

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

Autoria: Pablo Rogers, José Roberto Securato

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, e no segundo passo os parâmetros estimados são usados como variáveis explicativas em regressões *cross section*. Os testes foram procedidos sobre carteiras, de acordo com a metodologia de Fama e French (1993) e Bornholt (2007), e aplicados em duas sub-amostras 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 suportar o modelo 3-Fatores de Fama e French para explicar retornos futuros, sem entretanto o fator que capta o efeito *book-to-market* mostrar-se significativo. Dessa forma, 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.

1. Introdução

Dentre os modelos para cômputo do retorno esperado de um investimento sob condições de risco, o *Capital Pricing Capital Model* (CAPM) ocupa um lugar fundamental. Desenvolvido em consonância por Sharpe (1964), Litner (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 um mercado em equilíbrio, com seu risco não diversificável. O modelo posta que a medida de risco relevante, é 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 um modelo simples e lógico, o CAPM está fundamentado sob 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) oferecer o máximo retorno esperado para diferentes níveis de risco; e b) oferecer 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 as 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 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 feiras 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 *et. al.*, 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 relacionados 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) um modelo APT que leva em conta as características das empresas; 2) a versão Sharpe-Litner-Mossin do CAPM; e 3) e um modelo alternativo que coaduna os preceitos teóricos do CAPM e o empirismo da APT. O primeiro modelo é o de três fatores proposto por Fama e French (1993), que busca em essência captar o efeito tamanho e efeito *book-to-market*. O último é o *Reward Beta Model* proposto por Bornholt (2007), que em essência é derivado de uma classe de medidas de risco-médio baseadas na APT, e consistente 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 modelo 3-Fatores de Fama e French e o *Reward Beta Model*. A seção três do artigo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. A análise dos resultados é discutida na seção quatro e as considerações finais são apresentadas a título de conclusão na seção cinco.

2. Revisão da Literatura

2.1. Arbitrage Pricing Theory (APT)

Ross, Westerfield e Jaffe (1995, p.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. O taxa de retorno do ativo é aleatória, pois herda a incerteza do retorno inesperado.

Ross, Westerfield e Jaffe (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 a mesma se efetivar em 1,5%, a diferença entre o resultado efetivo e o previsto, 1% neste exemplo, é a surpresa ou inovação.

Entretanto, 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 um 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 pronunciado 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 influencia sua taxa de retorno, e 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 a 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 a 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 que o CAPM, é mais amena em relação aos testes empíricos e, em muitos casos pode ser aplicada mais facilmente do que o CAPM (GRINBLATT e TITMAN, 2005, p.175). Por exemplo, o CAPM geralmente pressupõe que, ou 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 a carteira de mercado.

A APT não exige qualquer uma dessas hipóteses (ROSS, WESTERFIELD e JAFFE, 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. Isso posto, 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, p.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 específica 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 ATP, 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. O Quadro 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.

2.2. 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 conseguiam capturar uma parcela relevante do retorno das carteiras não explicado 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.

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 se autofinanciam). 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 suporte 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.

Quadro 1

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

Método de Estimação	Vantagens	Desvantagens	Evidencia Empírica Internacional	Evidencia Empírica no Brasil
<p>Análise fatorial Um procedimento puramente estatístico para estimar fatores e a sensibilidade dos retornos a eles</p>	<p>Fornece a melhor estimativa dos fatores, dados os seus pressupostos</p>	<p>A pressuposição de que as covariâncias são constantes é crucial e provavelmente será violada na realidade; não “nomeia” efetivamente os fatores</p>	<p>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.</p>	<p>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 (oito) fatores significantes para explicar os retornos adicionais das ações brasileiras. Mello e Samanez (1999) por sua vez identificaram, que não mais de 6 (seis) fatores, fossem necessários para explicar os retornos das ações.</p>
<p>Variáveis macroeconômicas Utiliza séries temporais macroeconômicas para que atuem como aproximações para os fatores que geram retornos acionários</p>	<p>Fornece interpretações mais intuitivas dos fatores</p>	<p>Implica que os fatores apropriados sejam as alterações não-antecipadas das macrovariáveis. Pode ser difícil medir na prática alterações não-antecipadas nas variáveis.</p>	<p>Chan, Chen e Hsieh (1985), Chen, Roll e Ross (1986), Burmeister e McElroy (1988), Jagannathan e Wang (1996) chegaram a 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.</p>	<p>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.</p>
<p>Características da empresa Utiliza características da empresa, sabendo de seu relacionamento com os retornos acionários, para formar carteiras de fator</p>	<p>Mais intuitiva que as carteiras formadas pela análise fatorial; sua formação não requer covariâncias constantes</p>	<p>Carteiras selecionadas com base nas anomalias de retorno do passado, que só são fatores porque explicam “acidentes” históricos, podem não ser boas para explicar retornos esperados no futuro</p>	<p>Fama e French (1993 e 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 um 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 devidos vieses comportamentais e afetam a eficiência do mercado (essas anomalias são discutidas no campo das Finanças Comportamentais).</p>	<p>Estudos, empreendidos em diferentes períodos, suportaram o modelo com 3 Fatores de Fama e French (1993) no mercado brasileiro. Costa Jr. e Neves (1998), Mellone Júnior (1999), Rodrigues (2000), Rodrigues e Leal (2003), Malaga e Securato (2004) e Lucena e Pinto (2005) apresentaram evidências empíricas suficientes que características das empresas como, tamanho e efeito <i>book-to-market</i>, explicam grande parte dos retornos das ações.</p>

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

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 a 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 tornou-se publicamente conhecido, no final da década de 80 e no começo da década de 1990 (GRINBLATT e TITMAN, 2005, p.168).

2.3. 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 uma melhor metodologia para estimar os retornos esperados. Nesse sentido, o autor apresenta o *Reward Beta Approach* como uma alternativa ao CAPM. A justificativa teórica desse modelo é consistente com uma 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 que todos os investidores escolhem carteiras eficientes com base na média-variância, e 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. Embora a 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 pode 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 à 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.

3. Metodologia da Pesquisa

O presente estudo compara o CAPM, o modelo de 3-Fatores de Fama e French e o *Reward Beta Approach*, discutido por Bornholt (2007). Os testes foram conduzidos sobre carteiras de ações, e essencialmente o processo de formação das carteiras segue a metodologia de Fama e French (1993). Para se testar os modelos, primeiro foram necessários estimar o prêmio pelos riscos decorrentes dos fatores mercado, tamanho e índice BE/ME. A metodologia empregada foi essencialmente a mesma de Fama e French (1993) na construção do modelo de três fatores, e utilizada por Bornholt (2007) no teste do *Reward Beta Model*.

Os fatores de Fama e French empregados nessa pesquisa são construídos usando 6 carteiras ponderadas pelo tamanho e *book-to-market* (BE/ME). Inicialmente, para composição das carteiras, consideraram-se 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 a 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 e 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, inclusive dividendos. Adotou-se o retorno mensal da caderneta de poupança como uma *proxy* para a taxa de retorno livre de risco, conforme sugere estudo conduzido por Barros, Famá e Silveira (2003) no mercado brasileiro. Como *proxy* para a carteira de mercado adotou-se o índice Bovespa. Os retornos mensais foram deflacionados pelo IGP-DI e todos os dados necessários a pesquisa foram obtidos do sistema Economática®.

As 6 carteiras usadas para estimar dos fatores *SMB* e *HML* foram construídas a 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 30º e 70º 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.

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

Figura 1 – Esquema de formação das 6 carteiras baseadas no tamanho e *book-to-market* para construção dos fatores SMB e HML

Posteriormente a construção dos três fatores foram formadas 25 carteiras para testar os modelos estudados na pesquisa. A metodologia de formação das 25 carteiras é praticamente a mesma usada na formação das 6 carteiras para construção dos três fatores, exceto que se usa como ponto de corte nos passos 1 e 2 para divisão dos grupos e subgrupos, os quintiles 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 construção dos fatores 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. Sendo assim, poderia ocorrer de 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 os mesmos contavam, no final de 1990, com 4.419 ações em sua base de dados.

Em nosso caso, defrontamos com a seguinte situação devido a pequena quantidade de ações na base de dados: 1) se optasse por menos carteiras, porém mais diversificadas, existiria poucas observações para o segundo passo do teste de regressões em *cross section* (ver adiante); 2) se optasse por mais carteiras, e assim mais observações para o segundo passo do teste de regressões em *cross section*, correria o risco de ter carteiras pouco diversificadas, e os modelos APT funcionam melhor em carteiras bem diversificadas. Dessa forma, na presente pesquisa não foi deixado 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.

Bornholt (2007) também procedeu os testes comparativos dos três modelos pesquisados, baseados nas 25 carteiras formadas a partir do 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 similar 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 baseados nesses dois efeitos, então as carteiras formadas baseadas 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).

Elton *et. al.* (2004, p.296-313) discutem vários procedimentos de testes do CAPM e modelos correlatos. Em essência, dado 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. Essa pesquisa, seguindo a mesma metodologia de Bornholt (2007), utiliza desse procedimento para comparar os três

modelos: CAPM, *Reward Beta* e 3-Fatores de Fama e French. O esquema apresentado na Figura 2 resume o procedimento de teste utilizado na presente pesquisa.

Utilizam-se duas amostras de teste diferentes: 1) uma para estimar os betas e as sensibilidades aos 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 aos 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 balanceamento do número de observações entre as amostras e de forma não superar muito o uso recomendado de apenas 60 meses para estimar os betas.

1º Passo: Regressões de Séries Temporais	2º Passo: Regressões em <i>Cross Section</i>
<p>CAPM</p> $\tilde{R}_{jt} - R_{Ft} = \beta_j(\tilde{R}_{Mt} - R_{Ft}) + \tilde{\varepsilon}_{jt}$ <p>Reward Beta</p> $\hat{\beta}_j = \frac{(\bar{R}_j - \bar{R}_F)}{(\bar{R}_M - \bar{R}_F)}$ <p><i>Estimativas dos parâmetros</i></p> <p>3-Fatores</p> $R_{jt} - R_{Ft} = \alpha_j + b_j(R_{Mt} - R_{Ft}) + s_jSMB_t + h_jHML_t + \varepsilon_{jt}$	<p>CAPM</p> $\bar{R}_j - \bar{R}_F = \bar{\alpha}_j + \beta_j(\bar{R}_M - \bar{R}_F) + \bar{\varepsilon}_j$ <p><i>Parâmetros estimados utilizados como variáveis explicativas</i></p> <p>Reward Beta</p> $\bar{R}_j - \bar{R}_F = \bar{\alpha}_j + \hat{\beta}_j[E(\bar{R}_M) - \bar{R}_F] + \hat{\beta}_j[\bar{R}_M - E(\bar{R}_M)] + \bar{\varepsilon}_j$ <p>3-Fatores</p> $\bar{R}_j - \bar{R}_F = \bar{\alpha}_j + b_j(\bar{R}_M - \bar{R}_F) + s_j\overline{SMB} + h_j\overline{HML} + \bar{\varepsilon}_j$
Amostra <i>ex-ante</i> (07/1995-06/2001)	Amostra <i>ex-post</i> (07/2001-06/2006)

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.

Algumas hipóteses que podem ser formuladas devem ser válidas quer se acredite na versão básica do CAPM ou 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 $\bar{R}_M - \bar{R}_F$. Ademais, comenta-se ainda em relação a esse último modelo, que quanto maior o risco (beta) maior deve ser o nível de retorno. O retorno está relacionado de maneira linear ao beta, e um dos testes dessa hipótese equivaleria adicionar o valor do beta ao quadrado no modelo.

4. Resultados

4.1. Estimativas da Amostra *Ex-ante*

A Tabela 1 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 uma 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 inclusive 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 uma tendência de ser menor em carteiras de ações de empresas pequenas. De outra forma, as estimativas em valor absoluto do *reward beta* parecem estar mais condizentes com a relação risco-retorno: valores absolutos maiores dos prêmio pelo risco mensal das carteiras leva a estimativa absoluta maior do *reward beta*.

Tabela 1

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).

Size (ME)	Book-to-market (BE/ME)				
	Low	2	3	4	High
<i>Painel A: Prêmio pelo Risco (% Média Mensal)</i>					
Small	-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
Big	-0,77	-0,80	1,02	1,23	1,02
<i>Painel B: Beta do CAPM</i>					
Small	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
Big	0,60	0,92	0,97	0,97	0,97
<i>Painel C: Reward Beta</i>					
Small	-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
Big	-1,03	-1,06	1,36	1,64	1,36

A amostra *ex-ante* compreende o período Julho de 1995 a Junho de 2001. Os cálculos são feitos a partir dos prêmios pelo risco 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 pelo risco 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*.

A Tabela 2 apresenta as estimativas *ex-ante* das sensibilidades dos três fatores de Fama e French. Note que quando controlado pelo efeito tamanho e *book-to-market* o beta do fator mercado apresenta estimativa maior do que a calculada na Tabela 1. Todas as sensibilidades estimadas ao fator tamanho mostraram-se positiva e algumas estimativas de sensibilidades ao fator *book-to-market* apresentou valores negativos, principalmente em carteiras de ações de empresas menores. As sensibilidades ao fator *HML* parecem ser maiores para as carteiras de ações de empresas pequenas e alto índice BE/ME.

4.2. 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 3 evidencia

esse fato. As entradas na Tabela 3 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%.

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 foi na amostra *ex-post* igual a 0,794% a.m. Note 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*.

Tabela 2

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*:

$$R_{jt} - R_{Ft} = \alpha_j + b_j (R_{Mt} - R_{Ft}) + s_j \text{SMB}_t + h_j \text{HML}_t + \varepsilon_{jt}$$

		Book-to-market (BE/ME)				
Size (ME)		Low	2	3	4	High
<i>Painel A:</i>		<i>b</i>				
Small		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
Big		0,67	0,87	0,94	0,96	0,94
<i>Painel B:</i>		<i>s</i>				
Small		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
Big		0,06	-0,21	-0,14	0,05	-0,14
<i>Painel C:</i>		<i>h</i>				
Small		-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
Big		-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*; calculados na amostra *ex-ante* e a partir ações da Bolsa de Valores de São Paulo com dados disponíveis no período.

A exclusão do intercepto nos modelos CAPM e *Reward Beta* mudou completamente a estimativa do coeficiente Beta do CAPM. Nesse momento as mesmas passam a ser positivas e altamente significativas, sem entretanto apresentar 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 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.

Tabela 3

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 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 1 e 2, são usadas como variáveis explicativas nas regressões *cross-section*. Nessas regressões as variáveis dependentes são as médias mensais dos prêmios pelo risco das carteiras calculados 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%.

Na estimação do último modelo excluí-se a variável não significativa no modelo 3-Fatores e deixa 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 do coeficiente do fator tamanho aumentou para 1,294. No entanto, quando procede-se o teste *Wald* para $H_0: b = 0,794$ no modelo 2-Fatores; aceita-se ao 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*.

4.3. Robustez dos Modelos

Nessa seção os modelos do segundo passo são postos em prova quanto à aderência às hipóteses clássicas de estimativa por mínimos quadrados ordinários: multicolinearidade, heterocedasticidade e normalidade. Adicionalmente, apresentam-se três importantes medidas de grau de ajuste que ajuda 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 4 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.

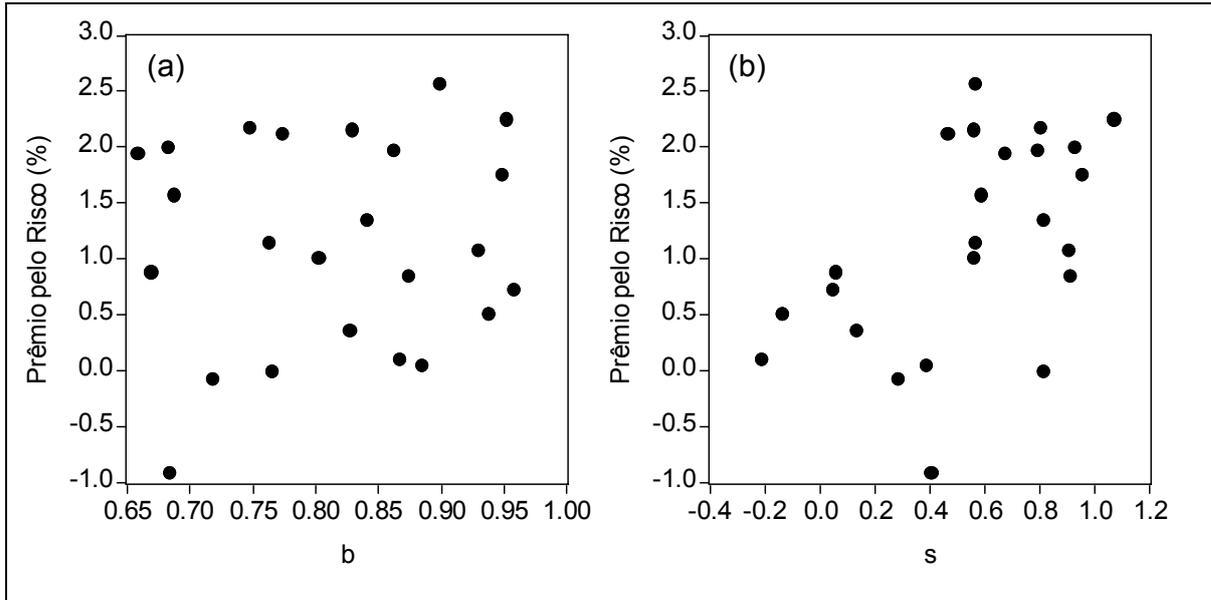


Figura 3 – Sensibilidades em relação aos fatores mercado ($R_M - R_F$) e tamanho (SMB) contra o prêmio pelo risco das carteiras.

- (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*.

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. O modelos *Reward Beta* e CAPM (sem intercepto) mostraram-se muito significativo pelo Teste *Wald*, entretanto com valores negativos de $Adj. R^2$. O maior valor de $Adj. R^2$ 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, pois 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 que os valores desses critérios de informação, principalmente AIC, apresentaram-se próximos entre os dois modelos.

Os resultados encontrados na pesquisa coadunam com os de Costa Jr. e Neves (1998), Rodrigues (2000), Mello e Samanez (2000), Rodrigues e Leal (2003) e Málaga e Securato (2004) em aceitar a má especificação do CAPM para explicar os retornos das ações no mercado brasileiro. Assim como nessa pesquisa, Costa Jr. e Neves (1998), Rodrigues (2000), Rodrigues e Leal (2003), Málaga 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 (2000).

A metodologia 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 a carteira de mercado utilizada e apresentou leves alterações, principalmente nas estimativas da amostra *ex-ante*, com uso da SELIC como taxa de livre de risco. Entretanto, independente da taxa livre risco utilizada a essência das conclusões foi a mesma.

Tabela 4

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 3 são examinados quanto 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 procedido 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 Informarion 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%.

5. 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 suportar o modelo 3-Fatores de Fama e French para explicar retornos futuros, sem entretanto o fator que capta o efeito *book-to-market* mostrar-se significativo. Os achados 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.

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, é um limite sério. A estimativa do beta do CAPM e o *reward beta* podem ser viesadas em pequenas amostras, pois esses modelos são expressos em termos de expectativas, e em média, essas podem não ser corretas em períodos curtos. Os testes do CAPM procedidos 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 a amostra, cita-se o fato relegado sobre a sensibilidade ao ponto de corte temporal. Apesar de não ser simulado 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 captado pelo beta, como as relacionadas com as características da empresa. Os problemas encontrados nos testes empíricos, e a evidência de fatores relacionados à características das empresas em explicar retornos futuros podem ser tanto falhas do CAPM, quanto reflexo das ineficiências do mercado de capitais brasileiro em não precificar corretamente as ações ou ativos.

6. Referências Bibliográficas

- BARROS, L. de C.; FAMÁ, R.; SILVEIRA, H. P. Aspectos da teoria de *portfolio* em mercados emergentes: uma análise de aproximações para a taxa livre de risco no Brasil. *VI SEMEAD*, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- BERENICE, K. *A precificação de ativos através da Arbitrage Pricing Theory no mercado de Capital Brasileiro*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 1998. (Dissertação de Mestrado).
- BODIE, Z.; KANE, A. MARCUS, A. J. *Fundamentos de investimentos*. 3º ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- BORNHOLT, G. N. Expected utility and mean-risk asset pricing models. *Working paper*, Griffith University – Department of Accounting, Finance and Economics, Australia. Available at *Social Science Research Network* (SSRN): <http://ssrn.com/abstract=921323>. Access on June of 2007.
- BORNHOLT, G. N. Extending the capital asset pricing model: the reward beta approach. *Journal of Accounting and Finance*, v. 47, p. 69-83, 2007.
- BURMEISTER, E.; McELROY, M. Joint estimation of factor sensitivities and risk premium for arbitrage pricing theory. *Journal of Finance*, v. 43, n. 3, p. 721-733, July 1988.
- CHAN, K. C.; CHEN, N.; HSIEH, D. An exploratory investigation of the firm size. *Journal of Financial Economics*, v.14, p.451-571, Set. 1985.
- CHEN, N.; ROLL, R.; ROSS, S. A. Economic forces and the stock markets. *Journal of Business*, v. 59, p. 386-403, July 1986.
- CONNOR, G.; KORAJCZYK, R. Performance measurement with the arbitrage pricing theory: a new framework for analysis. *Journal of Financial Economics*, v. 15, n. 3, p.373-394, 1986.
- COSTA JR., N. C. A.; NEVES, M. B. E. Variáveis fundamentalistas e os retornos das ações. XXII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração (ENANAP), 1998, Rio de Janeiro. *Anais ...* Rio de Janeiro: ANPAD, 1998 (CD-ROM).
- ELTON, E. J.; GRUBER, M. J.; BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. *Moderna teoria de carteiras e análise de investimentos*. São Paulo: Atlas, 2004.
- ELTON, E.; GRUBER, M. A multi-index risk model of the Japanese stock market. *Japan and the World Economy*, v.1, n.1, 1988.
- FAMA, E.; FRENCH, K. Common risk factors in the returns on stocks e bonds. *Journal of Financial Economics*, v. 33, p. 3-56, 1993.

- FAMA, E.; FRENCH, K. Multifactor explanations of Asset Pricing anomalies. *Journal of Finance*, v. 51, n. 1, p. 55-84, Mar. 1996.
- GRINBLATT, M.; TITMAN, S. *Mercados Financeiros e Estratégia Corporativa*. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HONG, H.; LIM, T. STEIN, J. Bad news travels slowly: size, analyst coverage, and the profitability of momentum strategies. *Journal of Finance*, v. 55, p. 265-295, 2000.
- JAGANNATHAN, R.; WANG, Z. The conditional CAPM and the cross-section of expected returns. *Journal of Finance*, v. 51, n. 1, p. 3-53, March 1996.
- LINTNER, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*. v.47, p. 13-37, Fev. 1965.
- LUCENA, P.; PINTO, A. C. F. Estudo de anomalias no mercado brasileiro de ações através de uma modificação no modelo de Fama e French. XXIX Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração (ENANAP), 2005, Brasília. *Anais ...* Rio de Janeiro: ANPAD, 2005 (CD-ROM).
- MALAGA, F. K.; SECURATO, J. R. Aplicação do modelo de três fatores de Fama e French no mercado acionário brasileiro: um estudo empírico no período 1995-2003. XXVIII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração (ENANAP), 2004, Curitiba. *Anais ...* Rio de Janeiro: ANPAD, 2004 (CD-ROM).
- MARKOWITZ, H. *Portfolio Selection: Efficient diversification of investments*. New York: Wiley, 1959.
- MELLO, L. M.; SAMANEZ, C. P. Determinação e análise de desempenho do modelo APT – *Arbitrage Pricing Theory* – no mercado de capitais brasileiro. XXIII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração (ENANAP), 1999, Florianópolis. *Anais ...* Rio de Janeiro: ANPAD, 1999 (CD-ROM).
- MELLONE JÚNIOR, G. 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. XXIII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração (ENANAP), 1999, Foz do Iguaçu. *Anais ...* Rio de Janeiro: ANPAD, 1999 (CD-ROM).
- MOSSIN, J. Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, p. 768-783, Out. 1966.
- NEVES, A. W. *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*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2001. (Dissertação de Mestrado).
- RODRIGUES, M. R. A. O efeito valor, o efeito tamanho e o modelo multifatorial: evidências do caso brasileiro. XXIV Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação em Administração (ENANAP), 2000, Florianópolis. *Anais ...* Rio de Janeiro: ANPAD, 2000 (CD-ROM).
- RODRIGUES, M. R. A.; LEAL, R. P. C. The three factor Fama and French model in Brazil. In: Business Association of Latin American Studies (BALAS) Annual Conference, 2003, San Antonio USA. *Anais...* University of San Antonio, 2003 (CD-ROM).
- ROLL, R; ROSS, S. A. An empirical investigation of the arbitrage pricing theory. *Journal of Finance*, v. 35, n. 5, p.1073-1103, Dec. 1980.
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. *Administração Financeira*. São Paulo: Editora Atlas, 1995.
- ROSS, S. The Arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, v. 13 (3), p. 341-360, Dez. 1976.
- SHARPE, W. F. Capital Assets prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, v.19, p.425-442, Set. 1964.