário brasileiro: um estudo empírico no período 1995-2003. *Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Curitiba, PR, Brasil, 28.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio selection: efficient diversification of investments*. New York: Wiley.
- Mello, L. M., & Samanez, C. P. (1999, setembro). Determinação e análise de desempenho do modelo APT – Arbitrage Pricing Theory – no mercado de capitais brasileiro. *Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 23.

- Mellone, G., Jr. (1999, setembro). Evidência empírica da relação *cross-section* entre o retorno e *earnings to price ratio* e *book to market ratio* no mercado de ações do Brasil no período de 1995 a 1998. *Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 23.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, 34(4), 768-783.
- Neves, A. W. (2001). *A precificação de ativos de renda variável no mercado de capitais brasileiro: uma visão comparativa entre a Arbitrage Pricing Theory e o Capital Asset Pricing Model*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Rodrigues, M. R. A. (2000, setembro). O efeito valor, o efeito tamanho e o modelo multifatorial: evidências do caso brasileiro. *Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Florianópolis, SC, Brasil, 24.
- Rodrigues, M. R. A., & Leal, R. P. C. (2003). The three factor Fama and French model in Brazil. *Proceedings of the Annual Conference*, San Antonio, Texas, USA.
- Roll, R., & Ross, S. A. (1980). An empirical investigation of the arbitrage pricing theory. *Journal of Finance*, 35(5), 1073-1103.
- Ross, S. (1976). The Arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13(3), 341-360.
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. F. (1995). *Administração financeira*. São Paulo: Atlas.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital assets prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442.