

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO

CLAUDIA FARIA MACIEL

DESEMPENHO DE MODELOS FATORIAIS NA PRECIFICAÇÃO DE ANOMALIAS NO
MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO

BELO HORIZONTE

2019

CLAUDIA FARIA MACIEL

DESEMPENHO DE MODELOS FATORIAIS NA PRECIFICAÇÃO DE ANOMALIAS NO
MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Administração.

Orientadora: Profa. Dra. Laíse Ferraz Correia.

BELO HORIZONTE

2019

Maciel, Claudia Faria
M152d Desempenho de modelos fatoriais na precificação de anomalias
no mercado de capitais Brasileiro. / Claudia Faria Maciel. – – Belo
Horizonte, 2019.
86 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em
Administração, 2019.

Orientador: Profa. Dra. Laíse Ferraz Correia

Bibliografia

1. Mercado de Capitais. 2. Modelo de Precificação de Ativos.
3. Anomalias de Mercado. I. Correia, Laíse Ferraz. II. Centro Federal
de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Título

CDD 658.15



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO CEFET-MG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO do(a) Senhor(a) Cláudia Faria Maciel. No dia 26 de junho de 2019, às 13h30min, reuniu-se no Campus II do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, a Banca Examinadora de dissertação designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Administração do CEFET-MG para julgar o trabalho final intitulado **“Desempenho de Modelos Fatoriais na Precificação de Anomalias no Mercado de Capitais Brasileiro”**, requisito para a obtenção do **Grau de Mestre em Administração**, linha de pesquisa: **Processos e Sistemas Decisórios em Arranjos Organizacionais**. Abrindo a sessão, o(a) Senhor(a) Presidente da Banca, Prof.(a) Dr.(a) Laíse Ferraz Correia, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao(à) aluno(a) para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa do(a) aluno(a). Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final:

☒ Aprovação.

☐ Aprovação com recomendação de aperfeiçoamento, condicionada à satisfação das exigências feitas pela banca examinadora.

☐ Recomendação de reapresentação.

☐ Reprovação.

O resultado final foi comunicado publicamente ao(à) aluno(a) pelo(a) Senhor(a) Presidente da Banca. Nada mais havendo a tratar, o(a) Senhor(a) Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

Belo Horizonte, 26 de junho de 2019.

Assinaturas:

Profa. Dra. Laíse Ferraz Correia (Orientadora - PPGA-CEFET-MG)

Profa. Dra. Carolina Magda da Silva Roma (FURG)

Profa. Dra. Lucélia Viviane Vaz Raad (PPGA-CEFET-MG)

Prof. Dr. Sílvio Alves de Souza (CEFET-MG)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram comigo ao longo dessa incrível jornada.

Ao meu pai Claudio, à minha mãe Rogéria e a minha irmã Kamilla, minha amada família.

Aos meus amigos de infância Luíza, Natália e Matheus, que sempre me apoiaram.

À Profa. Dra. Laíse Ferraz Correia, pela orientação e carinho nesses dois anos de crescimento pessoal e profissional.

Aos professores do PPGA-CEFET, pelos ensinamentos e conselhos ao longo dos últimos anos.

À Profa. Dra. Carolina Magda Roma e ao Prof. Dr. Sílvio Alves de Souza, pelas valiosas contribuições ao desenvolvimento deste trabalho.

À Profa. Dra. Joyce Mariella Medeiros Cavalcanti pela grande ajuda na obtenção dos dados necessários ao desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos funcionários do CEFET-MG, em especial à Patrícia, secretária do PPGA, pela disponibilidade e apoio.

Aos meus caros amigos de mestrado, em especial ao Gabriel, João Eduardo e Ivan.

Ao CEFET-MG e a Capes, pelo apoio financeiro. “O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

RESUMO

Em meados dos anos 80, diversos estudos passaram a fornecer evidências de comportamentos anormais no retorno dos ativos financeiros, indicando que havia prêmios de risco associados a diferentes fatores no mercado. Tais anomalias geravam resultados que contrariavam os pressupostos básicos do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) e não eram por ele explicadas. A relevância desses fatores fez com que diferentes modelos de precificação de ativos surgissem na literatura, buscando melhorar o poder explicativo dos retornos. Essa discussão tornou-se ainda mais intensa a partir dos estudos seminais de Fama e French (1993) e Carhart (1997), que apresentaram novos modelos fatoriais baseados em indicadores fundamentalistas, os quais incorporaram variáveis com base nas anomalias mais debatidas na literatura financeira. Considerando essas discussões, esta dissertação propôs verificar, por meio de testes empíricos, qual modelo, dentre o de três fatores de Fama e French (1993), o de quatro fatores de Carhart (1997) e o de cinco fatores de Fama e French (2015), apresenta desempenho melhor na explicação das anomalias tamanho, valor (*book-to-market*), momento, lucratividade e investimento no mercado acionário brasileiro. Este estudo buscou agregar novas contribuições sobre a precificação de ativos e sobre modelos que explicam o processo gerador de retornos das ações, auxiliando a tomada de decisão financeira em situações de risco. De forma a testar os modelos, utilizou-se de metodologia de teste preditivo, que aplica regressões de dois passos – série temporal e *cross-section* –, desenvolvida por Fama e MacBeth (1973). Nos modelos testados, foram utilizadas como variáveis independentes os fatores de mercado, tamanho, *book-to-market*, momento, lucratividade e investimento, e como variáveis dependentes o excesso de retorno dos portfólios em relação à taxa de juros livre de risco. Os resultados observados para as regressões do primeiro passo e para o teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989) apontaram que o modelo de cinco fatores de Fama e French (2015) apresentou melhor desempenho na explicação dos retornos médios em comparação aos demais. O modelo que apresentou pior desempenho, para essa etapa, foi o de três fatores de Fama e French (1993). Quando estimadas as regressões *cross-section*, foi possível verificar que, apesar do modelo de cinco fatores ter apresentado maior poder preditivo, nenhum dos modelos foi suficiente para explicar as variações dos retornos dos portfólios formados.

Palavras-chave: Precificação de Ativos. Fama e French. Carhart. Fatores de Risco. Anomalias de Mercado.

ABSTRACT

In the mid-1980s, several studies provided evidence of abnormal behavior in the return of financial assets, verifying that there were risk premiums associated with different factors in the capital market. Such anomalies generated results that were opposed to the basic assumptions of the Capital Asset Pricing Model (CAPM) and were not explained by the model. The relevance of these factors led different versions of asset pricing models to emerge in the literature, seeking to improve the explanatory power for these anomalies. This discussion gained momentum from the seminal studies of Fama and French (1993) and Carhart (1997), which presented new fundamentalist models incorporating the variables based on the anomalies most debated in the finance literature. Considering these discussions, this dissertation aims to verify, through empirical tests, whether the Three-Factor Model of Fama and French (1993), Four-Factor Model of Carhart (1997) and the Five-Factor Model of Fama and French (2015) have better performance in explaining the anomalies size, value (book-to-market), momentum, profitability and investment in the Brazilian stock market. This study aims to contribute to the literature on the asset pricing and on models that explain the process that generates stock returns, helping to make financial decisions in situations of risk. In order to test the models, we used a predictive test methodology, which applies two-step regressions – time-series and cross-section, developed by Fama and MacBeth (1973). Market, size, book-to-market, momentum, profitability and investment factors were used as independent variables, and as dependent variables of the models, were used the excess return of the portfolios in relation to the risk-free interest rate. The results observed for the first step regressions and for the Gibbons, Ross and Shanken (1989) test showed that the five-factor model of Fama and French (2015) presented better performance in explaining the average returns compared to the others. The model that presented the worst performance for this stage was the Three-Factor model of Fama and French (1993). When cross-section regressions were estimated, it was possible to verify that, although the Five-Factor model presented greater predictive power, none of the models was sufficient to explain the variations of the returns of the formed portfolios.

Keywords: Asset pricing. Fama and French. Carhart. Risk Factors. Market Anomalies.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição da amostra ano a ano.....	40
Tabela 2 – Portfólios formados para o modelo de três fatores de Fama e French (1993).....	46
Tabela 3 - Portfólios formados para o modelo de quatro fatores de Carhart (1997).....	47
Tabela 4 - Portfólios formados para o modelo de cinco fatores de Fama e French (2015).....	48
Tabela 5 - Estatísticas descritivas dos modelos três, quatro e cinco fatores	55
Tabela 6 - Correlação entre os fatores de Fama e French (1993, 2015) e Carhart (1997)	57
Tabela 7 - Retorno médio e desvio padrão dos portfólios <i>left-hand-side</i>	59
Tabela 8 - Média dos fatores formadores dos portfólios	61
Tabela 9 - Estatísticas descritivas para as regressões do primeiro passo	63
Tabela 10 - Regressões do primeiro passo com combinações dos fatores	65
Tabela 11 – Regressões dos três fatores de Fama e French (1993).....	67
Tabela 12 – Regressões dos quatro fatores de Carhart (1997)	68
Tabela 13 – Regressões dos cinco fatores de Fama e French (2015).....	69
Tabela 14 – Resultado do teste VIF das variáveis independentes.....	71
Tabela 15 – Resultados dos testes de Durbin-Watson e Breusch-Pagan.....	71
Tabela 16 – Resultados das regressões <i>cross-section</i> para os modelos fatoriais.....	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

APT	<i>Arbitrage Pricing Theory</i>
AMEX	<i>American Stock Exchange</i>
B3	Brasil, Bolsa, Balcão
BP	Breusch-Pagan
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
C-CAPM	<i>Conditional Capital Asset Pricing Model</i>
CCAPM	<i>Consumption Capital Asset Pricing Model</i>
CMA	<i>Conservative Minus Aggressive</i>
CML	<i>Capital Market Line</i>
CDI	Certificado de Depsito Interbancrio
D-CAPM	<i>Downside Capital Asset Pricing Model</i>
DW	Durbin-Watson
VIF	<i>Variance Inflation Factor</i>
FF	Fama e French
GRS	Gibbons, Ross e Shanken
HML	<i>High Minus Low</i>
HMLO	<i>Orthogonal High Minus Low</i>
I-CAPM	<i>Intertemporal Capital Asset Pricing Model</i>
LHS	<i>Left-hand-side</i>
MKT	Excesso de retorno do mercado
MTP	Moderna Teoria dos Portfólios
NASDAQ	<i>National Association of Securities Dealers Automated Quotations</i>
NYSE	<i>New York Stock Exchange</i>
RHS	<i>Right-hand-side</i>
RMW	<i>Robust Minus Weak</i>
SMB	<i>Small Minus Big</i>
SML	<i>Security Market Line</i>
WML	<i>Winner Minus Lose</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	Análise da performance de portfólios por média e variância	16
2.2	O <i>Capital Asset Pricing Model</i> (CAPM)	18
2.2.1	Extensões do CAPM	21
2.3	A <i>Arbitrage Pricing Theory</i> (APT)	24
2.4	Anomalias nos modelos de precificação de ativos	26
2.4.1	Anomalias de valor	26
2.5	Modelos de fatores fundamentalistas.....	29
2.5.1	Modelo de três fatores de Fama e French	29
2.5.2	Modelo de quatro fatores de Carhart	30
2.5.3	Modelo de cinco fatores de Fama e French	32
2.6	Evidências empíricas de anomalias nos modelos de precificação no Brasil	34
3	METODOLOGIA	38
3.1	Caracterização da pesquisa	38
3.2	População e amostra	38
3.3	Cálculo dos retornos dos portfólios	40
3.4	Variáveis e modelos econométricos estimados.....	41
3.4.1	Variáveis independentes	42
3.4.1.1	Modelo de três fatores de Fama e French (1993)	45
3.4.1.2	Modelo de quatro fatores de Carhart (1997).....	47
3.4.1.3	Modelo de cinco fatores de Fama e French (2015).....	48

3.4.2	Variáveis dependentes	50
3.5	Método de estimação dos modelos	50
3.6	Testes de validação e desempenho dos modelos	51
3.6.1	Teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989)	51
3.6.2	Teste de multicolinearidade	52
3.6.3	Teste de autocorrelação.....	53
3.6.4	Teste de homoscedasticidade	53
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	54
4.1	Estatísticas descritivas dos fatores <i>right-hand-side</i>	54
4.2	Estatísticas descritivas dos portfólios <i>left-hand-side</i>	58
4.3	Estatísticas de teste das regressões do primeiro passo.....	62
4.4	Regressões com diferentes combinações de fatores	64
4.5	Análise das relações entre os fatores	66
4.6	Resultados das regressões do segundo passo – <i>cross-section</i>	70
5	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICE	84

1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores discussões no campo de finanças nos últimos anos tem sido como explicar o processo gerador dos retornos de títulos financeiros. A especificação correta dos modelos de retorno esperado é muito importante para as operações do mercado de capitais, pois resulta em melhores estimativas. Quando bem ajustados, os modelos podem se tornar uma ferramenta útil ao processo de tomada de decisão em condições de risco. O estudo pioneiro de Markowitz (1952) sobre a moderna teoria de portfólios (MTP) forneceu um dos mais importantes legados para os estudos concernentes à precificação de ativos. O objetivo geral dessa teoria é a seleção de portfólios eficientes, que maximizem os retornos esperados, dado um nível de risco. Markowitz (1952) apresenta o binômio risco e retorno como variáveis que interessam ao investidor.

Baseados nas premissas de Markowitz (1952), Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), com contribuições de Black (1972), desenvolveram, independentemente, um modelo com o propósito de avaliar o retorno esperado de um investimento a partir do seu nível de risco de mercado, o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM). Esse modelo de Sharpe (1964) é utilizado para calcular a taxa de retorno esperada pelos investidores levando em conta o risco que o ativo em análise adiciona ao portfólio de mercado, que é amplamente diversificado. Ele supõe a análise de um único período, e apresenta riscos e retornos que não variam ao longo do tempo.

Após seu surgimento, o CAPM recebeu diversas críticas direcionadas a suas possíveis falhas, assim como à suas premissas simplificadoras. A ocorrência de estudos empíricos na década de 80 que contestavam a aplicação do CAPM no mercado financeiro trouxe a tona evidências de que existiam fatores que proporcionavam retornos anormais, estatisticamente significativos. Esses retornos anormais se configuram como desvios não previstos pela teoria tradicional, proposta por Sharpe-Lintner-Mossin. Tais fatores, intitulados anomalias de mercado, vêm sendo documentados e analisados na literatura nas últimas décadas.

Banz (1981), por exemplo, verificou que ações de empresas com baixo valor de mercado apresentaram retornos superiores as de alto valor de mercado, caracterizando o efeito tamanho da empresa. Essa anomalia foi posteriormente corroborada por Reinganum (1981) e Fama e French (1992). Stattman (1980) e Rosenberg, Reid e Lanstein (1985) documentaram estratégias de valor, em que ações de empresas com elevados índices *book-to-market*

apresentaram retornos maiores em relação aos de empresas com menores índices *book-to-market*. Posteriormente, Jegadeesh e Titman (1993) documentaram a estratégia de momento, em que portfólios de ações com maiores retornos no passado recente mantêm desempenho superior aos dos portfólios de baixos retornos. Mais adiante, esses autores repetiram suas análises em Jegadeesh e Titman (2001), confirmando seus resultados anteriores. Mais recentemente, Novy-Marx (2013) mostrou que, para um mesmo período, empresas que possuíam maiores lucros geram retornos médios mais altos do que as menos lucrativas, sugerindo, assim, a existência da anomalia lucratividade. E Titman, Wei e Xie (2004) e Aharoni, Grundy e Zeng (2013), entre outros, consideraram o efeito da variável investimento sobre os retornos médios das ações. Os autores observaram que firmas que apresentam investimentos mais agressivos, obtêm menores retornos. A existência dessas anomalias, dentre muitas outras, se tornou evidência de que o modelo CAPM não estava corretamente especificado.

A partir das evidências empíricas de que o CAPM não é capaz de explicar adequadamente a variação *cross-sectional* do retorno médio das ações, novas variantes desse modelo emergiram na literatura financeira. Essas variantes surgiram como alternativas para solucionar as deficiências do CAPM, sendo as versões mais destacadas na literatura o *Intertemporal* CAPM (ICAPM) de Merton (1973), o *Consumption* CAPM (CCAPM) de Breeden (1979) e o *Conditional* CAPM (C-CAPM) de Jagannathan e Wang (1996). A principal justificativa para o desenvolvimento desses modelos é a de que o conjunto de oportunidades de investimento varia ao longo do tempo, ao passo que o CAPM pressupõe avaliação em um único período.

Além do surgimento de novas variantes do CAPM, também foram desenvolvidos modelos multifatoriais que relacionam o retorno do ativo a diferentes fatores de risco, e não só a um (beta de mercado). Ross (1976) desenvolveu a *Arbitrage Pricing Theory* (APT), com o intuito de viabilizar uma abordagem subjacente à arbitragem, diferente da média-variância, já utilizada pelo modelo CAPM e suas variantes. A APT implica que o retorno esperado de um ativo é uma função linear de vários fatores macroeconômicos que possam capturar o risco sistemático. Apesar de sua capacidade explicativa, a teoria sofreu severas críticas, pois não estabelece quais são os fatores a serem introduzidos nos modelos em uma aplicação prática.

Mais adiante, Fama e French (1993) propuseram o modelo de três fatores, em que os retornos dos ativos são explicados por três fatores: o prêmio de mercado, e as anomalias documentadas nos estudos de Banz (1981) e de Lakonishok e Shapiro (1986), a saber, tamanho e valor,

respectivamente. Com a identificação de outra anomalia por Jegadeesh e Titman (1993), o efeito momento, Carhart (1997) propôs que ela fosse acrescentada ao modelo de três fatores de Fama e French.

Recentemente, Fama e French (2015) introduziram em seu modelo fatorial as anomalias lucratividade e investimento, observadas nas evidências empíricas de Titman, Wei e Xie (2004), Aharoni, Grundy e Zeng (2013) e Novy-Marx (2013), propondo, dessa forma, o modelo de cinco fatores. Esse novo modelo, ao incluir as anomalias investimento e lucratividade no modelo de três fatores de Fama e French (1993), possibilitou novas perspectivas à discussão da precificação de ativos, motivando novos estudos com aplicações empíricas em diferentes mercados. Os resultados dos testes para o mercado norte-americano apontaram que o modelo de cinco fatores possui poder de explicação dos retornos superior aos modelos de três e quatro fatores. O Brasil dispõe de menos estudos empíricos sobre o modelo de Fama e French (2015), podendo citar os trabalhos de Leite et al. (2018), Siqueira, Amaral e Correia (2017) e Vieira et al. (2017). Alguns desses testes apontam que, assim como no mercado norte-americano, esse modelo tem um desempenho superior na explicação da variação dos retornos, quando comparado a outros modelos de precificação de ativos.

Nesse contexto, surgiu o interesse de se analisar nesta dissertação três modelos estruturalmente similares, que se desvelaram como alternativas para explicar a precificação das anomalias mais discutidas em trabalhos empíricos da área de finanças – tamanho, valor, momento, lucratividade e investimento –, que são: i) Modelo de três fatores de Fama e French (1993); ii) Modelo de quatro fatores de Carhart (1997); iii) Modelo de cinco fatores de Fama e French (2015). Desse modo, esta pesquisa buscou responder o seguinte problema de pesquisa: Qual modelo fatorial fundamentalista, dentre os de três e de cinco fatores de Fama e French (1993, 2015) e o de quatro fatores de Carhart (1997), tem melhor desempenho na explicação das variações dos retornos de portfólios de ações negociadas no mercado de capitais brasileiro?

1.1 Justificativa

A literatura financeira, especialmente nos últimos anos, tem dado bastante atenção aos estudos de precificação de ativos, sendo largamente utilizados devido a sua importância para a avaliação de investimentos no enfoque de risco e retorno. Verifica-se que diversos estudos empíricos se propuseram a testar a validade prática dos modelos de fatores no mercado de

capitais brasileiro e em outras economias emergentes, questionando se as premissas sobre as quais esses modelos se baseiam têm aplicabilidade nesses mercados. No entanto, os estudos acerca dos poderes preditivos dos modelos no mercado brasileiro possuem divergências. Segundo os resultados de Mussa, Fama e Santos (2012) e Rizzi (2012), por exemplo, nenhum dos modelos de fatores testados foi suficiente para explicar as variações dos retornos para o período estudado. Já Matos e Rocha (2009) e Leite et al. (2018), encontram resultados positivos para o desempenho dos modelos. Para Fellet (2016), isso significa que ainda há espaço para discussão teórica e empírica para explicar o processo gerador de retorno das ações.

Embora os modelos fatoriais de Fama e French (1993) e Carhart (1997) tenham sido amplamente testados, o modelo multifatorial mais recente de Fama e French (2015), foi o menos explorado até agora em trabalhos empíricos. Constata-se ainda que, na literatura brasileira, são escassos trabalhos em que é realizada a comparação entre o desempenho dos modelos de três, quatro e cinco fatores em explicar as variações dos retornos das ações para portfólios construídos com base em anomalias. Tais anomalias são as mais recorrentes e documentadas nas pesquisas em finanças, e seu estudo se faz importante, pois busca verificar se existem prêmios de risco associados a esses fatores no mercado de capitais.

O trabalho de Leite et al. (2018) é o que mais se assemelha aos objetivos propostos pela presente pesquisa. Os autores testaram o CAPM e os modelos de três, quatro e cinco fatores em mercados emergentes. Como diferencial, o presente estudo destaca-se pela utilização da metodologia preditiva de dois passos - regressões em séries temporais e *cross-section*, amplamente difundida no meio acadêmico internacional. Tal metodologia, entretanto, não é comumente aplicada em pesquisas no Brasil. Segundo Mussa, Rogers e Securato (2009), os estudos empíricos conduzidos com dados do mercado brasileiro concentram-se apenas na primeira etapa dessas metodologias, ou seja, utilizam de séries temporais para análise dos modelos. Dessa forma, pretende-se proporcionar uma contribuição empírica aos estudos sobre o tema no Brasil, e agregar novas evidências a respeito dos modelos fatoriais de precificação de ativos.

Diante desse panorama, a realização desta pesquisa mostra-se pertinente no campo da tomada da decisão financeira de investimentos, uma vez que busca agregar novas evidências a respeito da precificação de anomalias, bem como avançar na compreensão sobre modelos que explicam o processo gerador de retornos de ações no mercado de capitais brasileiro, como

alternativas ao CAPM. Além disso, visa ampliar a discussão na literatura acadêmica e até mesmo em sua aplicação prática no mercado financeiro no Brasil, fornecendo subsídios a empresas, gestores e/ou analistas para tomada de decisão na área de investimentos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa consistiu em comparar o desempenho do modelo de três fatores de Fama e French (1993), de quatro fatores de Carhart (1997) e de cinco fatores de Fama e French (2015) na explicação das variações dos retornos de portfólios de ações negociadas no mercado de capitais brasileiro, os quais foram construídos a partir de anomalias de mercado detectadas em estudos empíricos anteriores.

1.2.2 Objetivos específicos

Em termos específicos, esta pesquisa teve os seguintes objetivos:

- a. investigar a existência de anomalias no mercado brasileiro;
- b. testar e analisar o desempenho do modelo de três fatores de Fama e French (1993) na explicação das variações dos retornos de portfólios construídos por anomalias, para o período de 2000 a 2017;
- c. testar e analisar o desempenho do modelo de quatro fatores de Carhart (1997) na explicação das variações dos retornos de portfólios construídos por anomalias, para o período de 2000 a 2017;
- d. testar e analisar o desempenho do modelo de cinco fatores de Fama e French (2015) na explicação das variações dos retornos de portfólios construídos por anomalias, para o período de 2000 a 2017;
- e. realizar uma comparação dos três modelos fatorais analisados com o intuito de verificar qual possui melhor desempenho em explicar as variações dos retornos dos portfólios construídos por anomalias, no período de 2000 a 2017.

Esta dissertação está estruturada em cinco seções, além desta introdução. A seção 2 é destinada a apresentar e discutir o referencial teórico, que aborda a relação risco e retorno na precificação de ativos, a discussão dos modelos empíricos e aborda os principais estudos de precificação de portfólios construídos com base em anomalias no mercado brasileiro. A seção

3 descreve os procedimentos metodológicos adotados no estudo. A seção 4 é dedicada a apresentação das análises e os resultados encontrados. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais da pesquisa. Esta dissertação também conta com uma seção de anexo, em que está inserida a Tabela que não foi acrescentada no decorrer do texto, mas que é necessária às discussões realizadas neste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura tem como objetivo apresentar a fundamentação teórica necessária ao desenvolvimento da pesquisa. Dessa forma, inicia-se com a Moderna Teoria de Portfólios (MTP) de Markowitz (1952); em seguida é abordada a discussão sobre o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) desenvolvido a partir dos estudos de Tobin (1958), Sharpe (1964), Lintner (1965), Mossin (1966), Black (1972), suas críticas e suas derivações. Posteriormente, realiza-se uma síntese sobre as principais anomalias de mercado, dando ênfase às de valor. Por fim, são explorados os principais modelos fatoriais de precificação de ativos propostos nos últimos anos, que são os desenvolvidos por Fama e French (1993, 2015) e Carhar (1997), focos desta pesquisa.

2.1 Análise da performance de portfólios por média e variância

O campo de finanças tem como um dos pilares o trabalho clássico de Markowitz (1952), a moderna teoria de portfólios – MTP, em que o autor apresenta o risco como fator imprescindível na tomada de decisões de investimento, além de demonstrar formalmente a importância da diversificação de ativos. O modelo apresentado na teoria, conhecido como média-variância, tem como proposta central determinar um conjunto de carteiras ótimas considerando as dimensões risco e retorno esperado.

Para desenvolver a MTP, Markowitz (1952, 1959) considerou um rol de premissas fundamentais, que, segundo Beyhaghi e Hawley (2011), sintetizam-se em:

- a. os investidores são racionais;
- b. os investidores são avessos ao risco, ou seja, sempre preferem o portfólio de menor risco, para determinado nível de retorno;
- c. os investidores sempre preferem o portfólio de maior retorno, para um determinado nível de risco;
- d. os investidores são tomadores de preço e não podem influenciar o preço de um título no mercado;
- e. os investidores têm expectativas idênticas quanto a distribuição de probabilidades das taxas de retornos dos ativos.

Partindo dessas premissas, Markowitz (1952) aduz que, por meio das médias e variâncias dos ativos, poderiam ser estimadas combinações que maximizassem os retornos esperados, dado

um nível de risco; ou que minimizassem os riscos, dado um nível de retorno. Assim, seria possível obter uma combinação de ativos eficientes na relação entre risco e retorno, que resultaria em uma fronteira eficiente. O investidor, estando informado sobre quais combinações de média-variância poderiam ser alcançadas, deverá escolher um portfólio desejado da fronteira eficiente, com base na sua preferência individual (MARKOWITZ, 1952; 1999).

O retorno esperado do portfólio (R_p), segundo Markowitz (1952), será dado pela média ponderada dos retornos dos ativos individuais que o compõem, sendo a participação relativa de cada um o peso no portfólio, conforme a equação 1:

$$R_p = \sum_{i=1}^n r_i w_i \quad (1)$$

em que:

r_i é o retorno médio do ativo i ;

w_i é a proporção investida no ativo i .

O risco de um portfólio é dado pela média ponderada da variação do retorno de cada ativo por seu peso na carteira, bem como pela covariância entre o retorno dos ativos. Na teoria, subjacente ao risco, está a ideia da diversificação, que é alcançada pelo investimento em ativos que se comportam de forma contrária frente a possíveis fontes de risco, ou seja, títulos com baixa correlação entre si. Ao diversificar seus investimentos o investidor poderia obter o benefício de minimizar ou até mitigar riscos do portfólio e, portanto, para se auferir uma boa medida para o risco total, deve se atentar, sobretudo, às covariâncias dos ativos.

O risco de um portfólio simples, constituído por apenas dois ativos i e j , é mensurado pelo desvio padrão, conforme a equação 2:

$$\sigma_p = [(w_i^2 \sigma_i^2) + (w_j^2 \sigma_j^2) + 2w_i w_j cov_{i,j}]^{1/2} \quad (2)$$

O cálculo do risco de um portfólio p com n ativos é feito conforme a equação 3:

$$\sigma_p = [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j cov_{i,j}]^{1/2} \quad (3)$$

em que:

σ_p é o desvio padrão do portfólio p ;

σ_i^2, σ_j^2 é variância dos retornos dos ativos i e j , respectivamente;

w_i, w_j é a proporção investida nos ativos i e j , respectivamente;

$cov_{i,j} = corr_{i,j}\sigma_i\sigma_j$ é a covariância entre os ativos i e j .

Markowitz (1952) propõe que, caso os retornos dos ativos não sejam perfeitamente correlacionados, haveria redução do risco, resultante da diversificação dos investimentos. Portanto, a seleção de ativos que possuam uma correlação entre si perfeitamente negativa implicaria em uma redução do risco do portfólio.

2.2 O *Capital Asset Pricing Model* (CAPM)

Buscando evidenciar que o investidor procura uma combinação média-variância eficiente de ativos monetários, Tobin (1958) propôs a introdução do investimento em um ativo livre de risco no processo de escolha do investidor. Na proposição de Tobin (1958), mais conhecida como o teorema da separação, assume-se um modelo de seleção de portfólio com n ativos de risco e um ativo de retorno livre de risco – R_f . Para Tobin (1958), seria possível para um investidor dividir seus investimentos, aplicando-os em R_f e/ou em um conjunto otimizado de ativos com risco. A escolha do portfólio pelo investidor dependeria do seu grau de aversão ao risco (BRUNI, 1998). A partir dos trabalhos de Markowitz (1952) e Tobin (1958), Sharpe (1964), Litner (1965) e Mossin (1966) desenvolveram a base teórica do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), que constitui peça central no processo de seleção e construção de carteiras de ativos até hoje (LEITE et al., 2012).

O CAPM é um modelo que relaciona o retorno esperado de um ativo com seu risco sistemático (beta), em um mercado em equilíbrio. Sua pressuposição fundamental é que a taxa de rentabilidade esperada dos ativos com risco está linearmente ligada à taxa livre de risco e a taxa de retorno esperado do portfólio de mercado (TAMBOSI FILHO; COSTA JR.; ROSSETO, 2006). O modelo busca apresentar o prêmio pelo risco de investir em uma carteira que não seja a de mercado.

Para Markowitz (1999), as principais distinções entre os estudos sobre a precificação de ativos de Tobin (1958) e Sharpe (1964), que considera similar, são: (a) as suposições dos seus modelos matemáticos; e (b) os fenômenos econômicos a respeito dos quais os respectivos modelos são sustentados. Markowitz (1999) ainda ressalta como diferenças que Sharpe (1964) postulou que seu modelo poderia ser aplicável para todos os ativos de capital, enquanto o modelo de Tobin (1958) seria voltado apenas para ativos monetários. Segundo Fama e French (2007), o modelo oferece previsões intuitivas sobre a relação entre retorno e risco, o que faz com seja muito usado nos estudos em finanças.

O CAPM pressupõe que os investidores escolhem seus portfólios de acordo com o critério da média-variância de Markowitz (1952) e, portanto, está sujeito a todas as premissas teóricas subjacentes a esse arcabouço. Para a formulação do modelo, Sharpe (1964) acrescenta alguns pressupostos aos já adotados pela MTP, sendo:

- a. os investidores possuem expectativas homogêneas;
- b. a taxa de retorno do ativo livre de risco R_f existe e é igual para todos os investidores;

De acordo com as premissas, todos os investidores terão expectativas idênticas sobre a distribuição esperada dos retornos dos ativos e, portanto, perceberão o mesmo conjunto eficiente. Esse conjunto se caracteriza como a carteira de mercado, formada pela combinação de todos os ativos com risco existente na economia, em proporção de equilíbrio de oferta e de demanda. Sharpe (1964) sustenta que com o mercado em equilíbrio, se o investidor seguir práticas racionais (sobretudo a diversificação), ele é capaz de atingir qualquer ponto desejado ao longo de uma Linha de Mercado de Capitais, ou *Capital Market Line* (CML). A CML então será configurada como a fronteira eficiente para todos os investidores. Portanto, um investidor poderá obter uma taxa de retorno esperada mais alta somente se incorrer em risco adicional.

Assumindo-se a existência de R_f , torna-se possível a um investidor dividir seus investimentos entre ativos com e sem risco, o que implica que ele poderia escolher como alocar esses investimentos baseados no seu grau de aversão ao risco (TOBIN, 1958). Investidores com maior aversão poderiam aplicar majoritariamente em R_f , e direcionar uma pequena aplicação a carteira de mercado - R_m ; ao passo que investidores com baixa aversão poderiam tomar recursos emprestados à taxa R_f e aplicar sua totalidade em R_m (BRUNI, 1998). O portfólio de mercado existe no ponto de tangência entre R_f e a fronteira eficiente.

A CML representa o conjunto de portfólios eficientes formados por ativos com e sem risco, e permite a avaliação do retorno esperado desses portfólios em função de seu risco total (desvio padrão). Todavia, quando se considera uma carteira amplamente diversificada, em que o risco passível de ser eliminado pela diversificação foi suprimido (carteira de mercado), deve-se fazer uso da Linha de Mercado de Títulos, ou *Security Market Line* (SML), que consiste na relação entre retorno e risco sistemático, medido pelo coeficiente beta. Essa medida de risco representa a contribuição do título individual ao risco sistemático do portfólio.

A SML é a representação gráfica do CAPM, que traça a relação linear entre o retorno exigido de um ativo (portfólio) para cada nível de risco sistemático (beta). Dessa forma, o CAPM (SML) pode determinar o retorno esperado de qualquer ativo (portfólio) na economia. Algebricamente, o CAPM é representado pela equação 4:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i (E(R_m) - R_f) + \varepsilon_i \quad (4)$$

em que:

$E(R_i)$ é o retorno esperado para o ativo i ;

R_f é a taxa de juros livre de risco;

$\beta_i = Cov(R_i, R_m) / Var(R_m)$ é o coeficiente beta do ativo i ;

$E(R_m)$ é a taxa de retorno esperada do portfólio de mercado;

$E(R_m) - R_f$ é o prêmio pelo risco de mercado;

ε_i é o termo de erro.

O modelo posteriormente recebeu contribuições de Black (1972), que evidenciou que o CAPM pode ser derivado sem assumir a existência de um ativo livre de risco. Essa versão, denominada zero beta CAPM, supõe que não há tomada de empréstimos à taxa livre de risco, e utiliza o retorno esperado da carteira de variância mínima $E(R_z)$, que não possui correlação com o retorno de mercado, em substituição ao R_f no modelo original.

Segundo Black, Jensen e Scholes (1972), o CAPM pode ser testado usando regressão de série temporal, em que o excesso de retorno do ativo se configura como a variável dependente do

modelo e o prêmio pelo risco é a variável independente. O modelo é econométrico para estimar o beta é definido equação 5:

$$R_i - R_f = \alpha_i + \beta_i (R_m - R_f) + \varepsilon_i \quad (5)$$

em que:

$R_i - R_f$ é o excesso de retorno do ativo i ;

$R_m - R_f$ é o prêmio pelo risco de mercado;

α_i é o intercepto;

ε_i é o termo de erro.

O fator de risco do modelo, mensurado pelo beta, está linearmente ligado ao seu retorno; quanto maior é o beta, maior é o retorno esperado. Além do mais, assumindo que o CAPM é válido empiricamente, o intercepto α deve ser igual à zero para todos os ativos ou portfólios (SPANOU DIS; SANOSSIAN, 2015).

2.2.1 Extensões do CAPM

Apesar de sua interpretação simplificada, diversas críticas foram direcionadas ao CAPM, principalmente pelo fato de os pressupostos subjacentes ao modelo se distanciarem da realidade dos mercados. Uma das críticas mais duras direcionada ao CAPM é a de Roll (1977), que deu início a um debate sobre a testabilidade do modelo, quando concluiu que o portfólio de mercado, necessário para o teste empírico do modelo, não é observável.

Testes iniciais do CAPM, realizados na década de 70, seguiram com intuito de verificar a eficiência do modelo e acabaram por corroborar com a sua validação prática, destacando-se os estudos de Black, Jensen e Scholes (1972) e Fama e MacBeth (1973).

Com base no estudo de Miller e Scholes (1972), em que foi verificado que as estimativas dos betas de ativos individuais eram inconsistentes e acabavam por gerar tendenciosidade quando usados para explicar retornos médios, Black, Jensen e Scholes (1972) conduziram testes do CAPM usando dados de séries temporais com intuito de aumentar a precisão dos betas estimados. Dessa forma, os autores usam de uma variável instrumental, o beta de cada ativo no período anterior, para ordenar os ativos na formação de portfólios. Black, Jensen e Scholes

dividiram sua amostra em 10 portfólios, de igual número de ativos, classificados de acordo com o valor de seus betas. Os autores tomaram como seu modelo básico de série temporal a equação 6:

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_i(R_{Mt} - R_{Ft}) + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

em que:

$R_{it} - R_{ft}$ é o excesso de retorno do ativo i no tempo t;

β_i é o beta de mercado;

$R_{Mt} - R_{Ft}$ é o prêmio pelo risco de mercado no tempo t;

ε_{it} é o termo de erro no tempo t.

Com esse procedimento foram encontrados resultados adequados às previsões do CAPM, ratificando a linearidade existente entre o beta e o excesso de retorno médio dos portfólios.

Fama e MacBeth (1973) desenvolveram uma metodologia diferente das usadas em testes anteriores para estimar os parâmetros do CAPM. Em seu estudo, os betas estimados em uma primeira etapa são empregados para explicar os retornos na etapa posterior. Os autores construíram 20 portfólios de ativos listados na NYSE, para estimar os betas por meio de regressão de série temporal. Em seguida, calcularam uma regressão *cross-sectional* para cada mês subsequente ao período de estimação, para prever os retornos dos portfólios. Esse processo se repetiu, até a obtenção de 390 estimações, dentro do período de 1935 até 1968. O método utilizado por Fama e MacBeth (1973) é definido pela equação 7:

$$R_{it} = \hat{\gamma}_{0t} + \hat{\gamma}_{1t}\beta_i + \hat{\gamma}_{2t}\beta_i^2 + \hat{\gamma}_{2t}S_{ei} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

em que:

R_{it} é o retorno esperado no tempo t;

$\hat{\gamma}_{it}$ é o coeficiente estimado no tempo t;

β_i é o beta de mercado;

β_i^2 é o quadrado do beta de mercado;

S_{ei} é o desvio-padrão dos erros das regressões, calculado para estimar os betas de cada ativo;

ε_{it} é o termo de erro no tempo t .

Em Fama e MacBeth (1973), essa equação é estimada para cada mês ao longo do período estudado, sendo possível verificar como os parâmetros mudam ao longo do tempo (ELTON, 2012). Ao final do estudo, os autores concluem que: o beta de mercado é a única medida de risco necessária para explicar os retornos esperados; a relação entre o risco sistemático e o retorno esperado é linear e positiva.

Análises empíricas posteriores colocaram novamente em questão a validade do CAPM, como em Lakonishok e Shapiro (1986) e Fama e French (1992). Esses estudos apontam que, para o período estudado, o beta não possuía relação linear com o retorno dos ativos, podendo não ser o único fator explicativo do risco dos ativos, contrapondo os resultados encontrados em Black, Jensen e Scholes (1972) e Fama e MacBeth (1973). Para Fama e French (2007), as contradições empíricas encontradas em testes do CAPM indicaram a necessidade de um modelo de precificação de ativos que tenha maior robustez.

Após os testes do CAPM realizados a partir da década de 70, algumas versões do modelo surgiram como alternativas para solucionar as suas deficiências de desempenho no mercado. Merton (1973) desenvolveu o ICAPM, baseando-se no preceito de que as demandas atuais são afetadas pela possibilidade de mudanças nas oportunidades de investimento futuras, que são incertas. O ICAPM preconiza que o retorno esperado dos ativos depende da covariância com o portfólio de mercado e com k variáveis de estado da economia. Para Merton, a natureza intertemporal do modelo permite capturar efeitos que nunca apareceriam em um modelo estático, como o CAPM.

Breeden (1979) também constitui um modelo de tempo contínuo, o *Consumption Capital Asset Pricing Model* - CCAPM. O modelo considera que as oportunidades de investimento variam ao longo do tempo e, portanto, os investidores ajustam seu consumo em respostas à oscilação das variáveis de estado. Para Cornell (1981), Breeden parece oferecer uma simplificação do modelo intertemporal de Merton. O autor ressalta que Merton inclui em sua equação de preços a covariância do retorno de cada ativo com a carteira de mercado e todas as variáveis de estado, enquanto Breeden inclui apenas a covariância do retorno do ativo com o consumo real agregado, tornando-a de mais fácil teste e implementação.

Posteriormente, Jagannathan e Wang (1996) trabalharam com risco e retornos condicionais, ou seja, que variam ao longo do ciclo de negócios, com o intuito de aumentar o poder explicativo do CAPM, dando origem ao C-CAPM. Esses autores ainda inseriram no modelo o retorno sob capital humano, como em Mayers (1972), a fim medir seu efeito na geração de riqueza agregada para o investidor.

A adequabilidade do uso da variância como medida de risco de mercado, adotada pelo CAPM, foi questionada por Estrada (2000; 2001; 2002) no início dos anos 2000, Estrada ressalta que a variância exige distribuição simétrica e normal da variável, condição que não se observa na distribuição de retorno de ações, sobretudo em mercados emergentes e, por isso, propõe a utilização da semi-variância para representar o risco de mercado na precificação de ativos. Estrada (2002) sugere um modelo alternativo ao CAPM, o D-CAPM, em que propõe estimar o retorno requerido utilizando uma medida de *downside-risk*, a fim de corrigir vieses na mensuração da medida de risco (PAIVA, 2005). A proposta desse autor é mostrar que as medidas de *downside-risk* são adequadas para mercados emergentes, visto que estes possuem características como baixa liquidez e grande volatilidade (FORTUNATO, MOTTA; RUSSO, 2010). Verifica-se que Markowitz (1959), inicialmente, já sugere a semi-variância como uma medida adequada para seleção de portfólios, quando os ativos apresentam retornos assimétricos.

Para Silva, Pinto e Melo (2012), as versões alternativas do modelo CAPM apresentam melhor desempenho em economias com desarranjo das variáveis macroeconômicas, ao passo que a versão original de Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966), que utiliza de projeções estáticas, é efetiva quando o mercado se encontra em equilíbrio, conforme definem seus pressupostos.

Além das versões do CAPM, surgem também como alternativas a ele os modelos fatoriais, ou seja, modelos que incluem um ou mais fatores para explicar os retornos dos títulos. O primeiro modelo fatorial, de Ross (1976), foi denominado *Arbitrage Pricing Theory* (APT).

2.3 A Arbitrage Pricing Theory (APT)

A APT, uma alternativa teórica ao CAPM, possui uma abordagem diferente da média-variância utilizada pelo modelo padrão. Desenvolvida por Ross (1976), o estudo mostra que a APT é válida até mesmo em situações de desequilíbrio, contanto que na economia inexistam

oportunidades de arbitragem; além disso, o portfólio de mercado não desempenha nenhum papel essencial. O modelo econométrico é apresentado na equação 8.

$$E(R_i) = R_f + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \dots + \beta_i F_i + \varepsilon_i \quad (8)$$

em que:

$E(R_i)$ é o retorno esperado do ativo i ;

R_f é a taxa de retorno do ativo livre de risco;

β_i é o coeficiente beta de um ativo i em relação ao fator i ;

F_i é o fator i ;

ε_i é o termo de erro.

Nesse modelo, os retornos dos ativos são gerados por k fatores, ao contrário do CAPM, em que os retornos são explicados por um único fator. O número k de fatores dependerá diretamente do tamanho do conjunto de ativos a serem estudados, isto é, existe uma relação de proporcionalidade entre o número de ativos utilizados na pesquisa empírica e o número de fatores a serem estimados.

Apesar de ser mais flexível em relação a seus pressupostos quando comparado ao CAPM, a APT sugere um modelo mais complexo, com inúmeros fatores de risco associados ao retorno dos ativos. Uma das maiores críticas da teoria envolve o fato de não haver uma determinação das variáveis que seriam incorporadas ao modelo proposto por Ross (1976). Dessa forma, os estudos que utilizam o modelo teórico devem determinar quais fatores são relevantes, e que possam afetar os retornos médios dos ativos.

Respeitando a estrutura original de Ross (1976), Chen, Roll e Ross (1986) dão um passo na direção de determinar quais os melhores fatores a serem incluídos no modelo teórico de Ross (1976). Os autores construíram séries de fatores relacionados às variáveis macroeconômicas que representam os riscos sistemáticos do mercado de ações, tais como: inflação, estrutura a termo na taxa de juros, prêmio pelo risco de crédito e produção industrial. Chen, Roll e Ross (1986) apontam que, apesar dos fatores utilizados por eles serem influências explicativas significativas na precificação, não podem alegar que encontraram as variáveis permanentes.

A partir da década de 80, outra vertente da literatura procurou descobrir variáveis relevantes para explicar a variação dos retornos. Considerando os resultados de diversos estudos, constatou-se que o retorno de um ativo de risco depende de outros fatores que não são capturados pelo beta de mercado. Tais fatores, que se portam como evidências contrárias ao CAPM, foram denominados de anomalias de mercado e desde sua descoberta se mostraram relevantes para a precificação de ativos.

2.4 Anomalias nos modelos de precificação de ativos

Na literatura de finanças é possível identificar um grande número de estudos que detectarem ineficiências de mercado ao estudar a relação entre o retorno e risco dos ativos. Essas ineficiências, também chamadas de anomalias, proporcionam oportunidades de ganhos anormais e são evidências empíricas de que existem inconsistências na teoria de precificação de ativos (SCHWERT, 2002). As anomalias normalmente são estudadas sob três categorias: as técnicas, de valor e de calendário. Em face do objetivo desse estudo, procurou-se abordar estudos exclusivamente das anomalias de valor, que relacionam retornos a características das empresas.

2.4.1 Anomalias de valor

Fama e French (2008) apontam alguns dos principais padrões que existem nos retornos médios que são considerados anomalias, não explicados pelo CAPM. Dentre todas elas, as mais frequentemente difundidas são aquelas cujos retornos anormais são produzidos por estratégias baseadas nos efeitos tamanho da empresa, pelo índice *book-to-market*, e pela estratégia de momento.

O efeito tamanho da empresa consiste na evidência empírica de que ações de pequenas empresas apresentam retornos médios significativamente mais altos do que as ações de grandes empresas (ANTUNES, LAMOUNIER e BRESSAN, 2006). Esse efeito, que surge na literatura como uma anomalia não capturada pelo CAPM, foi identificado inicialmente pelos estudos de Banz (1981) para o mercado norte-americano. O autor buscou examinar a relação entre o valor de mercado total de ações ordinárias (utilizando a capitalização de mercado como *proxy* para o tamanho) e o seu retorno, utilizando como amostra todas as ações ordinárias cotadas na NYSE para o período de 1926 a 1975. Os resultados apontaram para uma má especificação do CAPM, que postula uma relação específica entre o risco sistemático (beta) e os retornos dos ativos.

De forma análoga, Lakonishok e Shapiro (1986) também apresentam indícios de que o efeito tamanho está presente no retorno das ações. Os autores analisaram a relação histórica entre os retornos do mercado de ações e a variável beta, variância total e tamanho, para ações negociadas na NYSE, no período de 1962 a 1981. Os resultados empíricos evidenciaram que nem o beta, e nem a variância total poderiam explicar, em níveis padrão de significância estatística, a variação *cross-sectional* dos retornos. O tamanho, no entanto, mostrou-se relevante. Essa constatação se estabeleceu como uma forte evidência contra o CAPM, corroborando com os resultados de Banz (1981).

O efeito valor da empresa representa uma das anomalias mais estudadas no mercado financeiro. Observado por Stattman, (1980) e Rosenberg, Reid e Lanstein, (1985), o valor da empresa é representado pelo índice *book-to-market* (BE/ME) – razão entre o valor contábil e o valor de mercado das ações da empresa. Esse índice, segundo Almeida e Eid Jr. (2010), mede o afastamento entre o valor contábil da empresa e o seu valor de mercado, que ocorre devido aos diferentes métodos de avaliação utilizados. Nos estudos supracitados que analisaram os efeitos do valor da empresa, assim como em Fama e French (1992), foi constatado que portfólios construídos com ações de empresas que possuíam elevados *book-to-market* têm um desempenho melhor em relação a portfólios com *book-to-market* inferiores. Além disso, depreendeu-se que o índice é relacionado positivamente com os retornos médios das ações, constituindo-se como um fator de risco importante não captado pelo beta do CAPM, assim como o tamanho da empresa.

Jegadeesh e Titman (1993) atestam, por meio da estratégia momento, a ineficiência do mercado ao reagir a novas informações. No contexto financeiro, essa estratégia está associada à tendência que as ações têm de manter seu comportamento recente no curto prazo (PICCOLI et al., 2015). Os autores verificaram que portfólios de ações com maior desempenho (maiores retornos) no passado recente (último ano) mantêm performance superior a dos portfólios de baixos desempenhos; com confiabilidade suficiente para oferecer retornos anormais positivos durante os meses subsequentes. Jegadeesh e Titman (2001) replicaram seu estudo, a fim de verificar se as estratégias de momento mantinham o resultado positivo. Os resultados apontaram que a estratégia baseada na compra de ativos vencedores e venda de ativos perdedores continuou proporcionando retornos anormais, assim como em Jegadeesh e Titman (1993).

Após as evidências apresentadas por Fama e French (2012, 2015), as anomalias de investimento e lucratividade vieram à luz, passando a ser exploradas em estudos de precificação de ativos.

A lucratividade, medida pela proporção do lucro bruto de uma empresa em relação a seus ativos, foi constatada inicialmente por Novy-Marx (2013) como tendo aproximadamente o mesmo poder que o índice *book-to-market* na previsão *cross-sectional* dos retornos médios das ações, contradizendo evidências de estudos anteriores (FAMA; FRENCH, 2008).

O autor aponta que, apesar de a lucratividade se tratar de uma dimensão de valor, as empresas com características de lucratividade e valor são bem distintas. Novy-Marx ainda sugere que firmas mais lucrativas geram retornos médios significativamente mais altos do que firmas menos lucrativas, apesar de terem, em média, menores índices *book-to-market* e altas capitalizações de mercado. Para o autor, ambas as estratégias geram retornos anormais significantes, e devido ao fato de que seus retornos são negativamente relacionados, elas funcionam de modo satisfatório em conjunto.

Outra anomalia identificada na evidência empírica dos modelos de precificação de ativos é a da relação entre a taxa de retorno das ações e o investimento das empresas. Titman, Wei e Xie (2004) documentam uma relação negativa entre investimentos de capital e retornos futuros das ações. Eles verificaram que empresas que aumentam seu nível de investimento propendem a obter menores retornos de ações nos cinco anos subsequentes. Os autores apontam também que essa relação tende a ser ainda maior para firmas com menos dívidas e/ou maiores fluxos de caixa. Da mesma forma, Aharoni, Grundy e Zeng (2013) revisitam o estudo de Fama e French (2006), no qual os autores não conseguem identificar a relação negativa prevista entre investimento e retorno esperado. Aharoni, Grundy e Zeng (2013) apontam que isso ocorreu porque os testes de Fama e French (2006) analisaram as relações no nível das ações, quando, na verdade, elas se aplicam a empresa. Ao testarem ao nível da empresa, Aharoni, Grundy e Zeng (2013) identificam uma relação fraca, porém estatisticamente significativa, entre retorno e investimento, validando as previsões realizadas em Fama e French (2006) e corroborando com os estudos de Titman, Wei e Xie (2004).

Em face às evidências documentadas ao longo dos anos sobre anomalias, uma abordagem é comumente usada em estudos de finanças para estudar tais variações nos retornos. Tanto em estudos norte-americanos, quanto em países emergentes, utiliza-se de modelos de precificação

de ativos como método de testar a existência de padrões existentes nos retornos médios. Nesses modelos as anomalias são atribuídas a um prêmio que os investidores exigem pelo risco, relacionados a fatores. Essa abordagem será discutida em seguida e fará parte da formação da hipótese deste trabalho.

2.5 Modelos de fatores fundamentalistas

A descoberta de novas variáveis relevantes para explicar a variação do retorno de portfólios de títulos levou ao desenvolvimento de diversos modelos fatoriais baseados em evidências empíricas. Fama e French formularam modelos de precificação de ativos considerando os fatores de risco que vinham sendo identificados em estudos anteriores, tais como em Banz (1981), Lakonishok e Shapiro (1986), Titman, Wei e Xie (2004) e Novy-Marx (2013). Carhart (1997) acrescentou um novo fator de ao modelo de três fatores de Fama e French (1993), o momento, com base em evidências apresentadas por Jegadeesh e Titman (1993). O intuito dos modelos de fatores, como são conhecidos, é fornecer uma melhora do poder explicativo em comparação ao CAPM, buscando captar as anomalias não assimiladas pelo fator mercado.

2.5.1 Modelo de três fatores de Fama e French

Em estudo precursor ao do modelo de três fatores, Fama e French (1992) analisam os impactos de diferentes variáveis na explicação dos retornos das ações, a saber, beta de mercado, tamanho, alavancagem, *book-to-market* e a relação preço/lucro (*E/P ratio*). Os autores evidenciam que o beta de mercado, usado sozinho ou em combinação com outras variáveis, tem relação fraca com os retornos médios das ações, contrapondo a suposição mais básica do CAPM. Em seu estudo, Fama e French (1992) confirmaram que as combinações das variáveis *book-to-market* e tamanho possuem um alto poder explicativo da variação *cross-sectional* dos retornos médios das ações.

Tendo como base as evidências empíricas anteriores de que outras variáveis além do beta estão associadas à explicação dos retornos médios das ações, corroboradas em Fama e French (1992), Fama e French (1993) propuseram que outros fatores de risco sistemático deveriam ser adicionados aos modelos de precificação a fim de obter uma melhor especificação do processo gerador de retornos dos títulos. O modelo multifatorial, conhecido como modelo de três fatores de Fama e French, inclui fatores de risco sistemático construídos a partir das características tamanho e *book-to-market*, além do prêmio de mercado do CAPM, sendo expresso pela equação 9:

$$R_i - R_f = \alpha_i + \beta_i(R_m - R_f) + s_iSMB + h_iHML + \varepsilon_i \quad (9)$$

em que:

SMB é a diferença entre os retornos dos portfólios de ações de pequenas e grandes empresas;

HML é a diferença entre os retornos dos portfólios de ações de empresas de alto e baixo índice BE/ME.

Usando a mesma base de dados de Fama e French (1992), Fama e French (1993) expandem o estudo empírico incluindo nos testes títulos do governo e títulos corporativos, além de ações. Diferentemente de Fama e French (1992), que utilizaram regressões *cross-sectional*, conforme metodologia de Fama e MacBeth (1973), em Fama e French (1993) é utilizada a abordagem de regressão de séries temporais de Black, Jensen e Scholes (1972). Os autores criaram 25 portfólios ordenados quanto ao tamanho e *book-to-market*, com o intuito de testar os fatores de risco. O fator tamanho (SMB) foi obtido por meio da diferença entre os retornos de portfólios *small* e *big*, em que os portfólios *small* eram formados por ações de pequenas empresas, e os portfólios *big* eram formados por ações de grandes empresas. Já a obtenção do fator *book-to-market* (HML) deu-se a partir da diferença entre os retornos de portfólios *high* e *low*, em que os portfólios *high* eram formados por ações de empresas de alto índice BE/ME, e os portfólios *low* com ações de empresas com baixo índice BE/ME.

2.5.2 Modelo de quatro fatores de Carhart

Jegadeesh e Titman (1993) documentaram resultados de estratégias de momento, em que a compra de ações com altos retornos passados e venda de ações que possuíam baixos retornos passados tendem a produzir retornos anormais positivos durante o ano subsequente. Tal anomalia foi verificada por Fama e French (1996), que realizam um novo teste de seu modelo de três fatores e observam que, apesar de o modelo explicar muitas das anomalias testadas, ele não captura o efeito momento no retorno das ações. Esse efeito foi, então, adicionado ao modelo de três fatores de Fama e French (1993) na análise de Carhart (1997), de forma a avaliar a performance de fundos mútuos, dando origem ao modelo de quatro fatores. Esse modelo incorpora o efeito momento de forma a captar a persistência do bom ou mau desempenho das ações num curto prazo. É estruturado conforme a equação 10:

$$R_i - R_f = \alpha_i + \beta_i(R_m - R_f) + s_iSMB + h_iHML + w_iWML + \varepsilon_i \quad (10)$$

em que:

PR1YR é a diferença entre os retornos de portfólios vencedores (compostos por ações com maior retorno acumulado nos últimos onze meses) e perdedores (compostos por ações com menor retorno acumulado nos últimos onze meses).

Em Fama e French (2008), são revisitadas anomalias que afetam o retorno das ações, abordadas por trabalhos anteriores, sendo: tamanho, valor (BE/ME), lucratividade, crescimento do ativo, *accruals*, emissões líquidas e momento. Os autores buscam analisar o retorno médio de diferentes portfólios por meio de classificações (*sorts*) e regressões *cross-sectional* estimadas separadamente para os grupos *microcaps*, pequenas e grandes, compostos por ações com diferentes níveis de capitalização de mercado, em cada variável de anomalia. Os autores definem os pontos de corte que separam as *microcaps* das pequenas, e as pequenas das grandes, como os percentis 20 e 50, respectivamente; conforme o valor de mercado para ações da NYSE. Segundo as regressões estimadas para dados do período 1963-2005, os principais resultados apontam que a variável tamanho deve grande parte do seu poder às *microcaps*. Quanto à variável momento, tem retornos médios semelhantes para ações grandes e pequenas, mas entre as *microcaps* apresenta metade da capacidade. A variável crescimento do ativo (investimento) apresenta alta relação negativa com os retornos médios entre as *microcaps*, mostra-se mais fraca entre as ações pequenas, e é praticamente inexistente entre as grandes. Os retornos anormais associados às emissões líquidas, *accruals* e momento são fortes e aparecem em todos os grupos formados segundo o tamanho das ações; os retornos também se apresentam significativos nas classificações (*sorts*), pelo menos nos extremos. A variável lucratividade se apresenta menos robusta, assim como a de crescimento do ativo.

Em um teste mais abrangente, que considerou 23 países com mercados desenvolvidos das regiões da América do Norte, Europa, Japão e Ásia-Pacífico, Fama e French (2012) examinam quão bem o seu Modelo de 3 fatores, o Modelo de 4 fatores de Carhart e o CAPM Global capturam as variações dos retornos médios de portfólios formados pelo tamanho e *book-to-market*; ou tamanho e momento. Os autores constatarem que existem prêmios de valor em todas as quatro regiões que foram analisadas, assim como fortes retornos de momento, excetuando-se o Japão. No Japão, é observado que o fator momento não apresenta retorno significativo em nenhum grupo classificado pelo tamanho. Fama e French (2012)

documentam que os modelos globais, de três fatores e quatro fatores não possuem bom desempenho em explicar os retornos médios de portfólios regionais formados pelo tamanho e *book-to-market*; e tamanho e momento. Os autores ainda constataam que pequenas ações, as *microcaps*, produzem resultados desafiadores, e quando excluídas, o modelo global e de quatro fatores passam a ser aceitáveis.

2.5.3 Modelo de cinco fatores de Fama e French

Motivados pelas evidências de que a lucratividade e o investimento também contribuem para a descrição dos retornos médios de ações (TITMAN; WEI; XIE, 2004; AHARONI; GRUNDY; ZENG, 2013; NOVY-MARX, 2013), além de suas próprias evidências anteriores (FAMA; FRENCH, 2008; FAMA; FRENCH, 2012), Fama e French (2015) revisitaram o modelo de três fatores adicionando a ele esses dois novos fatores de risco sistemático. A evidência apontada por Novy-Marx (2013), Titman, Wei e Xie (2004) e outros autores é de que o Modelo de Três Fatores é um modelo incompleto para determinar os retornos esperados dos ativos porque seus fatores não explicam grande parte da variação nos retornos médios relacionados à lucratividade e investimento (FAMA; FRENCH, 2015). Dessa forma, esses novos fatores incluídos no modelo de precificação auxiliam a captar com mais precisão os retornos esperados. O modelo de cinco fatores em sua forma completa é dado de acordo com a equação 11:

$$R_i - R_f = \alpha_i + \beta_i(R_m - R_f) + s_iSMB + h_iHML + r_iRMW + c_iCMA + \varepsilon_i \quad (11)$$

em que:

RMW é a diferença entre os retornos médios de portfólios compostos por ações de empresas que tiveram lucratividade robusta e fraca.

CMA é a diferença entre os retornos médios de portfólios compostos por ações de empresas que realizaram investimentos conservadores e agressivos.

Os testes empíricos de Fama e French (2015) investigam se o modelo de cinco fatores e modelos que incluem subconjuntos de seus fatores explicam os retornos médios de portfólios formados para produzir grandes *spreads* em termos de tamanho, BE/ME, lucratividade e investimento. O fator lucratividade – *RMW* – foi construído pela diferença entre o retorno do portfólio de ações com desempenho operacional robusto e o com desempenho operacional

fraco. O fator investimento – CMA – foi construído pela diferença dos retornos médios dos portfólios de empresas que realizaram investimentos conservadores e empresas que realizaram investimentos agressivos. E os demais fatores foram construídos conforme a metodologia dos estudos anteriores de Fama e French (1993, 1996). A amostra englobou o período de 1963 a dezembro de 2013, compreendendo um total de 606 observações, de todas as ações da NYSE, AMEX e NASDAQ.

Inicialmente, o modelo foi aplicado a 25 portfólios formados com base nas combinações das anomalias: i) tamanho e BE/ME; ii) tamanho e lucratividade; e, iii) tamanho e investimento. Em seguida, foram formados 32 portfólios a partir das combinações de: i) tamanho, BE/ME e lucratividade; ii) tamanho, BE/ME e investimento; iii) tamanho, lucratividade e investimento. Os autores concluem que há um padrão de retorno médio relacionado ao tamanho, BE/ME, lucratividade e investimento, pois, apesar de o teste GRS rejeitar o modelo, ele apresenta um poder explicativo dos retornos entre 71% e 94%. Além disso, Fama e French (2015) apontam que o poder explicativo do fator HML no modelo é altamente capturado principalmente pelos novos fatores RMW e CMA. Com isso, para solucionar a redundância, foi necessário utilizar esse fator na forma ortogonalizada – HMLO –, obtido por meio da regressão entre o HML e os demais fatores. Fama e French (2015) ressaltam que o principal problema do modelo é a incapacidade de capturar totalmente os baixos retornos médios de ações pequenas (*microcaps*).

Assim como procederam para testar o modelo de três fatores, Fama e French (2017) testam o novo modelo de 2015 em mercados internacionais, em quatro diferentes regiões, a saber: América do Norte, Europa, Japão e Ásia-Pacífico. Como em Fama e French (2012), eles agregaram 23 mercados desenvolvidos nessas quatro regiões, além de examinar portfólios globais (junção das quatro regiões). Os autores observam que os retornos médios das ações para as regiões da América do Norte, Ásia-Pacífico e Europa aumentam com os índices BE/ME e lucratividade, e estão negativamente relacionados ao investimento. Já para o Japão, os retornos médios possuem fraca relação com a lucratividade ou investimento, ao passo que possuem forte relação com o índice BE/ME. Os resultados revelaram que o principal problema do modelo são as ações pequenas (*microcaps*), cujos retornos se comportam como os de empresas que investem agressivamente, ainda que possuam baixa lucratividade – semelhantemente às evidências já documentadas em Fama e French (2015; 2016).

2.6 Evidências empíricas de anomalias nos modelos de precificação no Brasil

A maioria dos estudos sobre precificação de ativos no mercado brasileiro emprega modelos fatoriais fundamentalistas, conforme metodologia proposta por Fama e French (1993, 1996, 2015) e Carhart (1997). Ademais, com o objetivo de verificar se existem prêmios relativos aos fatores de risco desses modelos, os resultados geralmente são confrontados com os do CAPM de Sharpe-Lintner-Mossin.

Dentre os estudos nessa perspectiva, Rodrigues (2000) analisa o impacto dos fatores tamanho e *book-to-market* na determinação das variações dos retornos de ações listadas na Bolsa de Valores de São Paulo, no período de 1991 a 1999. Para tanto, os autores utilizaram do modelo de três fatores de Fama e French (1993), de modo a testar a superioridade de seu desempenho em relação ao do modelo CAPM. Os resultados encontrados evidenciam a má especificação do CAPM e apontam significância dos fatores adicionais do modelo. Segundo o autor, há um ganho em poder explanatório ao utilizar o tamanho e o *book-to-market* na explicação das variações dos retornos de ações negociadas no mercado brasileiro.

Da forma análoga, Málaga e Securato (2004) avaliaram se as variações dos retornos das ações podem ser explicadas pelos três fatores de Fama e French (1993): mercado, tamanho e *book-to-market*. Os autores apontam que o modelo de três fatores tem desempenho melhor do que o CAPM no período analisado (1995 a 2003); e que o tamanho e o *book-to-market* parecem estar relacionados a fatores sistemáticos não capturados pelo beta, corroborando os resultados de Fama e French (1993) para o mercado norte-americano.

Após a proposição do modelo de quatro fatores por Carhart (1997), diversos estudos foram conduzidos para testar o seu desempenho para precificação de ativos no mercado de capitais brasileiro. Matos e Rocha (2009), por exemplo, aplicaram o CAPM e os modelos de três e de quatro fatores para verificar a eficiência deles para se realizar o apreçamento de ativos e a previsão de retornos no nosso mercado acionário. No total, os resultados mostraram que o CAPM foi incapaz de capturar as fontes comuns de risco para a amostra de 18 fundos de investimento analisada no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2006. Ademais, Matos e Rocha (2009) evidenciaram um maior poder preditivo do modelo de quatro fatores quando comparado aos dos outros dois modelos que eles utilizaram na pesquisa.

Os resultados dos modelos de quatro e três fatores também foram confrontados com os do CAPM nas análises de Mussa, Fama e Santos (2012), Rizzi (2012) e de Mussa, Rogers e Securato

(2009). Mussa, Fama e Santos (2012) empregaram a metodologia de Fama e French (1993) para a construção dos portfólios, dos fatores de risco e estimativa das regressões para uma amostra de ações negociados na B3 no período de 1995 a 2006 e concluíram que: i) o modelo de três fatores apresentou resultados superiores aos do CAPM; ii) o modelo de quatro fatores foi superior ao de três na explicação das variações dos retornos médios dos portfólios. Os fatores tamanho, *book-to-market* e momento demonstraram significância na explicação dos retornos, corroborando os estudos norte-americanos dos modelos. Rizzi (2012), por sua vez, aplicou a metodologia de Fama e Macbeth (1973). Diferente do encontrado por Mussa, Fama e Santos (2012), os seus resultados indicaram que o modelo de três fatores tem desempenho superior à do modelo de quatro fatores e a do CAPM na precificação de ativos. Entretanto, nenhum dos modelos testados por Rizzi (2012) foi suficiente para explicar as variações dos retornos para o período estudado. Ou seja, os resultados desse estudo não corroboraram os de que os fatores tamanho e momento são estatisticamente significantes documentados em Fama e French (1993) e Carhart (1997). Mussa, Rogers e Securato (2009) também aplicaram a metodologia de Fama e Macbeth (1973) e seus resultados apontaram que o modelo de quatro fatores possui desempenho superior ao de três fatores e ao CAPM. No entanto, os autores concluíram similarmente à Rizzi (2012), que nenhum dos modelos foi suficiente na explicação das variações dos retornos das ações do mercado brasileiro.

Similarmente, a aplicabilidade do modelo de cinco fatores de Fama e French (2015) ao mercado de capitais brasileiro vêm sendo testada desde a sua proposição, após os autores incorporarem ao modelo de três fatores as novas variáveis evidenciadas na literatura, investimento e lucratividade. Para uma amostra de ações negociadas na B3 entre 2000 e 2015 Martins e Eid Jr. (2015) utilizaram mostram que os fatores mercado, tamanho e BE/ME parecem capturar a maior parte da variação nos retornos médios dos portfólios de ações; enquanto os novos fatores (lucratividade e investimento) apresentam menor poder explicativo para o conjunto de dados da amostra. Por conseguinte, os autores apontam que o modelo de cinco fatores captura quase toda a variação *cross-sectional* dos retornos médios, sendo possível concluir que tem desempenho melhor do que o do que o modelo de três fatores.

Com um foco diferente, Vieira et al. (2017) realizam um estudo testando a capacidade de precificação setorial dos fatores de risco presentes no modelo de cinco fatores de Fama e French (2015). As carteiras setoriais utilizadas pelos autores foram materiais básicos, consumo cíclico, consumo não cíclico, industrial e utilidade pública. Os resultados apontam

que há uma maior relevância do prêmio de risco atrelado ao fator de investimento, que foi estatisticamente significativo em três dos cinco setores da economia estudados pela pesquisa.

De forma a verificar se existe uma parte dos retornos de portfólios no mercado brasileiro que pode ser explicada pela sua métrica informacional, Siqueira, Amaral e Correia (2017) utilizaram dos modelos de três, quatro e cinco fatores, com adição da métrica VPIN para realizar a análise. Como resultados os autores encontraram que os fatores de mercado, tamanho, lucratividade, investimento e informação foram a combinação de fatores que melhor explica os retornos dos portfólios. Além disso, apontam que o HML se torna um fator redundante para o mercado brasileiro, assim como apontado por Fama e French (2015) em seu estudo seminal no mercado norte-americano.

Leite et al. (2018) testaram o CAPM e os modelos de três, quatro e cinco fatores em mercados emergentes, no período de 2007 a 2017, com o objetivo de verificar se tais modelos têm performance semelhante às dos testes em mercados desenvolvidos. Os países estudados foram Brasil, Chile, México, Argentina, Índia, China, Tailândia, Malásia, Turquia, Polônia, Romênia e Rússia. Tais países foram divididos em blocos, de acordo com sua região, a saber, América Latina, Ásia e Leste da Europa. Os autores constatam que os modelos de quatro e cinco fatores, propostos para explicar os retornos de países desenvolvidos, também têm um desempenho melhor do que o modelo de três fatores na maioria dos testes realizados para os países emergentes. Assim como documentado por Fama e French (2015), Leite et al. (2018) observaram que o fator relativo ao *book-to-market* se torna um pouco redundante na presença dos fatores de lucratividade e investimento.

Em geral, os resultados das evidências empíricas no mercado brasileiro revelam que existem prêmios pelo risco sistemático representado pelos fatores tamanho, *book-to-market*, momento, lucratividade e investimento. Observou-se ainda que os modelos de fatores, quando confrontados com os resultados do CAPM, apresentam resultados superiores para a explicação dos retornos médios dos portfólios.

Após a análise da literatura, verificou-se que ainda há uma lacuna a ser preenchida quando se trata de estudos sobre modelos de precificação de ativos no mercado brasileiro, em especial àqueles que buscam comparar o desempenho dos modelos fatoriais de mais destaque, a saber, modelo de três fatores de Fama e French (1993), modelo de quatro fatores de Carhart (1997) e modelo de cinco fatores de Fama e French (2015). Dessa forma, este estudo busca agregar

novas evidências empíricas, buscando investigar a aplicação de tais modelos no mercado brasileiro. Além disso, tem-se o propósito de contribuir com a literatura financeira, utilizando da metodologia preditiva de dois passos, pouco utilizada em estudos no Brasil. Com base nos estudos citados previamente, estabelece-se como hipótese deste estudo:

Hipótese de pesquisa: O modelo de cinco fatores possui melhor desempenho na explicação da variação dos retornos de portfólios de ações negociadas no mercado acionário brasileiro, construídos com base nas anomalias de tamanho, *book-to-market*, investimento, lucratividade e momento, em comparação com os modelos de três e quatro fatores.

Na seção subsequente serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, desde a coleta de dados e seu tratamento, até os modelos usados para responder a hipótese de pesquisa.

3 METODOLOGIA

O objetivo desta pesquisa foi verificar qual modelo de fatores tem melhor poder na explicação das variações dos retornos de portfólios construídos com base em anomalias no mercado acionário brasileiro. Pretendeu-se fazer uma análise comparativa dos modelos com o intuito de verificar se a inclusão de diferentes fatores melhora o desempenho na explicação dos retornos dos portfólios. Para isso, esta seção dedica-se a descrever os procedimentos metodológicos adotados, que, em síntese, consistiram na: i) caracterização da pesquisa; ii) definição da população e amostra, e da estratégia para coleta de dados; iii) operacionalização das variáveis; v) definição dos modelos econométricos utilizados; iv) descrição e dos métodos para tratamento e análise dos dados.

3.1 Caracterização da pesquisa

Esse trabalho se caracteriza como descritivo, tendo em vista que propõe a análise de um fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2010). Quanto às técnicas de pesquisa, são utilizados de métodos quantitativos. Tal abordagem é a mais indicada para o desenvolvimento do trabalho, uma vez que emprega o uso de instrumentos econométricos para análise dos dados, que permitem testar as hipóteses de pesquisa colocadas sobre os fenômenos. Comumente, a abordagem quantitativa também é utilizada em estudos que buscam, além de investigar as relações entre variáveis, analisar a relação de causalidade entre elas (SILVA e MENEZES, 2001).

Quanto aos procedimentos, adotou-se a pesquisa *ex-post-facto*, que se trata de uma investigação empírica que se dedica à produção e análise de dados históricos, na qual o pesquisador não tem controle sobre as variáveis independentes. Esse tipo de estudo é relevante, pois possibilita maior concretude às argumentações.

3.2 População e amostra

Visando a seleção da amostra, a população objeto desta pesquisa abrangeu todas as ações listadas no Brasil, Bolsa, Balcão (B3) entre junho de 2000 a junho de 2017. Em nível individual, foram usados dados do ano de junho de 1999 a julho de 2018, devido à construção dos fatores utilizados nos modelos de Fama e French (1993, 2015) e Carhart (1997). Tal período foi escolhido por razões metodológicas e por questões relacionadas à coleta e manuseio dos dados.

Ainda que a intenção do trabalho fosse incluir o maior número de ações possível, alguns critérios tiveram que ser atendidos, baseando-se na literatura financeira, a fim de manter a sua comparabilidade. Tais critérios, utilizados para a seleção da amostra, foram:

- a) Capitalização de mercado positiva (Valor de Mercado) em 30 de junho, com tolerância dos 30 dias prévios, necessário para a construção do fator tamanho;
- b) Capitalização de mercado e valor do Patrimônio Líquido positivos na data de 31 de dezembro do ano anterior, sendo adotada tolerância de 30 dias anteriores para o Valor de Mercado. Tais variáveis foram necessárias para o cálculo do *book-to-market*;
- c) Valor do Ativo Total disponível em 31 de dezembro dos dois anos prévios à formação dos portfólios, necessário para o cálculo do investimento;
- d) Valor do Lucro Operacional disponível em 31 de dezembro do ano anterior a formação do portfólio, necessário para o cálculo da lucratividade;
- e) Cotações mensais consecutivas para o período de 12 meses anteriores e posteriores à data de formação dos portfólios. O período anterior à formação dos portfólios foi necessário para a construção do momento e o período posterior para o cálculo do retorno das ações.

Seguindo a metodologia proposta por Fama e French (1992) e Capaul, Rowley e Sharpe (1993), também foram excluídas da amostra as ações de empresas financeiras devido ao seu alto grau de endividamento. Esse endividamento é comum para tais empresas, mas provavelmente representam sinais de dificuldades para as empresas não financeiras. Devido ao número pequeno de ações listadas na B3, as informações aqui utilizadas foram tratadas ao nível de ativo, ou seja, as empresas que possuíam na amostra ações preferenciais e ordinárias foram tratadas como dois ativos diferentes. Isso implica que duas ações da mesma empresa podem ter sido usadas para compor diferentes fatores de risco.

De acordo com essas restrições impostas, foram coletados os dados para 388 ações em todo o período amostral da pesquisa. Foram analisados para cada ano, em média, 181 ações, apresentando um mínimo de 109 ações analisadas no ano 2000, e um máximo de 233 ações em 2012. Cada portfólio construído apresentou um mínimo de três ações, seguindo os procedimentos dos trabalhos de Málaga e Securato (2004) e Mussa, Rogers e Securato (2009).

A Tabela 1 apresenta a composição da amostra final considerada ano a ano para o período da amostra. Comparando com estudos internacionais, a quantidade de ações utilizadas é pequena;

porém, quando comparado a estudos brasileiros, percebe-se que é uma amostra satisfatória, tendo em vista a quantidade de ativos listados na bolsa para o nosso mercado acionário.

Tabela 1 – Composição da amostra ano a ano

Ano	Amostra
2000	109
2001	119
2002	123
2003	128
2004	141
2005	144
2006	161
2007	178
2008	211
2009	229
2010	231
2011	223
2012	233
2013	224
2014	215
2015	201
2016	192
2017	197

Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados secundários utilizados na pesquisa foram coletados na Plataforma *Bloomberg*, disponível no Grupo de pesquisa em Finanças Corporativas e de Mercado – GFIN – do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG. Para o tratamento dos dados, foram desenvolvidas rotinas no *software* estatístico *Python*.

3.3 Cálculo dos retornos dos portfólios

Antes de se realizar a descrição das variáveis dependentes e independentes que compõem as especificações dos modelos econométricos, apresenta-se nesta seção a forma de cálculo dos retornos utilizada no presente estudo.

Para a construção da série de retorno das ações, optou-se pelo cálculo em sua forma logarítmica, seguindo o procedimento de Machado (2009). Segundo o autor, ao se adotar a forma logarítmica, assume-se que os retornos seguem um regime de capitalização contínua, com uma distribuição de frequência simétrica em relação à zero. Dessa forma, os resultados tendem a se aproximar de uma curva de distribuição normal. Ressalta-se ainda que os preços de fechamento das ações foram ajustados aos proventos.

$$R_{i,t} = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \times 100 \quad (12)$$

em que:

$R_{i,t}$ é a taxa de retorno da ação i no tempo t;

P_t é o preço do fechamento da ação i no tempo t;

P_{t-1} é o preço do fechamento da ação no tempo t-1.

O cálculo do retorno apresentado pela equação 12 se aplica para ativos individuais; para o cálculo do retorno dos portfólios utilizados neste trabalho, utilizou-se da fórmula descrita pela equação 13.

$$R_{p,t} = \sum_{i=1}^n \frac{VM_{i,t}}{VM_{p,t}} (R_{i,t}) \quad (13)$$

em que:

$R_{p,t}$ é o retorno do portfólio p no tempo t;

$VM_{i,t}$ é o valor de mercado da ação i no tempo t;

$VM_{p,t}$ é o valor de mercado do portfólio p no tempo t;

$R_{i,t}$ é a taxa de retorno do ativo no tempo t.

3.4 Variáveis e modelos econométricos estimados

Este estudo reproduz os passos e técnicas apresentados em Fama e French (1993, 2015) e Carhart (1997) para verificar se os modelos de fatores capturam as anomalias tamanho, valor, momento, lucratividade e investimento no mercado de capitais brasileiro. Para tanto, na sequência, são apresentadas as especificações dos modelos fatoriais utilizados. Ressalta-se que foram estimados os modelos de três, quatro e cinco fatores, em que os retornos dos portfólios (e não os das ações individuais) foram regredidos sobre os fatores de risco desses modelos. A primeira regressão realizada foi a do modelo de três fatores de Fama e French (1993), conforme apresentado na equação 14.

$$R_i - R_f = \alpha_i + \beta_i(R_m - R_f) + s_iSMB + h_iHML + \varepsilon_i \quad (14)$$

Na sequência, foi estimada a regressão referente ao modelo de quatro fatores de Carhart (1997), conforme a equação 15.

$$R_i - R_f = \alpha_i + \beta_i(R_m - R_f) + s_iSMB + h_iHML + w_iWML + \varepsilon_i \quad (15)$$

Por fim, foi estimado o modelo de cinco Fatores de Fama e French (2015), conforme especificado pela equação 16.

$$R_i - R_f = \alpha_i + \beta_i(R_m - R_f) + s_iSMB + h_iHML + r_iRMW + c_iCMA + \varepsilon_i \quad (16)$$

Nas subseções a seguir, estão delineadas, a priori, as variáveis independentes, que são os prêmios associados aos fatores risco de mercado, tamanho, *book-to-market*, momento, lucratividade e investimento. Posteriormente são delineadas as variáveis dependentes dos modelos – excesso de retorno dos portfólios em relação à rentabilidade do ativo livre de risco.

3.4.1 Variáveis independentes

Para a criação dos fatores utilizados nesta pesquisa, fez-se uso dos procedimentos descritos em Fama e French (1993, 2015) e Carhart (1997) dispondo-se, no total, de 388 ações negociadas na B3. Os fatores dos modelos de três e quatro fatores foram construídos utilizando de critérios similares, consistindo na classificação das ações baseadas em tamanho, *book-to-market* e, para o fator momento, o desempenho no ano anterior. Para o modelo de cinco fatores, as ações foram classificadas de acordo com seu tamanho, *book-to-market*, lucratividade e investimento.

Para a formação dos portfólios, em junho de cada ano t , começando em 2000 e terminando em 2017, os ativos foram classificados de forma crescente pelo seu valor de mercado. O cálculo para determinar o valor de mercado das ações foi realizado conforme a equação 17.

$$VM_{i,t} = P_{i,t} \times N_{i,t} \quad (17)$$

em que:

$VM_{i,t}$ é o valor de mercado da ação i no tempo t ;

$P_{i,t}$ é o preço da ação i no tempo t ;

$N_{i,t}$ é o número de ações i em circulação no tempo t .

Uma vez estimado o valor de mercado para cada ativo, eles foram divididos pela sua mediana em dois grupos, resultando nos grupos *big* (B) e *small* (S), sendo o primeiro grupo composto pelos ativos com alto valor de mercado, e o segundo por aqueles com baixo valor de mercado, isto é, com capitalização de mercado abaixo da mediana.

Após a classificação anterior, também no mesmo mês t , os ativos foram reordenados com base em seus valores *book-to-market*, momento, investimento e lucratividade, formando os grupos baixo (*low*), médio (*medium*) e alto (*high*). Os fatores são obtidos de forma em que o tamanho se mantém como a variável principal, e a segunda variável sofre alteração para formar os portfólios com a combinação de duas características das firmas, seguindo um critério 2x3.

Para índice *book-to-market*, as ações foram ordenadas de acordo com o índice e separadas em três grupos de acordo com seus percentis: os 30% menores são as ações com baixo *book-to-market* (*low*), os 40% são as ações com médio *book-to-market* (*medium*), e nos últimos 30% estão aquelas com alto *book-to-market* (*high*). O cálculo do índice foi realizado conforme o sugerido em Fama e French (1993). A fórmula é descrita pela equação 18.

$$B/M_{i,t} = \frac{PL_{i,dez(t-1)}}{VM_{i,dez(t-1)}} \quad (18)$$

em que:

$B/M_{i,t}$ é o índice *book-to-market* da empresa i , no tempo t ;

$PL_{i,dez(t-1)}$ é o valor do patrimônio líquido da empresa i em 31 de dezembro do ano $t-1$, em relação ao ano de formação do portfólio;

$VM_{i,dez(t-1)}$ é o valor de mercado da empresa i em 31 de dezembro do ano $t-1$, em relação ao ano de formação do portfólio.

De acordo Fama e French (1993), a divisão em três grupos para a variável *book-to-market* é apropriada, porque, em seu estudo anterior, eles atestaram que essa variável tem um papel mais importante do que o tamanho na explicação dos retornos médios dos ativos.

Para o indicador momento, realizou-se um procedimento similar ao anterior, reordenando as ações de forma crescente, segundo seu retorno acumulado nos últimos 11 meses. Houve a separação das ações em três grupos, em que os 30% menores consistem das ações com menor

retorno; os 40% são as ações com retornos medianos, e finalmente, os últimos 30% são aquelas ações que apresentaram os maiores retornos. Desconsiderou-se o retorno do último mês, seguindo Jegadeesh e Titiman (1993) e Carhart (1997).

Para a alocação das ações em portfólios com base em sua lucratividade, foi necessário, primeiramente, calcular tal variável. Esta foi obtida mediante a razão entre o lucro operacional e o patrimônio líquido da empresa, conforme a equação 19. O lucro operacional foi auferido subtraindo-se da receita bruta o custo das mercadorias vendidas, as despesas gerais e administrativas e os juros.

$$Lucr_{i,t} = \frac{Lop_{i,dez(t-1)}}{PL_{i,dez(t-1)}} \quad (19)$$

em que:

$Lucr_{i,t}$ é a lucratividade da empresa i, no tempo t;

$Lop_{i,dez(t-1)}$ é o valor do lucro operacional da empresa i em 31 de dezembro do ano t-1;

$PL_{i,dez(t-1)}$ é o valor do patrimônio líquido da empresa i em 31 de dezembro do ano t-1.

Após o cálculo da lucratividade, a amostra então foi ordenada e dividida em três grupos, também segundo os percentis 30-40-30. As ações no primeiro grupo são aquelas com lucratividade baixa – fraca (*weak*), as ações que compunham o segundo, com lucratividade mediana (*medium*) e no último grupo, com lucratividade elevada – robusta (*robust*).

Por fim, as ações foram ordenadas segundo o seu investimento, estimado conforme a equação 20, por meio do cálculo do crescimento do ativo total entre os anos t-2 e t-1.

$$Inv_{i,t} = \frac{(AT_{i,dez(t-1)} - AT_{i,dez(t-2)})}{AT_{i,dez(t-2)}} \quad (20)$$

em que:

$Inv_{i,t}$ é o valor do investimento da empresa i, no tempo t;

$AT_{i,dez(t-1)}$ é o valor do ativo total da empresa i em 31 de dezembro do ano t-1;

$AT_{i,dez(t-2)}$ é o valor do ativo total da empresa i em 31 de dezembro do ano t-2, sendo t o ano de formação do portfólio.

Após a obtenção do investimento de cada um dos ativos, estes foram ordenados em função decrescente, e separados em três grupos, seguindo o mesmo procedimento para formação dos portfólios descritos anteriormente. No primeiro grupo constam as ações com investimento considerado baixo – conservador (*conservative*), no segundo, as com investimento mediano, e, por fim, no último, as com investimento alto – agressivo (*aggressive*).

O procedimento de formação dos portfólios foi repetido em junho de cada ano do período amostral da pesquisa para que, assim, as novas informações publicadas e disponíveis estivessem incorporadas na composição dos portfólios. Dessa forma, para cada ano do período amostral, de julho do ano t até junho do ano $t+1$, foram calculados os retornos mensais de cada portfólio, sendo considerada a ponderação pelo valor de mercado de cada ativo, em relação ao valor de mercado total do portfólio.

Ao final dos procedimentos, chegou-se a um total de 36 portfólios, utilizados na construção dos fatores (variáveis independentes) para cada modelo de precificação abordado nesta análise, os quais são descritos a seguir.

3.4.1.1 Modelo de três fatores de Fama e French (1993)

A primeira regressão testada foi a do modelo fatorial proposto por Fama e French (1993), que é uma função de três fatores: i) o prêmio pelo risco de mercado (MKT): diferença entre o retorno esperado da carteira de mercado e o retorno esperado do ativo livre de risco; ii) o prêmio pelo tamanho: diferença entre o retorno esperado de portfólios compostos por ações de pequeno valor de mercado e o retorno de portfólios compostos por ações de grande valor de mercado (SMB); iii) prêmio pelo valor: diferença entre o retorno esperado de portfólios formados por ações de maior índice *book-to-market* e o retorno de portfólios compostos por ações de menor índice *book-to-market* (HML).

Dessa forma, para o modelo de três fatores de Fama e French (1993) são considerados seis portfólios, construídos de forma análoga ao proposto pelos autores em seu estudo seminal. Esses portfólios foram formados a partir das classificações das variáveis tamanho e *book-to-market*, conforme a Tabela 2.

Os prêmios pelos fatores de risco tamanho, *book-to-market* e mercado são operacionalizados em seguida.

Tabela 2 – Portfólios formados para o modelo de três fatores de Fama e French (1993)

Portfólio	Composição
<i>Small e Low</i>	Ações com baixo valor de mercado e baixo <i>book-to-market</i>
<i>Small e Medium</i>	Ações com baixo valor de mercado e médio <i>book-to-market</i>
<i>Small e High</i>	Ações com baixo valor de mercado e alto <i>book-to-market</i>
<i>Big e Low</i>	Ações com alto valor de mercado e baixo <i>book-to-market</i>
<i>Big e Medium</i>	Ações com alto valor de mercado e médio <i>book-to-market</i>
<i>Big e High</i>	Ações com alto valor de mercado e alto <i>book-to-market</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

O prêmio pelo fator de risco tamanho – SMB, foi obtido pela diferença dos retornos dos portfólios *small* (ações com baixo valor de mercado) e *big* (ações com alto valor de mercado). É calculado conforme a equação 21:

$$SMB = \bar{R}_S - \bar{R}_B \quad (21)$$

Em que $\bar{R}_S$ e $\bar{R}_B$ foram obtidos a partir da média aritmética dos retornos dos portfólios que os representam, como mostrado em 22 e 23.

$$\bar{R}_S = \frac{SL_t + SM_t + SH_t}{3} \quad (22)$$

$$\bar{R}_B = \frac{BL_t + BM_t + BH_t}{3} \quad (23)$$

O cálculo do prêmio pelo HML foi obtido a partir da diferença entre os retornos dos portfólios *high* e *low book-to-market*, conforme apresentado pela equação 24.

$$HML_t = \bar{R}_H - \bar{R}_L \quad (24)$$

De forma que $\bar{R}_H$ e $\bar{R}_L$ são obtidos pela média aritmética dos retornos dos portfólios que contem ações com alto índice *book-to-market* e baixo índice *book-to-market*, respectivamente, conforme 25 e 26.

$$\bar{R}_H = \frac{SH_t + BH_t}{2} \quad (25)$$

$$\bar{R}_L = \frac{SL_t + BL_t}{2} \quad (26)$$

O modelo de três fatores também incorpora o prêmio pelo risco de mercado – MKT –, que foi calculado como a diferença entre a *proxy* para a carteira de mercado e a *proxy* para o retorno do ativo livre de risco (CDI). Para calcular o retorno da carteira de mercado, consideraram-se

os retornos mensais, ponderados pelo valor de mercado mensal, de todas as ações da amostra analisada em cada ano do período amostral. Para obter o retorno do ativo livre de risco, adotou-se a rentabilidade mensal do Certificado de Depósito Interbancário – CDI –, conforme a equação 27.

$$MKT = R_{carteira\ de\ mercado,t} - R_{CDI,t} \quad (27)$$

Ressalta-se que o prêmio pelo risco de mercado é utilizado da mesma forma nos modelos de quatro e cinco fatores, apresentados a seguir.

3.4.1.2 Modelo de quatro fatores de Carhart (1997)

Para testar o modelo de quatro fatores, empregaram-se os mesmos procedimentos adotados por Carhart (1997), em que é adicionado o fator momento ao modelo de três fatores de Fama e French (1993). O momento foi calculado como o retorno acumulado nos últimos onze meses anteriores ao período t , excluindo-se o último mês.

Para obter o fator momento, o retorno médio do portfólio composto por ações vencedoras (*winners*) foi subtraído do retorno médio do portfólio composto por ações perdedoras (*losers*). As ações vencedoras são aquelas que possuíam maior retorno acumulado nos últimos onze meses, e as perdedoras, o menor. Dessa forma, foram formados seis portfólios, conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 3 - Portfólios formados para o modelo de quatro fatores de Carhart (1997)

Portfólio	Composição
<i>Small e Loser</i>	Ações com baixo valor de mercado e menor retorno passado
<i>Small e Medium</i>	Ações com baixo valor de mercado e médio retorno passado
<i>Small e Winner</i>	Ações com baixo valor de mercado e maior retorno passado
<i>Big e Loser</i>	Ações com alto valor de mercado e menor retorno passado
<i>Big e Medium</i>	Ações com alto valor de mercado e médio retorno passado
<i>Big e Winner</i>	Ações com alto valor de mercado e maior retorno passado

Fonte: Elaborado pela autora.

O processo para o cálculo dos fatores no modelo de Carhart (1997) é similar ao que foi apresentado na seção anterior para o modelo de Fama e French (1993). A diferença é a adição do fator momento – WML –, calculado conforme a equação 28.

$$WML_t = \bar{R}_W - \bar{R}_L \quad (28)$$

De forma que $\bar{R}_W$ e $\bar{R}_L$ são calculados conforme as equações 27 e 28, respectivamente.

$$\bar{R}_W = \frac{SW_t + BW_t}{2} \quad (29)$$

$$\bar{R}_L = \frac{SL + BL_t}{2} \quad (30)$$

3.4.1.3 Modelo de cinco fatores de Fama e French (2015)

Em conformidade com os procedimentos propostos por Fama e French (2015), os portfólios necessários ao cálculo dos cinco fatores do modelo foram construídos de forma equivalente à utilizada nos modelos descritos anteriormente. Ou seja, foram formados a partir do tamanho, sendo essa variável uma constante, e alternando as demais variáveis, a saber, *book-to-market*, lucratividade e investimento. Na Tabela 4 apresentam-se os portfólios formados.

Tabela 4 - Portfólios formados para o modelo de cinco fatores de Fama e French (2015)

Portfólio	Composição
<i>Small e Low</i>	Ações com baixo valor de mercado e baixo <i>book-to-market</i>
<i>Small e Neutral</i>	Ações com baixo valor de mercado e médio <i>book-to-market</i>
<i>Small e High</i>	Ações com baixo valor de mercado e alto <i>book-to-market</i>
<i>Small e Weak</i>	Ações com baixo valor de mercado e baixa lucratividade
<i>Small e Neutral</i>	Ações com baixo valor de mercado e média lucratividade
<i>Small e Robust</i>	Ações com baixo valor de mercado e alta lucratividade
<i>Small e Conservative</i>	Ações com baixo valor de mercado e baixo investimento
<i>Small e Neutral</i>	Ações com baixo valor de mercado e médio investimento
<i>Small e Aggressive</i>	Ações com baixo valor de mercado e alto investimento
<i>Big e Low</i>	Ações com alto valor de mercado e baixo <i>book-to-market</i>
<i>Big e Neutral</i>	Ações com alto valor de mercado e médio <i>book-to-market</i>
<i>Big e High</i>	Ações com alto valor de mercado e alto <i>book-to-market</i>
<i>Big e Weak</i>	Ações com alto valor de mercado e baixa lucratividade
<i>Big e Neutral</i>	Ações com alto valor de mercado e média lucratividade
<i>Big e Robust</i>	Ações com alto valor de mercado e alta lucratividade
<i>Big e Conservative</i>	Ações com alto valor de mercado e baixo investimento
<i>Big e Neutral</i>	Ações com alto valor de mercado e médio investimento
<i>Big e Aggressive</i>	Ações com alto valor de mercado e alto investimento

Fonte: Elaborado pela autora.

Para obter o SMB do modelo de cinco fatores, são incorporados a lucratividade e o investimento, diferenciando-se do fator usado nos modelos anteriores. Mas o seu cálculo se dá da mesma maneira, isto é, por meio da diferença entre os retornos diários das carteiras com ações *small* e ações *big*, conforme a equação 31.

$$SMB = \bar{R}_S - \bar{R}_B \quad (31)$$

Os retornos médios que compõem esse fator (equação 29) foram obtidos a partir da média aritmética dos retornos dos portfólios *small* e *big*, apresentados na Tabela 5, conforme as equações 32 e 33:

$$\bar{R}_S = \frac{SL_t + SN_{BMt} + SH_t + SW_t + SN_{LUCt} + SR_t + SC_t + SN_{INVt} + SA_t}{9} \quad (32)$$

$$\bar{R}_B = \frac{BL_t + BN_{BMt} + BH_t + BW_t + BN_{LUCt} + BR_t + BC_t + BN_{INVt} + BA_t}{9} \quad (33)$$

O fator HML para o modelo de cinco fatores também é calculado mediante a equação 24, da mesma forma que o modelo de três e quatro fatores. A forma de cálculo do fator lucratividade – RMW – é expressa pela equação 34.

$$RMW_t = \bar{R}_R - \bar{R}_W \quad (34)$$

De forma que $\bar{R}_R$ e $\bar{R}_W$ são calculados conforme as equações 35 e 36, respectivamente.

$$\bar{R}_R = \frac{SR_t + BR_t}{2} \quad (35)$$

$$\bar{R}_W = \frac{SW_t + BW_t}{2} \quad (36)$$

Por fim, o cálculo do fator investimento – CMA – foi realizado conforme a equação 37.

$$CMA_t = \bar{R}_C - \bar{R}_A \quad (37)$$

De forma que $\bar{R}_C$ e $\bar{R}_A$ são calculados conforme as equações 38 e 39, respectivamente.

$$\bar{R}_C = \frac{SC_t + BC_t}{2} \quad (38)$$

$$\bar{R}_A = \frac{SA_t + BA_t}{2} \quad (39)$$

3.4.2 Variáveis dependentes

Os retornos de um conjunto de portfólios formados com base nos fatores tamanho, *book-to-market*, lucratividade e investimento – tendo como constante o fator tamanho –, que são as variáveis dependentes, foram regredidos sobre os fatores que integram os modelos estimados – MKT, SMB, HML, WML, RMW e CMA, que são as variáveis independentes. .

Para cada ano do período amostral, as ações foram divididas em cinco quintis segundo a classificação por capitalização de mercado das ações – seus tamanhos. Em seguida, cada um desses quintis foi reordenado de acordo com uma segunda variável, dividindo-os novamente em quintis. Os portfólios foram formados com a seguinte combinação: i) tamanho e *book-to-market*; ii) tamanho e lucratividade; e iii) tamanho e investimento. Dessa forma, para cada variável considerada na segunda classificação, foram formados 25 portfólios. As variáveis dependentes dos três modelos analisados foram, então, calculadas como os excessos de retorno desses portfólios em relação à taxa de juros livre de risco, sendo os retornos desses portfólios ponderados pelo valor de mercado dos ativos que os compõem.

3.5 Método de estimação dos modelos

Para conduzir a análise proposta neste estudo, que consistiu em comparar o desempenho dos modelos fatoriais de três, quatro e cinco fatores na precificação de ativos do mercado acionário brasileiro, utilizou-se da metodologia de regressão em dois passos, desenvolvida por Fama e Macbeth (1973). Segundo Fama e French (2008), essas regressões usam variáveis construídas com base em anomalias para explicar a variação *cross-sectional* dos retornos médios.

O primeiro passo dessa metodologia envolve a estimação de regressões de séries temporais para obter as sensibilidades dos fatores de risco do modelo em relação aos retornos médios dos portfólios (prêmios de risco dos portfólios). O excesso de retorno mensal dos 75 portfólios construídos com base nas anomalias em relação à taxa livre de risco foi a variável dependente da regressão linear temporal (adotou-se o retorno do CDI como *proxy* para a taxa livre de risco). Os portfólios foram rebalanceados em junho de cada ano t , para incorporação das novas informações.

No segundo passo, as sensibilidades estimadas no primeiro passo são usadas como variáveis independentes nas regressões *cross-section*, de maneira a testar as hipóteses sobre o impacto dos fatores de risco sobre o retorno dos portfólios (ELTON, 2012).

A maioria dos trabalhos empíricos conduzidos no Brasil concentrou-se apenas na primeira etapa dessa metodologia, ou seja, utilizou-se apenas de séries temporais. Para Mussa, Rogers e Securato (2009), testes que utilizam de metodologia de Fama e Macbeth (1973) tendem a representar mais satisfatoriamente o comportamento dos investidores.

3.6 Testes de validação e desempenho dos modelos

A fim de atestar a validade dos modelos econométricos e os seus pressupostos, se faz necessário uma etapa de testes-diagnóstico. Dessa forma, tais testes, apresentados a seguir, foram utilizados no presente estudo para a verificação da qualidade do ajuste dos modelos. Ademais, é delineado também o teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989) – teste GRS –, que tem como finalidade avaliar o desempenho dos modelos – testa a especificação dos modelos. Nos testes de validação dos modelos econométricos e no teste GRS, doravante, será adotado o nível de significância estatística de 5%.

3.6.1 Teste de Gibbons, Ross e Shanken (1989)

O teste GRS, que permite analisar o desempenho de modelos, é utilizado para verificar se os interceptos de modelos de regressão de séries temporais são, em conjunto, estatisticamente iguais à zero. Isto é, o GRS testa se o modelo fatorial explica completamente o retorno médio dos portfólios de ações. Esse teste foi aplicado por Fama e French (1993, 1996, 2015) em seus respectivos estudos. Como este trabalho se propõe a seguir os passos metodológicos dos autores supracitados, esse teste foi aplicado a todos os portfólios formados. O teste GRS testa as seguintes hipóteses:

H_0 : os interceptos não são estatisticamente diferentes de zero;

H_1 : os interceptos são estatisticamente diferentes de zero.

Espera-se que os interceptos não sejam estatisticamente diferentes de zero, ou seja, os resultados do teste GRS não devem rejeitar a hipótese nula nos portfólios testados.

A estatística de teste GRS se apresenta como um teste F , com N e $T - N - K$ graus de liberdade, calculada conforme a equação 40.

$$\left(\frac{T}{N}\right)\left(\frac{T - N - K}{T - K - 1}\right)\left[\frac{\hat{\alpha}'\hat{\Sigma}^{-1}\hat{\alpha}}{1 + \bar{\mu}'\hat{\Omega}^{-1}\bar{\mu}}\right] \sim F(N, T - N - K) \quad (40)$$

em que:

N é número de portfólios analisados (ativos);

T é o número de observações;

K é a quantidade de fatores na regressão;

$\hat{\alpha}$ é um vetor com os interceptos estimados das regressões;

$\hat{\Sigma}^{-1}$ é o inverso da matriz de covariância dos resíduos;

$\bar{\mu}$ é a média dos fatores;

$\hat{\Omega}^{-1}$ é o inverso da matriz de covariância dos fatores.

3.6.2 Teste de multicolinearidade

Multicolinearidade refere-se à existência de uma relação linear exata ou aproximadamente exata entre duas ou mais variáveis independentes de um modelo de regressão. Quando presente nos modelos de precificação de ativos, esse problema não viola as hipóteses de estimação da regressão. Apesar disso, na presença de multicolinearidade, os erros-padrão estimados para os coeficientes tornam-se elevados (menos precisão) e, como consequência, as estatísticas t do teste de hipótese tornam-se menores. Ou seja, a existência de elevada multicolinearidade na modelagem dificulta uma estimação precisa dos coeficientes – os estimadores do método de mínimos quadrados ordinários – MQO – permanecem não-viesados, mas não são eficientes.

Dentre as alternativas para se identificar a presença de multicolinearidade, recorreu-se ao teste do fator de inflação da variável – VIF (*variance inflation factor*) para cada variável independente. O VIF serve para uma averiguação mais robusta do grau da multicolinearidade presente em cada modelo de precificação de ativo utilizado na pesquisa. Caso não seja detectada a multicolinearidade, o VIF será igual a 1,0 (ausência). De acordo Levine, Berenson

e Stephan (2000), VIFs que excedem a 10 normalmente são indicativas da presença de multicolinearidade no modelo. Algumas medidas de ajuste podem ser tomadas ao se detectar esse problema: aumentar o tamanho da amostra; transformar as variáveis; e a exclusão e inclusão de variáveis são algumas dessas soluções.

3.6.3 Teste de autocorrelação

A autocorrelação, bastante comum em regressões de séries temporais, é caracterizada pela dependência temporal dos valores sucessivos dos resíduos. As variáveis que apresentam correlação ao longo do tempo são denominadas autocorrelacionadas. A existência de autocorrelação no modelo pode gerar ineficiência para a variância dos estimadores de MQO, subestimando os erros-padrão dos coeficientes, e tornando inválidas as estatísticas dos testes t e F .

Dessa maneira, é preciso identificar as possíveis causas da autocorrelação e buscar ajustar o modelo de modo que as perturbações se tornem não correlacionadas. Neste trabalho, empregou-se a estatística de Durbin-Watson (DW), um teste para autocorrelação nos resíduos de uma análise de regressão. O valor da estatística de Durbin-Watson é sempre um número entre 0 e 4. A autocorrelação pelos resíduos é sempre indicada por valores diferentes de 2 e, portanto, quando igual a 2, não existe a evidência de autocorrelação.

3.6.4 Teste de homoscedasticidade

A hipótese da homoscedasticidade significa que a variância do erro não observável, condicional nas variáveis explicativas, é constante. Caso sejam detectados distúrbios de regressão cujas variações não são constantes, pode-se dizer que os erros são heteroscedásticos. Havendo heteroscedasticidade, os erros padrão dos coeficientes serão incorretos e os parâmetros do modelo estimado por MQO serão ineficientes. A heteroscedasticidade surge em numerosas aplicações, tanto em dados *cross-sectional* e de séries temporais, como o caso do presente estudo.

A fim de verificar se os resíduos são homoscedásticos, recorreu-se ao teste de Breusch-Pagan (BP). Esse teste é usado para detectar quaisquer formas lineares de heteroscedasticidade, e busca verificar se a variância dos erros de uma regressão é dependente dos valores das variáveis explicativas. A hipótese nula do teste é que a variância do erro é constante.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos são apresentados e discutidos ao longo desta seção. Discorre-se sobre as estatísticas descritivas e as características dos portfólios e dos fatores, com o objetivo de identificar se existe prêmio por cada anomalia estudada. Em seguida são apresentados os resultados das regressões do primeiro passo e do teste GRS; e por fim, são exibidos os resultados das regressões *cross-section* dos modelos e os testes de validação empregados, a fim de averiguar o comportamento dos fatores de cada modelo na explicação dos retornos dos portfólios.

4.1 Estatísticas descritivas dos fatores *right-hand-side*

Esta subseção se ocupa em analisar as estatísticas descritivas dos fatores empregados como variáveis independentes dos modelos, ou fatores *right-hand-side* (RHS). Para a seleção da amostra, os ativos obedeceram a alguns critérios para a construção dos fatores e dos portfólios, com o intuito de manter a comparabilidade com outros estudos de precificação de ativos da literatura financeira.

As estatísticas descritivas para os fatores dos modelos de Fama e French (1993, 2015) e o fator momento de Carhart (1997) são apresentadas na Tabela 5, da seguinte forma: i) No painel (a), referem-se aos fatores MKT, SMB, HML do modelo de Fama e French (1993) e MKT, SMB, HML e WML de fator momento de Carhart (1997). Como o modelo de quatro fatores diferencia-se do modelo de Fama e French (1993) apenas pela adição do fator WML, não foi necessário destacar as suas estatísticas descritivas desse modelo em um painel. ii) No painel (b), referem-se aos fatores MKT, SMB, HML, RMW e CMA do modelo de Fama e French (2015).

De acordo com os dados apresentados, verifica-se que o prêmio mensal médio do fator de mercado foi de 0,25 para o período analisado. Fama e French (1993, 2015), em seus estudos para o mercado norte-americano encontraram um prêmio de 0,43 para o MKT no teste do modelo de três fatores, e de 0,50 para o teste do modelo de cinco fatores. Outros autores encontraram para o mercado brasileiro, prêmios relativamente maiores. Mussa, Famá e Santos (2012) encontraram um prêmio de 1,56, para uma análise realizada no período de 1995 a 2006. Recentemente, Martins e Eid Jr. (2015) encontraram prêmio de 0,86 para o MKT em uma análise realizada no período de 2000 a 2012. Essa discrepância entre os resultados foi possivelmente motivada pela diferença dos períodos analisados. Verifica-se que, no período

amostral do presente estudo, o desempenho das ações apresentou resultado inferior aos demais.

O SMB foi aquele que apresentou a maior média dos retornos, dentre todos os fatores. O prêmio mensal foi de 1,06, para o SMB dos modelos de três e quatro fatores, e de 1,03 para o SMB do modelo de cinco fatores, no período analisado. Esse resultado se difere dos resultados encontrados por Machado (2009) e Siqueira, Amaral e Correia (2017), que encontraram valores médios negativos para o fator. Outros autores como Martins e Eid Jr. (2015) e Vieira et al. (2017) encontraram resultados positivos, corroborando com os resultados do presente estudo.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas dos modelos de três, quatro e cinco fatores

Painel (a): Estatísticas descritivas dos três fatores de Fama e French (1993) e o fator de momento de Carhart (1997)					
	MKT	SMB	HML	WML	
Média	0,25	1,06	0,27	0,61	
Desvio Padrão	6,03	4,09	5,53	5,94	
Assimetria	-0,56	0,30	-0,70	-0,19	
Curtose	1,83	0,28	4,52	1,19	
Estatística t	0,62	3,81	0,72	1,51	
P-valor	0,54	0,00	0,47	0,13	
Painel (b): Estatísticas descritivas dos cinco fatores de Fama e French (2015)					
	MKT	SMB	HML	RMW	CMA
Média	0,25	1,03	0,27	-0,23	0,54
Desvio Padrão	6,03	3,95	5,53	4,65	5,00
Assimetria	-0,56	0,24	-0,70	-0,83	0,37
Curtose	1,83	0,07	4,52	3,76	2,80
Estatística t	0,62	3,84	0,72	-0,73	1,58
P-valor	0,54	0,00	0,47	0,47	0,12

Fonte: Elaborado pela autora.

A segunda maior média dos retornos foi a do WML, apresentando um prêmio de 0,61. Apesar disso, não houve significância estatística para o fator momento no período analisado. Tal resultado é compatível com o encontrado por Mussa, Famá e Santos (2012), que ressaltam que parece haver no Brasil uma relação inversa à observada nos estudos de Jegadeesh e Titman para o momento (1993, 2001).

Em relação às demais estatísticas descritivas, para o fator relacionado ao índice *book-to-market* – HML – foi encontrado um prêmio de 0,27 no mercado, o qual não se mostrou significativo estatisticamente. Já o fator CMA apresentou média de retornos de 0,54, que é maior em comparação ao valor médio de HML, mas também sem significância estatística para o período. Não se verificou um prêmio para o fator RMW, que apresentou uma média de retornos negativa. Dessa forma, é possível depreender que, no mercado brasileiro, empresas com lucratividade robusta parecem não oferecer retornos superiores aos de empresas com lucratividade fraca.

Observando os resultados para a estatística t de comparação de médias, foi possível verificar que o fator SMB foi o único em que o valor médio se mostrou significativo estatisticamente. Dessa forma, os resultados obtidos apontam que há evidências da existência do fator tamanho no mercado brasileiro, para o período amostral. Os resultados encontrados por Mussa, Famá e Santos (2012) corroboram com os resultados desta pesquisa, encontrando significância para apenas um fator de risco, o HML, para o mercado brasileiro. Já os resultados de Martins e Eid Jr. (2015), apontam que para os fatores – MKT, HML, RWM e CMA, nenhum apresentou significância estatística. Dessa forma, é possível verificar que os resultados encontrados nesta pesquisa são habituais nos estudos de precificação de ativos, para o mercado brasileiro. Verifica-se, no entanto, que os resultados encontrados por Machado (2009) e Siqueira, Amaral e Correia (2017) contrapõem os encontrados neste estudo. Machado (2009) encontra significância para todos os fatores estudados, com exceção do SMB. Siqueira, Amaral e Correia (2017) verificam que o fator relacionado ao tamanho apresentou a menor média dos retornos para os modelos de três e quatro fatores. Ressalta-se que tais diferenças se devem ao número de portfólios formados e ao período estudado, que são diferentes em cada um dos trabalhos citados.

Em relação à matriz de correlação dos fatores considerados nesta análise, a Tabela 6 apresenta os resultados encontrados. No painel (a) são apresentadas as correlações estimadas para os três fatores de Fama e French (1993) e quatro fatores de Carhart (1997). Já o painel (b) evidencia os resultados para os cinco fatores de Fama e French (2015), para o período analisado. Verifica-se, com base nos dados apresentados na Tabela 6, uma baixa correlação entre quase todos os fatores. Esse resultado é positivo para os modelos de precificação, na medida em que reduz possíveis problemas de multicolinearidade entre as variáveis explicativas dos modelos (VIEIRA et al., 2017). É possível observar uma correlação positiva moderada

apenas para os fatores investimento e *book-to-market*, de 0,62. As maiores correlações negativas ocorrem entre os fatores investimento e lucratividade, e lucratividade e *book-to-market*, sendo -0,41 e -0,53, respectivamente.

Nos resultados apresentados, observa-se que a maioria dos fatores dos modelos de Fama e French (1993) e Carhart (1997) possuem correlação negativa entre si, ou seja, uma variável tende a aumentar à medida que a outra diminui. Os únicos que não possuem correlação negativa são os fatores relacionados ao índice *book-to-market* e ao mercado, HML e MKT, respectivamente. Estes fatores são correlacionados positivamente, e tendem a mover em uma mesma direção, ou seja, tendem a aumentar ou diminuir em conjunto.

Tabela 6 - Correlação entre os fatores de Fama e French (1993, 2015) e Carhart (1997)

Painel (a): Correlação entre os três fatores de Fama e French (1993) e o fator de momento de Carhart (1997)

	MKT	SMB	HML	WML
MKT	1			
SMB	-0,24	1		
HML	0,06	-0,01	1	
WML	-0,21	-0,15	-0,20	1

Painel (b): Correlação entre os cinco fatores de Fama e French (2015)

	MKT	SMB	HML	RMW	CMA
MKT	1				
SMB	-0,23	1			
HML	0,06	-0,05	1		
RMW	-0,23	-0,10	-0,53	1	
CMA	-0,11	0,03	0,62	-0,41	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A tabela apresenta as correlações entre os fatores dos modelos testados. No painel (a) estão descritas as correlações entre os três fatores de Fama e French (1993) e o fator de momento de Carhart (1997). Como o modelo de quatro fatores de Carhart (1997) utiliza os três fatores de Fama e French (1993), eles são analisados conjuntamente. No painel (b) estão descritas as correlações entre cinco fatores de Fama e French (2015). Dado que os fatores foram construídos conforme a metodologia proposta por Fama e French (2015), os resultados são diferentes dos fatores construídos com base em Fama e French (1993), e dessa forma, foi necessária uma análise em um painel separado.

Para os fatores do modelo de Fama e French (2015), observa-se a existência de correlação positiva entre número maior de fatores, especificamente entre: i) o índice *book-to-market* e o mercado; ii) o investimento e o tamanho; e iii) o investimento e o índice *book-to-market*. Fama e French (2015) encontram resultados semelhantes para os fatores investimento e o

índice *book-to-market*, para o mercado norte-americano. Além de observarem uma correlação positiva, os autores também verificam uma correlação moderada entre eles.

4.2 Estatísticas descritivas dos portfólios *left-hand-side*

Esta seção se ocupa em analisar as características dos portfólios criados para serem testados por meio dos modelos apresentados na seção de metodologia, ou seja, os portfólios usados como variáveis dependentes dos modelos. Tais portfólios são chamados de portfólios *left-hand-side* (LHS). Os portfólios LHS foram construídos com base no fator tamanho, e considerando para o segundo ranqueamento os seguintes fatores: *book-to-market*, lucratividade, e investimento, mantendo o tamanho como fator constante. Ao final, chegou-se a um total de 75 portfólios para serem utilizados como variáveis dependentes nas regressões testadas.

A principal característica para os portfólios empregados como variável dependente nos modelos é o excesso de retorno de cada um deles, que é a medida efetivamente utilizada nas regressões.

A Tabela 7 apresenta os retornos médios e os desvios padrão de cada portfólio utilizado como variável dependente. O painel (a) apresenta os retornos e os desvios padrão dos 25 portfólios formados pelas variáveis de tamanho e *book-to-market*. Em cada coluna do *book-to-market* do painel (a) é possível observar uma tendência das ações; o valor do retorno médio de cada portfólio diminui conforme o tamanho das empresas aumenta, salvo algumas exceções. Esse fato caracteriza o efeito tamanho, que preconiza que ações de empresas pequenas podem oferecer retornos superiores àqueles de empresas grandes. Esse efeito se assemelha ao documentado por Fama e French (2015) para os 25 portfólios formados com base no tamanho e *book-to-market*. Apesar disso, muitos autores verificaram o oposto para o mercado brasileiro, contrariando a evidência do fator tamanho. Mussa, Rogers e Securato (2009) e Siqueira, Amaral e Correia (2017) verificaram que os retornos das ações são maiores para ações de empresas grandes no Brasil.

Em tese, ativos com alto índice *book-to-market* possuem um retorno médio mais alto quando comparado a ativos com baixo índice *book-to-market*. Porém, esse efeito não é observado claramente nos resultados do painel (a), para comparação entre os portfólios *low* e *high*. Para tais portfólios, verifica-se que, conforme apontado por Fama e French (2015), o efeito valor é mais bem observado para ações de empresas pequenas. Percebe-se que na linha *small*, o

retorno médio sai de 0,46 para 1,00 no portfólio com maiores índices *book-to-market*. Em contraste, para ações de empresas grandes, essa diferença não é tão significativa.

Tabela 7 - Retorno médio e desvio padrão dos portfólios *left-hand-side*

Painel (a): Portfólios formados por tamanho - *book-to-market*

	Média					Desvio padrão				
	Low	2	3	4	High	Low	2	3	4	High
Small	0,45	0,53	1,45	1,58	1,00	10,45	8,91	9,28	11,20	8,61
2	0,67	1,21	0,71	0,54	0,96	9,58	8,19	7,70	7,60	8,43
3	0,09	0,67	0,68	1,16	0,86	14,66	7,63	7,99	7,17	8,14
4	0,58	0,32	0,55	0,49	0,69	7,26	7,09	6,77	7,04	7,26
Big	-0,17	-0,09	0,08	0,05	-0,05	7,18	6,52	7,49	6,96	8,93

Painel (b): Portfólios formados por tamanho - investimento

	Média					Desvio padrão				
	Low	2	3	4	High	Low	2	3	4	High
Small	0,46	1,00	0,35	1,58	1,50	10,91	11,49	9,76	8,62	8,56
2	0,74	0,59	1,11	0,55	1,17	9,39	7,60	8,04	6,93	8,95
3	1,05	1,29	0,81	-0,87	0,43	6,76	7,40	10,10	16,09	8,36
4	0,71	0,41	0,45	0,56	0,28	6,67	6,61	7,12	7,60	7,67
Big	-0,13	-0,02	0,06	0,08	-0,33	6,45	8,08	8,47	7,21	8,04

Painel (c): Portfólios formados por tamanho - lucratividade

	Média					Desvio padrão				
	Low	2	3	4	High	Low	2	3	4	High
Small	0,63	0,58	0,56	1,39	1,68	13,00	9,76	7,48	8,81	11,34
2	0,87	0,91	0,20	0,59	1,52	10,24	8,37	7,80	6,62	7,72
3	0,72	0,00	1,07	1,38	-0,02	9,31	6,98	8,65	10,42	13,97
4	0,24	0,24	-0,34	0,93	1,18	8,15	7,36	6,32	6,29	7,25
Big	-0,36	-0,43	-0,31	0,25	0,10	8,51	7,83	7,91	7,31	6,60

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A tabela apresenta os retornos médios e desvio-padrão dos portfólios LHS. Ao final de junho de cada ano t da amostra, as ações foram divididas em cinco quintis baseados em seus tamanhos. Em seguida, cada um desses quintis foi reordenado de acordo com uma segunda variável, dividindo-as novamente em quintis. Os portfólios foram formados com a seguinte combinação: tamanho e *book-to-market*, tamanho e lucratividade, e tamanho e investimento. Nos painéis apresentados estão as características de cada um dos 25 portfólios formados a partir da combinação dos portfólios.

Os retornos médios e os desvios padrão dos portfólios formados pelas variáveis tamanho e investimento são apresentados no painel (b). É evidenciado que não há relação entre tais variáveis. Fama e French (2015) apontam que, à medida que se passa das ações com

investimentos baixos (conservadores) para aquelas com investimentos altos (agressivos), o retorno médio tende a diminuir; porém, tal efeito não foi documentado nesta pesquisa.

Por fim, os retornos dos portfólios formados pelas variáveis tamanho e lucratividade são exibidos no painel (c). Para cada quintil separado segundo o tamanho, é observado que portfólios formados por ações de empresas com lucratividade alta são associados com retornos médios maiores do que os portfólios formados por ações de empresas com lucratividade baixa, sendo possível corroborar então com o efeito documentado por Novy-Marx (2013). Os resultados para a lucratividade se assemelham ao estudo seminal de Fama e French (2015), e se diferem de alguns testes para o mercado brasileiro, tal como Siqueira, Amaral e Correia (2017) e Martins e Eid Jr. (2015), que não encontram padrões nos retornos médios para os portfólios com base em tamanho e lucratividade.

Na Tabela 8 apresenta-se a média das características formadoras dos portfólios. Na coluna da esquerda, estão especificadas as médias para o tamanho em cada portfólio, e na coluna da direita, as médias para o segundo fator considerado na formação de cada grupo de portfólios, a saber, *book-to-market*, investimento e lucratividade. Para os portfólios segundo tamanho, verifica-se, em todos os painéis, que sua média aumenta conforme aumentam a os quintis, isto é, da primeira a quinta linha em todas as colunas conforme o crescimento da segunda característica. Ou seja, para empresas com ações *small*, a média dos fatores é significativamente menor do que nas empresas classificadas como *big*.

No painel (a) são apresentadas as médias e os desvios-padrão para os portfólios formados pelo tamanho e *book-to-market*. É possível inferir que, para a segunda variável, conforme as ações passam de *low* para *high*, suas médias também aumentam. Por exemplo, na primeira linha para a variável *book-to-market*, a média é de 1,12 em *low*, e de 50,53 em *high*. Tal fato é observado em todas as linhas da Tabela. Além disso, nota-se que, conforme o tamanho das ações aumenta, as médias dos portfólios formados pela segunda variável tendem a diminuir gradativamente.

No painel (b) são apresentadas as médias e os desvios-padrão para os portfólios formados pelo tamanho e investimento. O efeito para a segunda variável aqui é o oposto do identificado para o *book-to-market* no painel (a). Conforme o tamanho das ações aumenta, as médias do investimento tendem a aumentar gradativamente, sendo tais médias menores para ações em *small* e maiores para ações em *big*. Atentando-se somente à variável investimento, na direita,

constata-se que conforme as ações aumentam seu nível de investimento, as médias tendem a crescer, verificando-se que as médias em *low* são menores do que aquelas para os portfólios em *high*.

Tabela 8 - Média dos fatores formadores dos portfólios

Painel (a): Portfólios formados por tamanho - <i>book-to-market</i>										
	Tamanho					Book-to-market				
	Low	2	3	4	High	Low	2	3	4	High
Small	48,15	42,71	55,39	44,20	33,15	1,12	2,81	4,74	8,63	50,53
2	319,76	322,72	314,81	304,89	269,19	0,85	1,73	2,73	4,36	12,74
3	1060,12	1081,04	1041,26	976,25	1023,81	0,51	1,09	1,68	2,64	8,98
4	2791,60	2737,26	2550,45	2686,87	2585,65	0,45	1,05	1,90	3,03	10,62
Big	20208,60	14918,57	16731,67	15694,94	17503,33	0,26	0,73	1,20	1,95	4,39

Painel (b): Portfólios formados por tamanho - investimento										
	Tamanho					Investimento				
	Low	2	3	4	High	Low	2	3	4	High
Small	40,94	48,53	44,53	43,89	46,11	-0,15	0,00	0,06	0,12	0,39
2	293,02	300,25	287,00	325,91	328,41	-0,12	0,01	0,07	0,15	15,87
3	1031,63	1032,48	1006,24	1038,94	1074,91	-0,08	0,05	0,10	0,19	0,62
4	2722,37	2672,88	2637,93	2666,53	2661,20	-0,06	0,04	0,10	0,19	0,73
Big	13017,24	17803,14	20645,00	17445,55	16204,21	-0,04	0,07	0,14	0,24	0,84

Painel (c): Portfólios formados por tamanho - lucratividade										
	Tamanho					Lucratividade				
	Low	2	3	4	High	Low	2	3	4	High
Small	35,77	43,85	53,68	49,84	41,46	-0,90	0,00	0,10	0,21	1,00
2	270,76	315,32	311,67	319,20	320,91	-0,29	0,07	0,15	0,24	0,66
3	960,49	1054,48	1081,20	1021,39	1072,18	-0,03	0,11	0,19	0,28	0,59
4	2658,23	2649,89	2513,83	2697,34	2813,69	0,04	0,14	0,22	0,33	0,87
Big	14449,65	16312,29	13915,96	27683,77	14095,07	-0,06	0,15	0,24	0,37	0,76

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A tabela apresenta as médias para as características formadoras dos 75 portfólios utilizados como variável dependente para os modelos utilizados na pesquisa, no período amostral. Para o tamanho, os valores das médias apresentadas estão em milhões de reais. Para a média da segunda variável considerada na construção do portfólio foi considerado uma ponderação pelo valor de mercado. Em cada um dos painéis apresentados na tabela as linhas referem-se ao quintil pelo tamanho; já as colunas referem-se ao quintil pela segunda variável considerada na construção dos portfólios (*book-to-market*, tamanho e investimento).

Por fim, no painel (c) são apresentadas médias e os desvios-padrão para os portfólios formados pelo tamanho e lucratividade. Observando a segunda variável, conforme o tamanho das ações aumenta, as médias da lucratividade também tendem a aumentar gradativamente, sendo tais médias menores para ações em *small* e um pouco maiores para ações em *big*, exceto para a coluna *high*, em que não é documentado um padrão específico. As menores

ações do painel, localizadas em *low* e *small*, são aquelas que apresentam a menor média em toda a Tabela 8.

Da mesma forma que para as outras variáveis formadoras dos portfólios, observa-se para a lucratividade que, conforme as ações aumentam de *low* para *high*, as suas médias tendem a crescer. Procede-se, na seção seguinte, à apresentação dos resultados das regressões dos modelos de fatores.

4.3 Estatísticas de teste das regressões do primeiro passo

Nesta seção são apresentadas as estatísticas dos resultados das equações estimadas para explicar o excesso de retorno dos portfólios que compõe a variável dependente, ou os portfólios LHS. Os principais resultados das regressões do primeiro passo (intercepto, p-valor e coeficiente de determinação ajustado) para os portfólios dos modelos testados são apresentados no Anexo A. Os resultados do teste GRS, utilizado para análise dos modelos nas regressões do primeiro passo, estão apresentados ao longo dessa seção. Como argumentam Fama e French (2015), o teste GRS tem como objetivo verificar qual a combinação de fatores explica melhor os retornos dos portfólios. A hipótese nula é que todos os interceptos das regressões de série temporal para o conjunto de 75 portfólios não sejam estatisticamente diferentes de zero; logo, deve-se atentar para o modelo que apresentar o maior p-valor e a menor estatística de teste.

A Tabela 9 foi dividida em painéis, em que são exibidos os resultados para cada grupo de portfólios, considerando o tamanho e uma segunda variável para o ranqueamento, a saber, *book-to-market*, investimento e lucratividade. Os dados apresentados no painel (a) apontam as estatísticas descritivas para os portfólios formados partir do tamanho e *book-to-market*, dos três modelos estimados, a saber, três fatores de Fama e French (1993), quatro fatores de Carhart (1997), e cinco fatores de Fama e French (2015). A análise do resultado mostra que, o modelo de cinco fatores apresentou o melhor desempenho em comparação aos demais. A estatística de teste apresentada para o modelo foi menor; além disso, ele apresenta maior p-valor quando confrontado com os outros modelos. Ressalta-se, ainda, que dentre os três modelos testados, o de quatro fatores apresentou o pior desempenho para esse conjunto de portfólios.

No painel (b) são apresentados os resultados para os portfólios formados segundo tamanho e investimento. De acordo com as estatísticas de teste, verifica-se que o modelo de quatro

fatores foi o que apresentou a melhor performance. O pior desempenho foi do modelo de três fatores, que apresenta a mais alta estatística de teste e o menor p-valor entre os três modelos. Por fim, no painel (c), que apresenta as estatísticas para os portfólios formados para tamanho e lucratividade, observa-se que os resultados do teste GRS para o modelo de cinco fatores são melhores para esse conjunto de portfólios, em comparação com os resultados do modelo de três e quatro fatores.

Tabela 9 - Estatísticas descritivas para as regressões de série temporal do primeiro passo

Painel (a): Portfólios formados por tamanho - <i>book-to-market</i>						
	GRS	p-valor	$A \alpha_i $	$s(\alpha)$	$A \alpha_i /A r_i $	R^2 adj.
3 fatores	1,0545	0,3998	0,2593	0,2872	0,7312	0,525361
4 fatores	1,2042	0,2400	0,2722	0,3162	0,7676	0,533313
5 fatores	0,8737	0,6414	0,2498	0,3060	0,7044	0,541159
Painel (b): Portfólios formados por tamanho - investimento						
	GRS	p-valor	$A \alpha_i $	$s(\alpha)$	$A \alpha_i /A r_i $	R^2 adj.
3 fatores	1,1657	0,2761	0,3631	0,4413	0,8293	0,480316
4 fatores	0,9819	0,4934	0,3622	0,4182	0,8272	0,487639
5 fatores	1,0996	0,3466	0,3705	0,5070	0,8461	0,509247
Painel (c): Portfólios formados por tamanho - lucratividade						
	GRS	p-valor	$A \alpha_i $	$s(\alpha)$	$A \alpha_i /A r_i $	R^2 adj.
3 fatores	1,8679	0,0103	0,4380	0,4720	0,8543	0,482783
4 fatores	1,7613	0,0184	0,4180	0,4516	0,8153	0,492782
5 fatores	1,3852	0,1151	0,3070	0,3599	0,5989	0,512195

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A tabela apresenta as estatísticas descritivas para os modelos fatoriais de três, quatro e cinco fatores. As colunas GRS e p-valor descrevem os resultados para o teste de *Gibbons, Ross e Shanken* (1989) e o seu p-valor. As colunas $A|\alpha_i|$ e R^2 adj. referem-se à média dos valores absolutos dos interceptos e dos coeficientes de determinação dos modelos, respectivamente. A coluna $s(\alpha)$ apresenta o desvio-padrão dos valores dos interceptos dos modelos; e a coluna $A|\alpha_i|/A|r_i|$ expõe o valor médio absoluto dos interceptos sobre o valor médio absoluto do retorno médio da carteira i menos a média dos retornos de todas as carteiras formadas a partir das mesmas variáveis consideradas na construção da carteira i.

Realizando uma análise comparativa dos resultados dos modelos para diferentes grupos de portfólios, a hipótese nula do teste GRS foi rejeitada para os modelos de três e quatro fatores estimados no conjunto de portfólios formados para tamanho e lucratividade. O modelo de cinco fatores obteve um resultado satisfatório, apresentando menor estatística de teste e p-

valor mais, não rejeitando a hipótese nula. Em geral, os modelos estimados a partir dos fatores formados pelas variáveis tamanho e investimento tiveram melhor desempenho, entre todos.

Em seus testes, Fama e French (2015) verificam que o modelo de cinco fatores apresenta uma melhora considerável de desempenho ao ser comparado com o modelo de três fatores para os sete conjuntos de portfólios analisados. Nesta pesquisa, analisando os resultados para o teste GRS, verifica-se que o modelo de cinco fatores superou os modelos de três e de quatro fatores em dois dos três conjuntos de portfólios. O modelo de três fatores teve o pior desempenho de forma geral.

A medida representada por $A|a_i|$, exposta na Tabela 9, é a média dos valores absolutos dos interceptos encontrados para o modelo em determinado conjunto de portfólios. Obtém-se que os valores para esta média são uma evidência favorável ao modelo de cinco fatores para portfólios formados por tamanho e *book-to-market*, e por tamanho e lucratividade. Para portfólios formados por tamanho e investimento, os valores encontrados para essa medida corroboram com o que foi mencionado anteriormente, ou seja, que modelo de quatro fatores tem o melhor desempenho para esse conjunto de portfólios.

Com relação ao R^2 adj. médio dos modelos estimados, para cada grupo de portfólios, o modelo de cinco fatores apresentou os melhores resultados, seguido pelo modelo de quatro fatores, e, por fim, pelo modelo de três fatores, que, para os dados analisados, apresentou os piores valores para essa estatística para todos os conjuntos de portfólios. Quando comparado com os resultados de Fama e French (2015), o coeficiente de determinação é bem inferior aos encontrados pelos autores.

Em suma, depreende-se, por meio dos resultados dos testes GRS, que há indícios de que, no período analisado, os modelos de quatro e cinco fatores tenham um melhor desempenho na explicação dos retornos dos portfólios de ações negociadas no mercado de capitais brasileiro do que o modelo de três fatores. De forma a analisar mais profundamente essa hipótese, procede-se à regressão com diferentes combinações de fatores na próxima subseção.

4.4 Regressões com diferentes combinações de fatores

Diante das evidências apresentadas pela seção anterior, há um indicativo de que alguns dos fatores possam ter seus efeitos captados pelos demais. Fama e French (2015) testam diferentes combinações de fatores em prol de encontrar aquela que tem o melhor desempenho na

explicação dos retornos, e apontam que o fator HML se torna redundante, pois, quando retirado do modelo, o seu desempenho permanece o mesmo. Os autores encontram que a combinação MKT, SMB, RMW e CMA apresenta o melhor desempenho na explicação dos retornos para a análise no mercado norte-americano.

Dessa forma, seguindo os procedimentos propostos por Fama e French (2015), a Tabela 10 apresenta os resultados do teste GRS e as estatísticas descritivas para as combinações realizadas com as variáveis dos modelos de três, quatro e cinco fatores, com o objetivo de verificar qual conjunto produz o melhor modelo para a amostra analisada, em comparação com os resultados dos modelos em sua estrutura original. Buscou-se realizar os testes sem o HML, para verificar a sua relevância na precificação para o mercado brasileiro.

Tabela 10 - Regressões do primeiro passo com combinações dos fatores

Painel (a): Portfólios formados por tamanho - <i>book-to-market</i>						
Fatores	GRS	p-valor	$A \alpha_i $	$s(\alpha)$	$A \alpha_i /A r_i $	R^2 adj.
$R_m - R_f$ / SMB	1,0623	0,3902	0,2811	0,3282	0,7926	0,4873
$R_m - R_f$ / SMB / WML	1,2092	0,2355	0,3049	0,3678	0,8595	0,4978
$R_m - R_f$ / SMB / RMW	1,1464	0,2957	0,3601	0,4862	1,0152	0,5121
$R_m - R_f$ / SMB / CMA	1,1312	0,3116	0,3046	0,3850	0,8589	0,5136
$R_m - R_f$ / SMB / CMA / RMW	1,1342	0,3085	0,3448	0,4636	0,9720	0,5227
Painel (b): Portfólios formados por tamanho - investimento						
Fatores	GRS	p-valor	$A \alpha_i $	$s(\alpha)$	$A \alpha_i /A r_i $	R^2 adj.
$R_m - R_f$ / SMB	1,1857	0,2568	0,3738	0,4678	0,8537	0,4655
$R_m - R_f$ / SMB / WML	1,0377	0,4208	0,3945	0,4675	0,9008	0,4739
$R_m - R_f$ / SMB / RMW	1,2653	0,1896	0,4092	0,5791	0,9345	0,4837
$R_m - R_f$ / SMB / CMA	1,2920	0,1704	0,4020	0,5056	0,9179	0,4958
$R_m - R_f$ / SMB / CMA / RMW	1,2619	0,1923	0,4064	0,5726	0,9279	0,5040
Painel (c): Portfólios formados por tamanho - lucratividade						
Fatores	GRS	p-valor	$A \alpha_i $	$s(\alpha)$	$A \alpha_i /A r_i $	R^2 adj.
$R_m - R_f$ / SMB	1,8596	0,0108	0,4323	0,4590	0,8433	0,4668
$R_m - R_f$ / SMB / WML	1,7756	0,0170	0,3806	0,4310	0,7423	0,4780
$R_m - R_f$ / SMB / RMW	1,6102	0,0400	0,3442	0,4063	0,6713	0,5006
$R_m - R_f$ / SMB / CMA	1,8268	0,0129	0,4326	0,4539	0,8437	0,4852
$R_m - R_f$ / SMB / CMA / RMW	1,5957	0,0430	0,3430	0,3980	0,6691	0,5061

Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando os resultados para os portfólios formados por tamanho e índice *book-to-market*, no painel (a), a combinação que obteve melhor desempenho foi a dos fatores $R_m - R_f$ e SMB, apresentando uma menor estatística de teste e maior p-valor. Comparando-se com o mesmo

grupo de portfólios na Tabela 9, esses resultados podem ser considerados inferiores, pois foram apresentados modelos com maiores p-valor e coeficiente de determinação para a amostra analisada.

Para os resultados das regressões em portfólios formados por tamanho e investimento, apresentados no painel (b), o melhor desempenho foi dos fatores $R_m - R_f$, SMB e WML. Tal como verificado para os portfólios formados por tamanho e *book-to-market*, neste grupo de portfólios também são encontrados resultados inferiores em comparação com os modelos originais na Tabela 9. O painel (c) expõe os resultados para o grupo de portfólios formados por tamanho e lucratividade. Observa-se que se rejeita a hipótese nula para todas as combinações de fatores, sendo o maior p-valor igual a 0,043, estando dentro do intervalo de confiança estatística adotada por esse estudo.

De forma geral, os resultados discutidos nesta seção apontam que as diferentes combinações de fatores não foram capazes de apresentar um desempenho superior aos modelos estimados em sua estrutura original. Além disso, nenhuma das combinações da Tabela 10 apresentou valores satisfatórios de coeficiente de determinação, em comparação com os resultados apresentados na Tabela 9. Também não foi possível corroborar os resultados encontrados por Fama e French (2015), pois, para a presente pesquisa, o fator relacionado ao índice *book-to-market* permanece relevante na precificação de ativos.

4.5 Análise das relações entre os fatores

Com o intuito de verificar como cada um dos fatores se encontra incorporado nos demais, realizou-se, nessa etapa, a regressão de um fator sobre os demais fatores. Dessa forma, esta seção busca apresentar os resultados referentes às essas regressões, apresentando os interceptos e os coeficientes encontrados, conforme os procedimentos propostos por Fama e French (2015).

Na Tabela 11, são exibidos os resultados das regressões para o modelo de três fatores de Fama e French (1993), em que são apresentados os coeficientes dos fatores, seu p-valor e os valores do R^2 adj. de cada regressão. A hipótese nula do teste é que os interceptos encontrados sejam iguais à zero. Se o intercepto for estatisticamente igual à zero, tem-se um indício de que o fator não é precificado e que seu poder preditivo já está incorporado aos demais fatores existentes. Essa etapa visa testar, portanto, se os interceptos das regressões são estatisticamente diferentes de zero.

Tabela 11 – Regressões entre os três fatores de Fama e French (1993)

	Int	R _m -R _f	SMB	HML	R ² adj.
R _m -R _f					
Coef	0,60		-0,35	0,07	0,06
p-val	0,15		0,00	0,37	
SMB					
Coef	1,10	-0,16		0,00	0,06
p-val	0,00	0,00		0,98	
HML					
Coef	0,25	0,06	0,00		0,00
p-val	0,52	0,37	0,98		

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A tabela apresenta os coeficientes, o p-valor e o coeficiente de determinação ajustado para os três fatores de Fama e French (1993). Tais valores foram obtidos ao regredir os fatores entre si, usando, alternadamente, um fator diferente como variável explicativa.

Analisando os resultados das regressões do HML sobre os demais fatores, verifica-se que o intercepto é de 0,25, com um p-valor de 0,52. Isso indica que os outros fatores usados como variáveis independentes do modelo foram capazes de explicar totalmente o retorno de HML, usado como variável dependente na regressão. Para a regressão do fator risco de mercado – $R_m - R_f$ – sobre os demais fatores foi observado um alto p-valor para a estatística de teste do intercepto da regressão, o que indica que, os fatores SMB e HML capturaram parte de seus retornos. De forma geral, os p-valores para as rejeições das hipóteses nulas referentes ao intercepto dos fatores, com a exceção do SMB, são significativamente altos.

Para o fator SMB, é verificado que seus interceptos são estatisticamente significantes. Um intercepto significativamente diferente de zero sugere que há um prêmio pela exposição ao risco referente aos fatores testados. Esse resultado também é um indicativo de que os demais fatores não incorporam seus retornos, e que o fator é relevante na precificação de ativos. As evidências apresentadas pelas regressões dos retornos dos portfólios mostram então que o SMB é o único fator que apresentou poder de explicação. Acredita-se então que os outros fatores, $R_m - R_f$ e HML não capturam os seus retornos no modelo de Fama e French (1993).

A Tabela 12 apresenta os resultados das regressões para o modelo de quatro fatores, que conta com a adição do fator momento de Carhart (1997) ao modelo original de três fatores de Fama e French (1993). O intercepto da regressão do risco de mercado sobre os demais fatores mostrou-se diferente de zero; o p-valor encontrado para o intercepto da regressão é baixo. Isso significa que os há um prêmio pela exposição ao risco referente aos fatores testados.

Resultados semelhantes foram encontrados para as regressões realizadas entre o SMB e os demais fatores e o WML e os demais fatores.

A regressão do HML sobre os demais fatores apresentou resultados diferentes. Os resultados mostram um menor valor do intercepto e um p-valor maior para a estatística de teste do intercepto da regressão. Essa evidência indica que os outros fatores usados como variáveis independentes nos modelos foram capazes de capturar os retornos do HML.

O fator de mercado também se mostrou relevante no modelo de quatro fatores, uma vez que o intercepto da regressão dele sobre os demais fatores foi um dos maiores entre todos os analisados, e mostrou-se significativamente diferente de zero. O WML, que nos estudos de Fama e French (2015) é apontado como um fator redundante para a precificação de ativos mostrou-se relevante nesta pesquisa. O intercepto da regressão de WML sobre os demais fatores foi 1,06, e foi significativo.

A partir dos resultados da regressão do fator SMB sobre os demais fatores, verifica-se que o intercepto é o maior, se comparado aos dos demais fatores. O p-valor para o intercepto dessa regressão também não é alto, de modo que a hipótese nula é rejeitada. Esses resultados apontam que sua relevância na precificação é elevada, segundo os dados apresentados.

Tabela 12 – Regressões entre os quatro fatores de Carhart (1997)

	Int	R _m -R _f	SMB	HML	WML	R ² adj.
R _m -R _f						
Coef	0,83		-0,40	0,01	-0,25	0,12
p-val	0,04		0,00	0,86	0,00	
SMB						
Coef	1,21	-0,19		-0,03	-0,15	0,10
p-val	0,00	0,00		0,56	0,00	
HML						
Coef	0,44	0,01	-0,06		-0,19	0,04
p-val	0,26	0,86	0,56		0,00	
WML						
Coef	1,06	-0,24	-0,31	-0,2		0,12
p-val	0,01	0,00	0,00	0,00		

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A tabela apresenta os coeficientes, o p-valor e o coeficiente de determinação ajustado dos quatro fatores de Carhart (1997). Tais valores foram obtidos ao regredir os fatores entre si, usando, alternadamente, um fator diferente como variável explicativa.

Para o modelo mais recente de Fama e French (2015), os fatores referentes à lucratividade (RMW) e ao investimento (CMA) são adicionados ao modelo de Fama e French (1993). A Tabela 13 apresenta as estimativas obtidas para as regressões em que cada fator é regredido sobre os demais fatores desse modelo.

Tabela 13 – Regressões entre os cinco fatores de Fama e French (2015)

	Int	R _m -R _f	SMB	HML	RMW	CMA	R ² adj.
R _m -R _f							
Coef	0,79		-0,38	0,03	-0,42	-0,34	0,17
p-val	0,05		0,00	0,76	0,00	0,00	
SMB							
Coef	1,21	-0,18		-0,12	-0,19	0,00	0,09
p-val	0,00	0,00		0,08	0,00	0,96	
HML							
Coef	0,73	0,02	-0,13		-0,37	0,58	0,49
p-val	0,01	0,76	0,08		0,00	0,00	
RMW							
Coef	0,87	-0,22	-0,22	-0,38		-0,18	0,37
p-val	0,00	0,00	0,00	0,00		0,02	
CMA							
Coef	-0,25	-0,14	0,00	0,46	-0,15		0,43
p-val	0,34	0,00	0,96	0,00	0,02		

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A tabela apresenta os coeficientes, o p-valor e o coeficiente de determinação ajustado para os cinco fatores de Fama e French (2015). Tais valores foram obtidos ao regredir os fatores entre si, usando, alternadamente, um fator diferente como variável explicativa.

Quase todos os interceptos dessas regressões são diferentes de zero, exceto para a do CMA. Para a regressão desse fator, observa-se o menor intercepto entre todos, e é verificado também que o HML incorpora grande parte de seus retornos. Analisando as estimativas da regressão do SMB sobre os demais fatores, percebe-se que o seu intercepto é o maior, quando comparado aos das outras regressões da Tabela 13. Nenhum outro fator usado como variável independente incorpora, de forma significativa, seus retornos. Para o HML, com o acréscimo dos fatores RMW e CMA, tem-se que seus coeficientes aumentam, indicando que os novos fatores de Fama e French (2015) passam a capturar parte de seus retornos. Apesar de tal evidência, os resultados aqui expostos não estão de acordo com o apresentado por Fama e French (2015). Os autores mostram que o HML se torna redundante para o modelo de cinco fatores no mercado norte-americano. No presente trabalho, os demais fatores não incorporam

totalmente seus retornos, indicando que esse fator é ainda relevante para o mercado brasileiro, no período analisado.

Observando os resultados para o RMW, percebe-se que o fator tem seus retornos capturados, em um maior nível, pelo HML. Os demais fatores também apresentam coeficientes que indicam alguma relevância na explicação dos retornos, porém, para a amostra analisada, o RMW não pode ser considerado como um fator redundante na precificação de ativos.

Em geral, a partir das estimativas das regressões dos fatores apresentadas nas Tabelas 11, 12 e 13, constata-se que o SMB foi o fator dos modelos de três, quatro e cinco fatores com mais força na explicação dos retornos dos portfólios analisados, com maior valor de intercepto em todas as regressões, e sempre com significância estatística. Os fatores que possuem menor poder explicativo são o CMA (modelo de cinco fatores) e o HML (modelos de três e quatro fatores).

De forma a continuar a análise dos resultados dos modelos de três, quatro e cinco fatores, na próxima seção serão apresentados os resultados para as regressões *cross-section* dos modelos de precificação de ativos, a fim de responder a hipótese de pesquisa.

4.6 Resultados das regressões do segundo passo – *cross-section*

Nesta seção são apresentados os resultados para as regressões *cross-section* estimadas no segundo passo da metodologia de Fama e MacBeth (1973) utilizada neste estudo. Nessa etapa, a variável dependente dos modelos foi o excesso de retorno médio de cada um dos 75 portfólios LHS construídos, e as variáveis independentes foram os coeficientes estimados nas regressões do primeiro passo.

Além das regressões, foram realizados os testes de validação dos modelos, que serão apresentados em seguida. A Tabela 14 apresenta estatísticas VIF para as variáveis independentes empregadas nos modelos. Esse teste permite identificar se as variáveis são correlacionadas, ou seja, se há presença de multicolinearidade entre elas.

É possível observar que os resultados do teste VIF para os modelos de três, quatro e cinco fatores ficaram dentro do esperado, que, segundo Levine, Berenson e Stephan (2000), devem ser iguais a 1. Os dados apresentados indicam que não há presença de multicolinearidade entre as variáveis. O maior valor de teste foi para a variável WML, de 1,11, que ainda está dentro do valor ideal da estatística de teste. Os resultados, portanto, indicam que é possível a

inclusão das variáveis em um modelo de regressão sem aparente prejuízo nas estimativas dos coeficientes.

Tabela 14 – Resultado do teste VIF das variáveis independentes

Variável	3 Fatores	4 Fatores	5 Fatores
$R_m - R_f$	1,01	1,03	1,03
SMB	1,02	1,02	1,06
HML	1,02	1,10	1,03
WML		1,11	
RMW			1,03
CMA			1,07

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação aos testes para a detecção de problemas de heterocedasticidade e autocorrelação foram utilizados os testes de Breusch-Pagan (BP) e de Durbin-Watson (DW), respectivamente. A Tabela 15 apresenta seus resultados para os modelos de três, quatro e cinco fatores.

Tabela 15 – Resultados dos testes de Durbin-Watson e Breusch-Pagan

Modelo	DW	DW (p-valor)	BP	BP (p-valor)
Três fatores de FF (1993)	2,0215	0,5030	3,8138	0,2823
Quatro fatores de Carhart (1997)	2,0360	0,5250	4,8946	0,2983
Cinco fatores de FF (2015)	2,1311	0,6875	4,7524	0,4468

Fonte: Elaborado pela autora.

Verifica-se que, para os resultados apresentados, que os testes de Durbin-Watson apontam valores iguais a 2, indicando assim que não foram detectados problemas de autocorrelação nos modelos. De acordo com Wooldridge (2012) os valores do teste devem sempre ser um valor entre 0 e 4, e quando igual a 2, tem-se evidência de que não há autocorrelação. O maior valor do teste foi para o modelo de cinco fatores, de 2,13, que ainda ficou dentro do esperado. Em relação ao teste de Breusch-Pagan, os resultados não atestaram a presença de heteroscedasticidade para nenhum dos portfólios, ou seja, não rejeitaram a hipótese nula de homoscedasticidade. Dessa forma, não foi necessária a correção dos erros-padrão para os modelos.

Após os testes de validação dos modelos, deve-se seguir para a análise de seus resultados. Na Tabela 16 são expostos os valores das estimativas dos parâmetros das regressões *cross-section*. As sensibilidades dos retornos dos portfólios aos fatores de risco sistemático, estimadas no primeiro passo, apresentadas no anexo A, são usadas como variáveis independentes no segundo passo. No painel (a) são apresentados os resultados do modelo fundamentado em Fama e French (1993); no painel (b), os resultados para o modelo fundamentado em Carhart (1997); e, por fim, no painel (c), o modelo fundamentado em Fama e French (2015). Em relação à análise dos coeficientes dos modelos e de seus p-valores, ressalta-se que, para os fins desta análise, os coeficientes dos fatores $R_m - R_f$, SMB, HML, WML, RMW e CMA são identificados na Tabela por b, s, h, w, r e c, respectivamente. O intercepto é indicado pelo símbolo α .

Tabela 16 – Resultados das regressões *cross-section* para os modelos fatoriais

Painel (a): Três fatores de Fama e French (1993)							
	α	b	s	h	R ² adj.		
Coef	1,1877	1,1877	0,9649	0,4523	0,6009		
p-valor	0,0001	0,0003	0,0000	0,0052			
Painel (b): Quatro fatores de Carhart (1997)							
	α	b	s	h	w	R ² adj.	
Coef	1,1398	-1,1527	0,9922	0,4091	0,3319	0,6162	
p-valor	0,0002	0,0005	0,0000	0,0113	0,2250		
Painel (c): Cinco fatores de Fama e French (2015)							
	α	b	s	h	r	c	R ² adj.
Coef	1,1254	-1,1052	0,9639	0,7352	0,2123	-0,0666	0,6596
p-valor	0,0003	0,0009	0,0000	0,0000	0,1940	0,7528	

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A tabela apresenta os valores para o coeficiente, p-valor, e coeficiente de determinação ajustado (R² adj.) para as regressões *cross-section* estimadas para os modelos de três, quatro e cinco fatores. Como variável dependente para os modelos foi considerada a média dos retornos de cada um dos 75 portfólios LHS formados; as variáveis independentes foram compostas pelas sensibilidades dos fatores considerados nos modelos de série temporal, a saber: $R_m - R_f$, SMB, HML, WML, RMW, CMA. Tais coeficientes dos fatores mercado, tamanho, *book-to-market*, momento, lucratividade e investimento são identificados na tabela por b, s, h, w, r, e c, respectivamente. Além disso, também são apresentados os interceptos estimados para cada modelo testado.

Observando os resultados apresentados, percebe-se que o modelo de cinco fatores de Fama e French (2015) apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado, cerca de 66%. Os demais modelos apresentaram valores próximos, porém menores, sendo de aproximadamente 60% para o modelo de três fatores e de 61% para o de quatro fatores. Têm-se, dessa forma, indícios de que a inclusão de novas variáveis no modelo é relevante para a explicação dos

retornos dos portfólios. Os resultados de Mussa, Rogers e Securato (2009) corroboram com os encontrados no presente estudo. Os autores testaram os modelos de três e quatro fatores, e o R^2 adj. encontrado é maior no modelo de quatro fatores, quando comparado com o do modelo de três fatores. Já Rizzi (2012) encontrou resultados divergentes: um R^2 adj. maior para o modelo de três fatores quando confrontado com o de quatro fatores.

Em relação à significância dos coeficientes de inclinação do modelo de três fatores – b , s e h , percebe-se que todos foram significativos estatisticamente. Para o modelo de quatro fatores, o único coeficiente não se mostrou significativo foi o relativo ao fator momento – w . Para o modelo de cinco fatores de Fama e French (2015), os coeficientes r e c apresentaram p -valores altos e, portanto, não foi possível rejeitar as hipóteses nulas de que sejam estatisticamente iguais à zero. Os resultados de Mussa, Rogers e Securato (2009) e Rizzi (2012), que testam os modelos de três e quatro fatores para o mercado brasileiro utilizando a metodologia de dois passos, não corroboram com os resultados desta pesquisa. Os autores encontram, para ambos os modelos testados, que o beta de mercado e índice *book-to-market* mostraram-se significativos. No entanto, não encontraram significância para os fatores tamanho e momento nos modelos em que foram incluídos.

De forma geral, o beta de mercado, o tamanho e o índice *book-to-market* prevaleceram como os fatores que mais parecem explicar as variações dos retornos *cross-section* para todos os modelos estudados. Isso aponta que o acréscimo das variáveis de momento, lucratividade e investimento aos modelos de precificação de ativos, não são, necessariamente, pertinentes para a amostra analisada nesta pesquisa.

Apesar disso, é possível verificar que, em todos os modelos, o coeficiente de intercepto se mostrou altamente significativo. Dessa forma, os dados sugerem que os fatores testados não foram suficientes para explicar o excesso de retorno *cross-section* dos portfólios LHS construídos com ações do mercado brasileiro, e que outros fatores, não incluídos nos modelos, seriam capazes de explicar os retornos de tais portfólios. Esses resultados contrariam os pressupostos dos modelos, de que somente os fatores de risco utilizados deveriam explicar o excesso de retorno.

5 CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi testar e comparar o desempenho dos modelos de três e cinco fatores de Fama e French (1993, 2015) e quatro fatores de Carhart (1997) na explicação das variações dos retornos de portfólios de ações negociadas no mercado de capitais brasileiro entre os anos de 2000 e 2017, os quais foram construídos com base nas anomalias tamanho, valor, momento, lucratividade e investimento. Para definição da amostra a ser utilizada no estudo, foram aplicados alguns critérios de seleção de forma a manter a comparabilidade com os demais estudos de precificação de ativos no mercado brasileiro. Após a seleção desses ativos, foram formados os portfólios e os fatores utilizados, seguindo os procedimentos de Carhart (1997) e Fama e French (1993, 2015). Como diferencial deste trabalho, para estimação dos modelos, buscou-se aplicar a metodologia de teste preditivo, utilizando regressões em dois passos (séries temporais e *cross-section*), de acordo com a metodologia proposta por Fama e MacBeth (1973).

Inicialmente, procura-se analisar as estatísticas descritivas dos fatores *right-hand-side*, empregados como variáveis independentes nos modelos. Essa análise permitiu verificar médias de retorno maiores do que as encontradas por Fama e French (2015) para os fatores relacionados ao tamanho e investimento, SMB e CMA, respectivamente. Comparando com os resultados encontrados pelos estudos de Fama e French (1993) e Carhart (1997), apenas o SMB obteve média de retorno maior, entre os fatores analisados. Encontrou-se ainda uma média de retorno negativa para o RWM, indicando que tal fator não possui um prêmio no mercado acionário brasileiro. Nesta etapa, os resultados para a estatística t de comparação de médias apontaram que o fator SMB foi o único em que o valor médio se mostrou significativo estatisticamente, em todos os modelos analisados.

Para as estatísticas descritivas dos portfólios *left-hand-side*, são apresentados os retornos médios e os desvios padrão dos portfólios utilizados como variáveis dependentes nos modelos. É possível observar o efeito tamanho, para os portfólios formados pelas variáveis tamanho e *book-to-market*, que preconiza que ações de empresas pequenas podem oferecer retornos superiores àqueles de empresas grandes. Já o efeito valor, relativo ao índice *book-to-market*, é mais bem observado para ações de empresas pequenas, corroborando com o apontado por Fama e French (2015). As estatísticas descritivas dos portfólios formados pelas variáveis tamanho e investimento evidenciam que não há relação entre tais variáveis, e não verificou o efeito investimento apontado por Fama e French (2015). Por fim, para portfólios

formados pelas variáveis tamanho e lucratividade foi verificado o efeito documentado por Novy-Marx (2013). É observado que para portfólios formados por ações de empresas com lucratividade alta, os retornos médios são maiores do que aqueles com lucratividade baixa. Os resultados para a lucratividade se assemelham ao estudo seminal de Fama e French (2015).

Na análise dos resultados das regressões do primeiro passo para os modelos de três, quatro e cinco fatores são apresentados o teste GRS e as estatísticas descritivas das regressões. O modelo de cinco fatores de Fama e French (2015) apresentou melhor desempenho na explicação dos retornos em comparação ao demais. O modelo que apresentou pior desempenho, de forma geral, foi o de Fama e French (1993). Esse resultado é corroborado pelos estudos de Fama e French (2015), Mussa, Fama e Santos (2012) e Leite et al. (2018). Ao analisar as regressões do primeiro passo entre os diferentes grupos de portfólios LHS, foi possível verificar que os modelos estimados a partir dos fatores formados pelas variáveis tamanho e investimento apresentaram melhor desempenho. Isso indica que os fatores considerados nos modelos explicaram totalmente os retornos esperados para os portfólios nestas regressões.

Após apresentar os resultados das regressões do primeiro passo para os modelos em sua estrutura original, optou-se por testar modelos com diferentes combinações de fatores, conforme realizado por Fama e French (2015), com intuito de verificar qual conjunto de fatores produz o melhor modelo para amostra analisada. Os resultados do teste GRS e as estatísticas descritivas apontaram que nenhuma das combinações realizadas foi capaz de apresentar um desempenho superior aos dos modelos de três, quatro e cinco fatores estimados em sua estrutura original. Além disso, não foi possível corroborar com os resultados encontrados por Fama e French (2015) de que o fator relacionado ao índice *book-to-market* é redundante na precificação de ativos. Para o presente estudo, a inclusão do fator HML se mostrou relevante.

De forma a testar como cada um dos fatores se encontra incorporado nos demais, realizou-se, regressões dos fatores entre si. Após analisar os interceptos e coeficientes encontrados, os resultados apontam que, de forma geral, o SMB foi o fator que obteve melhor performance na explicação dos retornos dos portfólios analisados para todos os modelos analisados (três, quatro e cinco fatores). Além disso, foi possível observar que o fator CMA para o modelo de cinco fatores e o HML para os modelos de três e quatro fatores foram os que obtiveram menor poder explicativo, em comparação com os demais.

Após as etapas anteriores, foram realizadas as regressões do segundo passo (*cross-section*), de forma a verificar como os coeficientes obtidos nas regressões de série temporal foram capazes de explicar o excesso de retorno médio dos portfólios LHS. Antes de prosseguir para os resultados, foram realizados os testes de validação dos modelos, o teste de Durbin-Watson para detectar autocorrelação, o teste VIF para detectar multicolinearidade e o teste de Breusch-Pagan para verificar se existe heteroscedasticidade. Como os modelos não apresentaram nenhum dos problemas supracitados prosseguiu-se para os resultados das regressões *cross-section*. Os resultados evidenciaram que nenhum dos modelos estudados foi capaz de explicar totalmente o excesso de retorno médio dos portfólios LHS. Apesar disso, o modelo de cinco fatores de Fama e French (2015) apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado (R^2 adj.), em comparação aos demais modelos testados.

Em conclusão, o SMB se mostrou como o fator relacionado ao risco mais importante no desempenho dos modelos. Nas regressões de primeiro passo, o modelo de cinco fatores apresentou melhor desempenho e, assim, encontrou-se suporte para a hipótese deste estudo, que sugere que esse modelo teria uma performance superior em comparação às dos modelos de três e quatro fatores. Entretanto, ao analisar os resultados das regressões do segundo passo, *cross-section*, os fatores de risco investimento e lucratividade, que foram adicionados ao modelo de três fatores, não se mostraram significativos estatisticamente. Além disso, nas regressões do segundo passo, o fator momento também não se revelou estatisticamente significativo, sugerindo a superioridade do modelo de três fatores. Dessa forma, não se pode dizer que a hipótese desta pesquisa tenha sido inteiramente corroborada. Ou seja, nas regressões *cross-section*, o modelo com melhor desempenho foi o de três fatores, uma vez que os seus fatores de risco foram todos significativos estatisticamente.

Os resultados observados nesta pesquisa são relevantes para as finanças corporativas e de mercado, pois buscam auxiliar a tomada de decisão de investimentos em situações de risco. A utilização de modelos de precificação de ativos bem especificados pode representar uma melhoria na adequação dos recursos. A principal limitação desta pesquisa reside na restrição da amostra e do período analisado. Pesquisas sobre precificação de ativos em mercados internacionais utilizam de grandes janelas temporais, como os estudos seminais de Fama e French (1993, 2015) e Carhart (1997), entre outros. Além disso, tais estudos contam com uma amostra grande de ações, de forma a não comprometer a diversificação dos portfólios formados. Contudo, essa limitação se trata de uma especificidade do mercado brasileiro e,

apesar do número pequeno de ações listadas na B3, buscou-se incorporar o maior número possível na amostra. Essa limitação é compensada, em parte, pela utilização da metodologia de dois passos proposta por Fama e MacBeth (1997), pouco utilizada em trabalhos de precificação de ativos no Brasil.

Com os resultados deste estudo acredita-se ter contribuído com as discussões acerca do tema. Além disso, a metodologia utilizada é pouco conduzida em pesquisas no mercado acionário brasileiro, e o presente estudo buscou agregar evidências que podem ser utilizadas como referência para os demais. Sugere-se para futuras pesquisas a realização de testes de desempenho de outros modelos de precificação de ativos, não utilizados nessa pesquisa, para o mercado brasileiro, de forma a analisar qual modelo é capaz de explicar totalmente o excesso de retorno médio dos portfólios.

REFERÊNCIAS

- AHARONI, G.; GRUNDY, B.; ZENG, Q. Stock returns and the Miller Modigliani valuation formula: Revisiting the Fama and French analysis. *Unpublished Working Paper*. University of Melbourne, 2013.
- ALMEIDA, J. R.; EID JR., W. Estimando o retorno das ações com decomposição do índice book-to-market: evidências na Bovespa. *Revista Brasileira de Finanças*, v. 8, n. 4, p. 417-441, 2010.
- ANTUNES, G. A.; LAMOUNIER, W. M.; BRESSAN, A. A. Análise do "efeito tamanho" nos retornos das ações de empresas listadas na Bovespa. *Revista Contabilidade e Finanças*, v. 17, n. 40, p. 87-101, 2006.
- BANZ, R. The relationship between return and market value of common stocks. *Journal of Financial Economics*, v. 9, p. 3-18, 1981.
- BASU, S. The relationship between earnings' yield, market value and return for NYSE common stocks: further evidence. *Journal of Financial Economics*, v. 12, n. 1, p. 129-156, 1983.
- BERK, J. B. Does size really matter? *Financial Analyst Journal*, p.12-18, 1997.
- BEYHAGHI, M.; HAWLEY, J. P. Modern portfolio theory and risk management: assumptions and unintended consequences. *Journal of Sustainable Finance and Investment*, v. 3, n. 1, p. 17-37, 2011.
- BLACK, F. Capital market equilibrium with restricted borrowing. *Journal of Business*, v. 45, n. 3, p. 444-455, 1972.
- BLACK, F., JENSEN, M. SCHOLES, M. *The capital asset pricing model: some empirical Tests*. In: Jensen, M.(ed.) *Studies in the Theory of Capital Markets*. New York: Praeger, 1972.
- BLANK, F. F. et al. C-CAPM: betas variantes no tempo no mercado brasileiro. *Revista Brasileira de Finanças*, vol. 12, n. 2, p. 163–199, 2014.
- BORTOLUZZO, A. P. et al. Influência da crise financeira de 2008 na previsibilidade dos modelos de apreçamento de ativos de risco no Brasil. *Revista Contabilidade e Finanças*, v. 27, n. 72, p. 408-420, 2016.
- BRAV, A.; HEATON, J. B. Testing behavioral theories of undervaluation and overvaluation. *Kellogg School of Management*, 2006.
- BREEDEN, D. T. An intertemporal asset pricing model with stochastic consumption and investment opportunities. *Journal of Financial Economics*, v. 7, n. 3, p. 265-296, 1979.
- BRUNI, A. L. Risco, retorno e equilíbrio: uma análise do modelo de precificação de ativos financeiros na avaliação de ações negociadas na Bovespa (1988-1996). *Dissertação* (Mestrado em Administração), Universidade de São Paulo (USP), SP, 1998.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. *As decisões de investimento*. São Paulo: editora Atlas, 2 ed., 2003.

- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. *Moderna teoria de portfólios: é possível captar, na prática, os benefícios decorrentes da sua utilização?* *Resenha BM&F*, n. 128, p. 19-34, 1999.
- CAPPAUL, C.; ROWLEY, I.; SHARPE, W. *International value and growth stock returns.* *Financial Analysts Journal*, v. 49, p. 27-36, 1993.
- CARHART, M. M. On persistence in mutual fund performance. *The Journal of Finance*, v. 52, n. 1, p. 57– 82, 1997.
- CASTRO JR., F. H. F.; FAMÁ, R. As novas finanças e a teoria comportamental no contexto da tomada de decisão sobre investimentos. *Caderno de Pesquisas em Administração*, v. 09, n. 2, p. 25-35, 2002.
- CASTRO SILVA, W. A. C.; MELO, A. O.; PINTO, E. A. O CAPM e o C-CAPM na precificação de índices acionários: evidências de mudanças nos coeficientes estimados de 2005 a 2008. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 13, n. 2, p. 106-134, 2012.
- CHEN, N. F.; ROLL, R.; ROSS, S. A. Economic forces and the stock market. *Journal of Business*, v. 59, p. 383-403, 1986.
- CHORDIA, T.; SUBRAHMANYAM, A.; TONG, Q. Have capital market anomalies attenuated in the recent era of high liquidity and trading activity? *Journal of Accounting and Economics*, v. 58, n. 1, p. 41-58, 2014.
- DEMO, P. *Metodologia do conhecimento científico*. São Paulo: Atlas, 2000.
- ELTON, E. J.; GRUBER, M. J.; BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. *Moderna teoria da carteira e análise de investimentos*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- ESTRADA, J. Systematic Risk in emerging markets: the D-CAPM. *Emerging Markets Review*, p. 365-379, 2002.
- ESTRADA, J. The Cost of Equity in Emerging Markets: a downside risk approach. *Emerging Markets Quarterly*, p.19-30, 2000.
- ESTRADA, J. The Cost of Equity in Emerging Markets: a downside risk. *Emerging Markets Quarterly*, p. 63-72, 2001.
- FAMA, E. F., FRENCH, K. R. Dissecting anomalies. *The Journal of Finance*, n. 63, p. 1653–1678, 2008.
- FAMA, E. F., FRENCH, K. R. Multifactor explanation of asset pricing anomalies. *Journal of Finance*, v. 56, n.1, p.55-84, 1996.
- FAMA, E. F., FRENCH, K. R., A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*, v. 116, p. 1–22, 2015.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, v. 33, p. 3-56, 1993.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Dissecting anomalies. *The Journal of Finance*, v. 63, n. 4, p. 1653–1678, 2008.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. International tests of a five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*, v. 123, n. 3, p. 441-463, 2017.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. O modelo de precificação de ativos de capital: teoria e evidências. *Revista Administração de Empresas*, v. 47, n. 2, p. 103-118, 2007.

FAMA, E.F., FRENCH, K.R. Size, value, and momentum in international stock returns. *Journal of Financial Economics*, v. 105, p. 457-472, 2012.

FAMA, F.; FRENCH, R. The cross-section of expected stock returns. *Journal of Finance*, v. 2, n. 47, p. 427-466, 1992.

FAMA, F.; MACBETH, D. Risk, return and equilibrium: empirical test. *Journal of Political Economy*, v. 3, n. 81, p. 607-636, 1973.

FELLET, B. G. Avaliação de modelos de precificação de ativos no mercado acionário brasileiro. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis). Programa Multi-institucional e Inter-regional da Universidade de Brasília, da Universidade Federal da Paraíba e da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasília, 2016.

FLISTER, F. V.; BRESSAN, A. A.; AMARAL, H. F. CAPM condicional no mercado brasileiro: um estudo dos efeitos momento, tamanho e book-to-market entre 1995 e 2008. *Revista Brasileira de Finanças*, v. 9, n. 1, p. 105-129, 2011.

FORTUNATO, G. X.; MOTTA, L. F. J.; RUSSO, G. Custo de capital próprio em mercados emergentes: uma abordagem empírica no Brasil com o Dowside Risk. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 11, n. 1, p. 92-116, 2010.

GIBBONS, M. R.; ROSS, S.; SHANKEN, J. A test of the efficiency of a given portfolio. *Econometrica*, v. 57, n. 5, p. 1121-1252, 1989.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GITMAN, L. J.; MADURA, J. *Administração financeira: uma abordagem gerencial*. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2003.

HARVEY, C. R.; LIU, Y.; ZHU, H. And the cross-section of expected returns. *Review of Financial Studies*, v. 29, p. 5-68, 2016.

JAFFE, J.; KEIM D. B.; WESTERFIELD, R. Earnings yields, market values, and stock returns. *Journal of Finance*, v. 44, n. 1, p.135-148, 1989.

JAGANNATHAN, R.; WANG, Z. The conditional CAPM and the cross-section of expected returns. *Journal of Finance*, n. 51, p. 3-53, 1996.

JEGADEESH, N.; TITMAN, S. Profitability of momentum strategies: an evaluation of alternative explanations. *The Journal of Finance*, v. 56, n. 2, p. 699-720, 2001.

JEGADEESH, N.; TITMAN, S. Returns to buying winners and selling losers: implications for stock market efficiency. *Journal of Finance*, v. 48, n. 1, p. 65-91, 1993.

- JENSEN, M. C. The performance of mutual funds in the period 1945-64. *Journal of Finance*, v. 23, p. 389-416, 1968.
- LAKONISHOK, J.; SHAPIRO A. C. Systematic risk, total risk and size as determinants of stock market returns. *Journal of Banking and Finance*, v. 10, p. 115-132, 1986.
- LEITE, A. L.; KLOTZLE, M. C.; PINTO, A. C. F.; SILVA, A. F. Size, value, profitability, and investment: evidence from emerging markets. *Emerging Markets Review*, v. 36 p. 45–59, 2018.
- LEITE, G. et al. Otimização de carteiras de ativos financeiros: teste em índices de ações de companhias de energia elétrica. *Revista Gestão e Tecnologia*, v. 12, n. 2, p. 33-63, 2012.
- LETTAU, M.; LUDVIGSON, S. Resurrecting the (C) CAPM: a cross-sectional test when risk premia are time varying. *Journal of Political Economy*, n. 109, p. 1238–1287, 2001.
- LEVINE, D. M.; BERENSON, M.L.; STEPHAN, D. *Estatística: teoria e prática*. LTC, Rio de Janeiro, v. 1, 2000.
- LEWELLEN, J.; NAGEL, S. The conditional CAPM does not explain asset-pricing anomalies. *Journal of Financial Economics*, v. 82, p. 289-314, 2006.
- LIN, Q. Noisy prices and the Fama-French five-factor asset pricing model in China. *Emerging Markets Review*, v. 31, n. 31, p. 141-163, 2017.
- LINTNER, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfólios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, v. 47, n. 1, p. 13-37, 1965.
- LUCENA, P.; PINTO, A. C. F. Anomalias no mercado de ações brasileiro: uma modificação no modelo de Fama e French. *RAC-Eletrônica*, v. 2, p. 509–530, 2008.
- MACHADO, M. A. V.; MACHADO, M. R. Liquidez e precificação de ativos: evidências do mercado brasileiro. *Brazilian Business Review*, v. 11, n. 1, p. 73 - 95, 2014.
- MÁLAGA, F. K; SECURATO, J. R. Aplicação do modelo de três fatores de Fama e French no mercado acionário brasileiro – um estudo empírico do período 1995-2003. In 28º ENANPAD, p 1–16. Curitiba, 2004.
- MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection: efficient diversification of investments, New York: *John Wiley & Sons*, 1959.
- MARKOWITZ, H. M. The early history of portfolio theory: 1600-1960. *Financial Analysts Journal*, p. 1-16, 1999.
- MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *Journal of Finance*, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.
- MARTINS, C. C.; EID JR., W. Pricing assets with Fama and French 5-Factor Model: a Brazilian market novelty. In: 15o Encontro Brasileiro de Finanças, *Anais...*, São Paulo, 2015.
- MATOS, P. R. F.; ROCHA, J. A. T. Ações e fundos de investimento em ações: fatores de risco comuns. *BBR - Brazilian Business Review* v. 6, 2009.

MAYERS, D. Non-marketable assets and capital market equilibrium under uncertainty. *Studies in the Theory of Capital Markets*, 1972.

MERTON, R. An intertemporal capital asset pricing model. *Econometrica*, v. 41, n. 5, p. 867-87, 1973.

MILLER, M.; SCHOLLES, M. Rates of return in relation to risk: a reexamination of some recent findings. *Studies in the Theory of Capital Markets*, p. 47-78, 1972.

MOSSIN, J. Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, v. 34, n. 4, p. 768-783, 1966.

MUSSA, A.; FAMÁ, R.; SANTOS, J. O. A adição do fator de risco momento ao modelo de precificação de ativos dos três fatores de Fama & French aplicado ao mercado acionário brasileiro. *Revista de Gestão*, v. 19, n. 3, 2013.

MUSSA, A.; ROGERS, P.; SECURATO, J. R. Modelos de retornos esperados no mercado brasileiro: testes empíricos utilizando metodologia preditiva. *Revista de Ciências da Administração*, v. 11, n. 23, p. 192-216, 2009.

NOVY-MARX, R. The other side of value: The gross profitability premium. *Journal of Financial Economics*, v. 108, n. 1, p. 1-28, 2013.

PAIVA, F. D. Modelos de precificação de ativos financeiros de fator único: um teste empírico dos modelos CAPM e D-CAPM. *Caderno de Pesquisas em Administração*, v. 12, n. 2, p. 49-65, 2005.

REINGANUM, M. R. A new empirical perspective on the CAPM. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 16, n. 4, p. 439-462, 1981.

RIZZI, L. J. Análise comparativa de modelos para determinação do custo de capital próprio: CAPM, três fatores de Fama e French (1993) e quatro fatores de Carhart (1997). *Dissertação* (Mestrado em Administração), Universidade de São Paulo (USP), SP, 2012.

RODRIGUES, M. R. A. O efeito valor, o efeito tamanho e o modelo multifatorial: evidências do caso brasileiro. In: Encontro Da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 24, 2000, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2000.

ROGERS, P.; SECURATO, J. R. Estudo comparativo no mercado brasileiro do Capital Asset Pricing Model (CAPM), modelo 3-fatores de Fama e French e reward beta approach. *RAC-Eletrônica*, v. 3, p. 159-179, 2009.

ROLL, Richard. A critique of the asset pricing theory's tests Part I: on past and potential testability of the theory. *Journal of Financial Economics*, v. 4, n. 2, p. 129-176, 1977.

ROSENBERG, B.; REID, K.; LANSTEIN, R. Persuasive evidence of market inefficiency. *The Journal of Portfolio Management*, v. 11, n. 3, p. 9-16, 1985.

ROSS, S. The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, v. 13, n. 3, p. 341-360, 1976.

- SANTOS, J. O.; FAMÁ, R.; MUSSA, A. A adição do fator de risco momento ao modelo de precificação de brasileiro. *Revista de Gestão*, v. 19, n. 3, p. 453-472, 2012.
- SHARPE, W. F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Financial*, v. 19, n. 3, p. 425-442, 1964.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. *Metodologia Científica*, Atual, 3 ed., 2001.
- SILVA, W. A. C.; PINTO, E. A.; MELO, A. A. O. Análise comparativa entre o CAPM e o C-CAPM na precificação de índices acionários: evidências de mudanças nos coeficientes estimados de 2005 a 2008. *Revista de Administração Mackenzie*, v.13 n.2, 2012.
- SIQUEIRA, L.; AMARAL, H.; CORREIA, L. O efeito do risco de informação assimétrica sobre o retorno de ações negociadas na BM&FBOVESPA. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 28, n. 75, p. 425-444, 2017.
- SPANOUDIS, A.; SANOSSIAN, S. Pricing portfólios constructed on cyclicity considerations using non-domestic regional factors: evidence from eurozone region. Thesis Paper for Master Program in Finance, 2015.
- STATTMAN, D. Book values and stock returns. *A Journal of Selected Papers*, v. 4, p. 25–45, 1980.
- TAMBOSSI FILHO, E.; COSTA JR., N. C. A.; ROSSETTO, J. R. Testando o CAPM condicional nos mercados brasileiro e norte-americano. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 10, n. 4, 153-168, 2006.
- TAMBOSSI FILHO, E.; COSTA JR., N. C. A.; ROSSETTO, J. R. Testando o CAPM condicional nos mercados brasileiro e norte-americano. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 10, n. 4, 153-168, 2006.
- TITMAN, S. K. C.; WEI, J.; XIE, F. Capital investments and stock returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 39, n. 4, p. 677-700, 2004.
- TOBIN, J. Liquidity preference as a behavior toward risk. *The Review of Economic Studies*, v. 25, n. 2, p. 65-86, 1958.
- VIEIRA, M. D. V. V.; MAIA, V. M.; KLOTZLE, M. C.; FIGUEIREDO, A. C. Modelo de cinco fatores de risco: precificando carteiras setoriais no mercado acionário brasileiro. *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, v. 16, n. 48, p. 86-104, 2017.
- WOOLDRIDGE, J. M. *Introductory econometrics: a modern approach*. South-Western Cengage Learning, 2012.
- ZANINI, F. A. M.; FIGUEIREDO, A. C. As teorias de carteira de Markowitz e de Sharpe: uma aplicação no mercado brasileiro de ações entre julho/95 e junho/2000. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 6, n. 2, p. 37-64, 2005.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Resultados das regressões do primeiro passo para os modelos de três, quatro e cinco fatores

Portfólio	3 fatores			4 fatores			5 fatores		
	α	P(α)	R ² adj.	α	P(α)	R ² adj.	α	P(α)	R ² adj.
bm_sl	-0,5354	0,4064	0,2532	-0,5506	0,4021	0,2532	-0,1380	0,8318	0,2886
bm_s2	-0,3140	0,5511	0,3133	-0,2340	0,6623	0,3155	-0,1024	0,8465	0,3500
bm_s3	0,4679	0,4106	0,2637	0,6655	0,2470	0,2763	0,4267	0,4668	0,2659
bm_s4	0,1684	0,7938	0,3501	0,1658	0,8006	0,3501	0,2208	0,7394	0,3539
bm_sh	0,0094	0,9847	0,3640	0,0801	0,8724	0,3659	0,1035	0,8381	0,3627
bm_2l	-0,7095	0,1430	0,5003	-0,6733	0,1722	0,5007	-0,4159	0,3779	0,5547
bm_22	0,1078	0,8092	0,4163	0,0419	0,9265	0,4181	0,2165	0,6231	0,4680
bm_23	0,0148	0,9728	0,3751	-0,0450	0,9188	0,3768	0,1315	0,7615	0,4168
bm_24	-0,5239	0,1350	0,5839	-0,5588	0,1176	0,5845	-0,4939	0,1614	0,6050
bm_2h	-0,2854	0,4298	0,6394	-0,2886	0,4332	0,6394	-0,1413	0,7054	0,6382
bm_3l	-0,5608	0,5127	0,3293	0,2040	0,8040	0,4050	-0,9692	0,2695	0,3417
bm_32	-0,2278	0,5587	0,4885	-0,3328	0,3995	0,4937	-0,2748	0,4862	0,5084
bm_33	-0,2534	0,4849	0,5954	-0,2355	0,5240	0,5956	-0,2142	0,5600	0,6108
bm_34	0,1746	0,5893	0,6006	0,2480	0,4503	0,6035	0,2501	0,4505	0,6070
bm_3h	-0,3016	0,3930	0,6313	-0,1641	0,6445	0,6393	-0,2139	0,5580	0,6302
bm_4l	0,1726	0,6083	0,5773	0,1925	0,5747	0,5775	0,2830	0,4095	0,5891
bm_42	-0,2418	0,4347	0,6265	-0,2861	0,3638	0,6276	-0,2156	0,4975	0,6309
bm_43	0,0107	0,9737	0,5489	0,0819	0,8038	0,5520	0,0572	0,8639	0,5526
bm_44	0,1946	0,5638	0,5497	0,3122	0,3596	0,5574	0,2430	0,4818	0,5569
bm_4h	0,1047	0,7607	0,5596	0,2785	0,4185	0,5756	0,1247	0,7231	0,5675
bm_bl	-0,2186	0,4375	0,6986	-0,3149	0,2688	0,7036	0,0211	0,9404	0,7168
bm_b2	-0,2075	0,4445	0,6605	-0,3446	0,2049	0,6727	-0,3104	0,2628	0,6685
bm_b3	-0,0802	0,7756	0,7228	-0,1036	0,7179	0,7231	-0,0970	0,7363	0,7278
bm_b4	-0,1603	0,5319	0,7336	-0,2727	0,2905	0,7409	-0,3104	0,2284	0,7487
bm_bh	-0,4376	0,1685	0,7521	-0,1309	0,6636	0,7849	-0,2711	0,3924	0,7683
inv_sl	-1,0464	0,0786	0,4202	-1,0708	0,0774	0,4203	-0,9782	0,0995	0,4583
inv_s2	-0,0249	0,9723	0,2320	0,3550	0,6207	0,2624	0,1201	0,8707	0,2399
inv_s3	-0,4502	0,4606	0,2325	-0,5240	0,3990	0,2341	-0,1485	0,8102	0,2609
inv_s4	0,6291	0,2219	0,3018	0,5070	0,3317	0,3074	0,5193	0,3218	0,3214
inv_sh	0,5913	0,2493	0,2961	0,5435	0,2982	0,2970	0,7563	0,1505	0,3085
inv_2l	-0,5879	0,2200	0,4897	-0,4046	0,4021	0,5003	-0,2398	0,5928	0,5805
inv_22	-0,3620	0,3734	0,4377	-0,3943	0,3411	0,4382	-0,3207	0,4286	0,4770
inv_23	-0,0750	0,8507	0,5180	-0,1090	0,7882	0,5185	-0,0062	0,9876	0,5419
inv_24	-0,2176	0,5323	0,5043	-0,3032	0,3914	0,5085	-0,2115	0,5450	0,5327

inv_2h	-0,1066	0,8203	0,4597	-0,3104	0,5108	0,4741	0,1267	0,7763	0,5430
inv_3l	0,1633	0,6218	0,5292	0,1631	0,6288	0,5292	0,3578	0,2643	0,5877
inv_32	0,4801	0,2230	0,4445	0,5328	0,1840	0,4459	0,6222	0,1231	0,4551
inv_33	-0,7024	0,1419	0,5619	-0,2796	0,5420	0,6106	-0,9844	0,0444	0,5716
inv_34	-1,1629	0,2806	0,1208	-0,8365	0,4430	0,1323	-1,4936	0,1771	0,1328
inv_3h	-0,3964	0,2926	0,6018	-0,4153	0,2792	0,6020	-0,2390	0,5255	0,6268
inv_4l	0,2066	0,5491	0,4753	0,2392	0,4959	0,4760	0,3847	0,2717	0,4947
inv_42	0,0635	0,8584	0,4294	0,2188	0,5411	0,4447	0,1310	0,7183	0,4440
inv_43	-0,1018	0,7619	0,5621	0,0481	0,8868	0,5744	-0,1482	0,6670	0,5691
inv_44	0,0095	0,9782	0,5864	0,0661	0,8521	0,5879	0,0701	0,8439	0,5960
inv_4h	-0,2241	0,5031	0,6264	-0,2649	0,4370	0,6272	-0,1999	0,5552	0,6413
inv_bl	-0,3512	0,2514	0,5580	-0,2510	0,4173	0,5647	0,0277	0,9228	0,6389
inv_b2	-0,3106	0,3859	0,6142	-0,4807	0,1812	0,6266	-0,1941	0,5876	0,6386
inv_b3	-0,1739	0,6034	0,6929	-0,0903	0,7902	0,6957	-0,4132	0,2242	0,7041
inv_b4	0,0466	0,8863	0,5988	0,0611	0,8540	0,5989	0,1499	0,6422	0,6312
inv_bh	-0,5947	0,0534	0,7140	-0,5871	0,0612	0,7140	-0,4204	0,1687	0,7352
luc_sl	-0,7894	0,3084	0,3029	-0,5944	0,4494	0,3092	0,0780	0,9168	0,3928
luc_s2	-0,3816	0,5284	0,2442	-0,4013	0,5152	0,2443	-0,2016	0,7444	0,2604
luc_s3	-0,3363	0,4004	0,4399	-0,3431	0,3997	0,4399	-0,3162	0,4397	0,4501
luc_s4	0,5082	0,3318	0,3064	0,3897	0,4634	0,3114	0,5239	0,3299	0,3147
luc_sh	0,4157	0,5536	0,2483	0,5566	0,4352	0,2526	0,1187	0,8677	0,2733
luc_2l	-0,6687	0,2130	0,4615	-0,4772	0,3783	0,4712	0,1484	0,7439	0,6376
luc_22	-0,2023	0,6238	0,5227	-0,2821	0,5010	0,5252	0,0289	0,9440	0,5555
luc_23	-0,7695	0,0411	0,5463	-0,7817	0,0418	0,5463	-0,6096	0,1082	0,5674
luc_24	-0,2261	0,5306	0,4178	-0,3013	0,4109	0,4213	-0,3700	0,3095	0,4447
luc_2h	0,4498	0,2564	0,4833	0,3307	0,4095	0,4899	0,1976	0,6100	0,5363
luc_3l	-0,5871	0,1392	0,6442	-0,4785	0,2340	0,6480	-0,1640	0,6672	0,6910
luc_32	-0,7204	0,0377	0,5205	-0,7028	0,0465	0,5207	-0,6283	0,0748	0,5339
luc_33	0,0402	0,9188	0,5900	0,0915	0,8199	0,5910	0,0689	0,8633	0,6051
luc_34	0,0047	0,9932	0,4619	0,4609	0,3825	0,5152	-0,4796	0,3841	0,4857
luc_3h	-0,0476	0,9598	0,1020	0,2556	0,7890	0,1151	-0,3168	0,7440	0,1118
luc_4l	-0,4397	0,2538	0,5619	-0,2063	0,5891	0,5847	-0,3161	0,4199	0,5749
luc_42	-0,2044	0,5533	0,5689	-0,1436	0,6819	0,5708	-0,0979	0,7805	0,5802
luc_43	-0,7865	0,0105	0,5425	-0,7757	0,0132	0,5426	-0,6710	0,0327	0,5499
luc_44	0,4414	0,1574	0,5187	0,4758	0,1346	0,5195	0,4354	0,1747	0,5236
luc_4h	0,7916	0,0328	0,4906	0,7322	0,0521	0,4925	0,7743	0,0420	0,4965
luc_bl	-0,8288	0,0177	0,6734	-0,5841	0,0878	0,6964	-0,3773	0,2485	0,7292
luc_b2	-0,5364	0,1515	0,5537	-0,2475	0,4964	0,5916	-0,2236	0,5475	0,5851

luc_b3	-0,4506	0,1884	0,6332	-0,6411	0,0609	0,6493	-0,3428	0,3302	0,6362
luc_b4	0,2252	0,4855	0,6166	-0,0239	0,9395	0,6489	-0,0106	0,9736	0,6426
luc_bh	-0,0976	0,7374	0,6182	-0,1728	0,5583	0,6218	-0,1765	0,5530	0,6263

Fonte: Elaborada pela autora

Nota: A tabela apresenta o intercepto (α), a significância do intercepto ($P(\alpha)$) e coeficiente de determinação ajustado (R^2 adj.). Todos foram calculados para os modelos de três, quatro e cinco fatores. Cada linha refere-se a um diferente portfólio LHS. A primeira sigla usada para a identificação dos portfólios LHS refere-se a variável considerada na segunda classificação: bm refere-se ao grupo de portfólios formados pelo *book-to-market*, inv refere-se ao grupo de portfólios formados pelo investimento, luc refere-se ao grupo de portfólios formados pela lucratividade. Já na segunda parte, a primeira letra refere-se ao grupo pelo tamanho (*small*, 2, 3, 4 e *big*) e a segunda letra refere-se ao grupo pela segunda variável considerada na classificação (*low*, 2, 3, 4 e *high*).