



Paloma Vanni Cainelli

**Estudo sobre a relação entre o índice de volatilidade
implícita IVol-BR e os retornos futuros do mercado
acionário brasileiro e dos setores econômicos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Administração de Empresas

Orientador: Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2019.



Paloma Vanni Cainelli

**Estudo sobre a relação entre o índice de volatilidade
implícita IVol-BR e os retornos futuros do mercado
acionário brasileiro e dos setores econômicos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Administração de Empresas da PUC-
Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo
assinada.

Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Marcelo Cabús Klötzle

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Carlos Alberto Gonçalves da Silva

Faculdade de Ciências Econômicas – UERJ

Prof. Augusto Cesar Pinheiro da Silva

Vice-Decano de Pós-Graduação do CCS – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 26 de Fevereiro de 2019

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Paloma Vanni Cainelli

Graduou-se em Administração de Empresas na University of Houston em 2007.

Ficha Catalográfica

Cainelli, Paloma Vanni

Estudo sobre a relação entre o índice de volatilidade implícita IVol-BR e os retornos futuros do mercado acionário brasileiro e dos setores econômicos / Paloma Vanni Cainelli ; orientador: Antonio Carlos Figueiredo Pinto. – 2019.

69 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2019.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Ibovespa. 3. IVol-BR. 4. Regressões. 5. Retornos futuros. 6. Setores econômicos. I. Pinto, Antonio Carlos Figueiredo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

Para meu marido, Tiago, meus pais, César e Maria Helena e minhas irmãs,
Kaliandra e Milena, pelo apoio e confiança.

Agradecimentos

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao meu orientador professor Antonio Carlos Figueiredo Pinto pela parceria, paciência, apoio, contribuições e ensinamentos.

Ao professor Marcelo Cabús Klötzle pelas contribuições, ensinamentos e palavras de apoio.

Aos professores e funcionários do IAG pelos ensinamentos e todo suporte.

Aos professores que participaram da Comissão examinadora.

Aos meus colegas do mestrado, em especial Claudia, Érica, Leila, Naielly, Paula e Sylvia pelos momentos divididos juntos e pelo apoio constante.

À minha família e amigos, pelo apoio.

Resumo

Cainelli, Paloma Vanni; Pinto, Antonio Carlos Figueiredo. **Estudo sobre a relação entre o índice de volatilidade implícita IVol-BR e os retornos futuros do mercado acionário brasileiro e dos setores econômicos.** Rio de Janeiro, 2019. 69p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este estudo tem como objetivo averiguar, primeiramente, se o índice de volatilidade implícita brasileiro, o IVol-BR, pode ser considerado um indicador antecedente dos retornos futuros do mercado acionário brasileiro dado que o IVol-BR representa a volatilidade esperada do índice Bovespa (Ibovespa) dois meses à frente. Esta pesquisa examina, por meio de regressão por mínimos quadrados e regressão quantílica, a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa. Em seguida, este trabalho investiga se o IVol-BR pode ser considerado um indicador antecedente dos retornos futuros setoriais. Os setores econômicos considerados neste estudo são: consumo, energia elétrica, financeiro, materiais básicos, imobiliário, industrial e utilidade pública. É importante notar que o período de análise selecionado é entre agosto de 2011 e setembro de 2018. Os resultados obtidos sugerem que o IVol-BR pode auxiliar na previsão dos retornos futuros do Ibovespa e dos setores econômicos, principalmente, para retornos futuros de 20 e 60 dias.

Palavras-chave

Ibovespa; IVol-BR; regressões; retornos futuros; setores econômicos.

Abstract

Cainelli, Paloma Vanni; Pinto, Antonio Carlos Figueiredo (Advisor). **Study regarding the relationship between implied volatility index IVol-BR and future returns of Brazilian stock market and economic sectors.** Rio de Janeiro, 2019. 69p. MSc. Dissertation – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The objective of this study is to investigate the forecasting power of Brazil's implied volatility index, the IVol-BR, on future Brazilian stock market returns since the IVol-BR measures the expected volatility of the Brazilian stock index (Ibovespa) two months ahead. This research examines the relationship between the IVol-BR and 1-, 5-, 20- and 60-days future Ibovespa returns using the least-squares and quantile regressions methods. This study also investigates the forecasting power of IVol-BR on future economic sectors returns. The economic sectors considered in this paper are: consumer, electricity, financials, basic materials, real estate, industrials, and public utilities. It is important to note that the research analysis period is from August 2011 to September 2018. Overall, results suggest that the IVol-BR may help predict Ibovespa and economic sectors forward looking returns, mainly 20- and 60-days future returns.

Keywords

Ibovespa; IVol-BR; regressions; future returns; economic sectors.

Sumário

1. Introdução	12
2. Referencial Teórico	15
3. Metodologia de Pesquisa	22
3.1. Dados	22
3.2. Tratamento dos Dados	23
3.2.1. IVol-BR	23
3.2.2. Retornos Futuros	23
3.3. Procedimentos de Análise de Dados	24
3.3.1. Teste de Estacionariedade	24
3.3.2. Definição dos Modelos	25
3.3.3. Teste de Robustez	28
4. Resultados	30
4.1. Relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa	31
4.2. Relação entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos	35
5. Teste de Robustez	46
5.1. Relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa	46
5.2. Relação entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos	50
6. Conclusão	61
7. Referências Bibliográficas	64
8. Apêndices	67
8.1. Tratamento dos dados faltantes do IVol-BR	67

Lista de figuras

Figura 1 - Série histórica do índice Bovespa (Ibovespa) de 1 de agosto de 2011 a 28 de setembro de 2018.	26
Figura 2 - Correlograma da série de retornos futuros de 1 dia do Ibovespa.	47
Figura 3 - Correlograma da série de retornos futuros de 5 dias do Ibovespa.	47
Figura 4 - Correlograma da série de retornos futuros de 20 dias do Ibovespa.	47
Figura 5 - Correlograma da série de retornos futuros de 60 dias do Ibovespa.	48
Figura 6 - Decomposição STL da série IVol-BR.	68

Lista de tabelas

Tabela 1 - Setores econômicos.	23
Tabela 2 - Estatística descritiva do IVol-BR em distintos períodos do mercado brasileiro.	30
Tabela 3 - Resultados dos testes ADF e KPSS.	31
Tabela 4 - Resultados das regressões entre os retornos futuros do Ibovespa e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro.	32
Tabela 5 - Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa.	33
Tabela 6 - Resultados das regressões quantílicas entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa.	34
Tabela 7 - Resultados das regressões entre os retornos futuros dos setores econômicos e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro.	37
Tabela 8 - Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos.	41
Tabela 9 - Resultados das regressões quantílicas entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos.	45
Tabela 10 - Resultados dos modelos AR(1) para as séries de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa.	46
Tabela 11 - Resultados dos modelos AR(1) para as séries de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa para cada percentil do IVol-BR.	48
Tabela 12 - Resultados das regressões entre os retornos futuros do Ibovespa e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro.	49
Tabela 13 - Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa.	49
Tabela 14 - Resultados das regressões quantílicas entre os retornos futuros do Ibovespa e o IVol-BR.	50

Tabela 15 - Resultados dos modelos AR(1) para as séries de retornos de 1, 5, 20 e 60 dias dos setores econômicos.	51
Tabela 16 - Resultados dos modelos AR(1) para as séries de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias dos setores econômicos para cada percentil do IVol-BR.	53
Tabela 17 - Resultados das regressões entre os retornos futuros dos setores econômicos brasileiros e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro.	56
Tabela 18 - Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos.	57
Tabela 19 - Resultados das regressões quantílicas entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos.	59
Tabela 20 - Resultados dos testes ADF e KPSS.	67

1

Introdução

Os índices de volatilidade implícita baseados nos preços das opções surgiram a partir do estabelecimento, em 1973, da primeira bolsa de negociação de opções listadas, a *Chicago Board Options Exchange* (CBOE) (FERNANDES; MEDEIROS; SCHARTH, 2014). Em 1993, a CBOE lançou o primeiro e mais popular índice de volatilidade implícita, o *CBOE Volatility Index* (VIX), com o propósito de torná-lo uma referência confiável da volatilidade esperada do mercado americano no curto prazo e permitir que contratos futuros e opções de volatilidade pudessem ser estruturados e negociados (WHALEY, 1993, 2009). O VIX mede a volatilidade esperada do índice americano S&P 500 nos próximos 30 dias e é conhecido como o *Investor Fear Gauge* (Medidor de Medo do Investidor) pelo fato de aumentar drasticamente em momentos de turbulência do mercado (WHALEY, 2000).

Dado o sucesso do VIX, a CBOE lançou outros dois índices de volatilidade implícita, o VXN, que mensura a volatilidade esperada do índice americano NASDAQ-100 nos próximos 30 dias, e o VXD, que mede a volatilidade esperada do índice americano *Dow Jones Industrial Average* (DJIA) nos próximos 30 dias. Seguindo o exemplo da CBOE, outros mercados financeiros estabeleceram os seus próprios índices de volatilidade implícita, como exemplo, o VDAX na Alemanha para o índice de bolsa alemão DAX 30, o VFTSE no Reino Unido para o índice de bolsa britânico FTSE100, dentre outros.

No Brasil, ainda não existe um índice de volatilidade implícita oficial publicada pela B3. Entretanto, devido à importância de se mensurar os movimentos esperados do mercado acionário brasileiro, o Centro Brasileiro de Pesquisa em Economia Financeira da Universidade de São Paulo (NEFIN) propôs, em 2015, um índice de volatilidade implícita, o IVol-BR, baseado nos preços diários das opções do índice Bovespa (Ibovespa) e que mede a volatilidade esperada do Ibovespa nos próximos dois meses. Sua metodologia de cálculo segue o mesmo do VIX com alguns ajustes a fim de refletir as características particulares do mercado de opções

brasileiro (ASTORINO *et al.*, 2017). Os detalhes do cálculo do IVol-BR encontram-se no site do NEFIN (www.nefin.com.br).

A CBOE publica um índice de volatilidade implícita para o mercado brasileiro, o *CBOE Brazil ETF Volatility Index* (VXEWZ). Esse índice é calculado a partir das opções sobre o *IShares MSCI Brazil ETF* (EWZ), fundo em dólar que replica o Ibovespa. Todavia, o VXEWZ reflete tanto a volatilidade do mercado acionário brasileiro como também a volatilidade cambial, visto que o EWZ é cotado em dólar. O IVol-BR, portanto, representa melhor a volatilidade implícita do mercado acionário brasileiro pois é calculado a partir das opções sobre o Ibovespa (ASTORINO *et al.*, 2017).

A literatura sobre índices de volatilidade implícita é ampla, principalmente nos Estados Unidos, uma vez que a CBOE foi a primeira a introduzir um índice de volatilidade implícita, o VIX. Estudos sobre o índice brasileiro IVol-BR até este momento são escassos devido ao seu recente estabelecimento e por não ser um índice oficial. Pretende-se com este estudo estender o trabalho de Astorino *et al.* (2017), ampliando o conhecimento sobre o IVol-BR e a sua relação com os retornos futuros do Ibovespa e setoriais. Dessa forma, esta pesquisa colabora na divulgação do IVol-BR a fim de que se torne mais difundido na academia e no mercado financeiro brasileiro. O aumento de pesquisas relacionadas ao IVol-BR ou outros índices de volatilidade implícita para o mercado brasileiro pode incentivar a publicação de um índice de volatilidade implícita oficial pela B3 e, futuramente, no lançamento de derivativos, por exemplo, futuros e opções do índice de volatilidade implícita.

Esta pesquisa investiga, primeiro, por meio de regressões, (i) a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em diferentes períodos do mercado brasileiro, (ii) a relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa e (iii) os efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa. Em seguida, a pesquisa examina as mesmas relações anteriormente descritas para diversos setores econômicos, substituindo os retornos futuros do Ibovespa pelos retornos futuros correspondentes de cada setor. Os setores econômicos considerados neste estudo são: consumo, energia elétrica, financeiro, materiais básicos, imobiliário, industrial e utilidade pública. Assim, este estudo procura averiguar se o IVol-BR auxilia na previsão dos retornos futuros do Ibovespa e dos setores econômicos.

Segundo Rubbaniy *et al.* (2014), a capacidade de prever retornos futuros e volatilidade do mercado permite que investidores possam alcançar uma “[...] performance superior no mercado (ineficiente) por meio da antecipação dos seus riscos (volatilidade) e de retornos mais altos obtidos pela antecipação do momento certo de entrar e sair do mercado.” (RUBBANIY *et al.*, 2014, p. 1, tradução nossa). Comprovada a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros, os investidores poderão antecipar instabilidades do mercado brasileiro, estruturando estratégias para proteger suas carteiras de investimentos, bem como identificar oportunidades de entrada e saída do mercado.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que o IVol-BR pode auxiliar na previsão dos retornos futuros do Ibovespa e dos setores econômicos, principalmente, para retornos futuros de 20 e 60 dias.

Este estudo, a partir deste ponto, está organizado da seguinte forma. O capítulo 2 contempla a revisão de literatura. O capítulo 3 descreve a metodologia de pesquisa adotada. O capítulo 4 exibe os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa e entre o IVol-BR e os retornos futuros setoriais. O capítulo 5 expõe os resultados do teste de robustez. Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

2 Referencial teórico

A volatilidade é uma variável não observável diretamente no mercado, podendo ser estimada por diversos métodos. Essa variedade de modelos gera diferentes estimativas de volatilidade, denominadas volatilidade estatística, volatilidade histórica e volatilidade implícita.

A volatilidade estatística é calculada a partir de modelos econométricos e a volatilidade histórica é estimada por métodos mais simples como o desvio padrão (PINHO; CAMARGOS; FIGUEIREDO, 2017). Ambas utilizam dados históricos da variável. A volatilidade implícita é aquela extraída dos preços das opções observados no mercado (HULL, 2015) e uma das formas mais comuns de obtê-la é a partir do modelo de precificação de opções Black-Scholes. Ela é considerada como a expectativa do mercado sobre a volatilidade futura do ativo-objeto durante o tempo de vida da opção. Diante dessa natureza *forward looking*, diversos estudos investigaram o conteúdo informacional da volatilidade implícita sobre a volatilidade futura.

Canina e Figlewski (1993) analisaram as opções sobre o índice S&P 100 para o período entre março de 1983 e março de 1987 (antes do *crash* de outubro de 1987, marcado pela queda de 22,6% do DJIA) e concluíram que a volatilidade implícita praticamente não tem correlação com a volatilidade futura.

Day e Lewis (1992) examinaram as opções sobre o índice S&P 100 para um período mais longo que Canina e Figlewski (1993), entre 1983 a 1989. Os autores indicaram que a volatilidade implícita é um estimador viesado e ineficiente da volatilidade futura e não exibe informação adicional daquela apresentada nos modelos do tipo GARCH. Lamoureux e Lastrapes (1993), que estudaram as volatilidades implícitas das opções de 10 ações negociadas na CBOE entre 1982 e 1984, obtiveram conclusão similar à de Day e Lewis (1992).

Christensen e Prabhala (1998) sugerem o contrário. A volatilidade implícita supera a volatilidade histórica na previsão de volatilidade futura, sendo menos viesada do que descrito nos estudos mencionados anteriormente. Os autores

trabalharam com um período mais extenso, entre 1983 e 1995, e uma amostra mensal sem sobreposição. Houve uma mudança de regime devido ao *crash* de 1987, sendo a volatilidade implícita mais viesada antes do *crash* do que depois, segundo a pesquisa.

Assim como Christensen e Prabhala (1998), Fleming (1998) avaliou a performance da volatilidade implícita do S&P 100 para o período entre 1982 e 1995 (excluindo o *crash* de 1987). Os resultados indicaram que a volatilidade implícita contém informação relevante sobre a volatilidade futura, apesar de ser um estimador viesado positivamente, e supera a volatilidade histórica na previsão de volatilidade futura. Blair, Poon e Taylor (2001) e Corrado e Miller (2005) chegaram a conclusões similares às de Christensen e Prabhala (1998) e Fleming (1998), examinando, respectivamente, o VIX, entre 1987 e 1999, e o VIX, VXN e VXO (descrito adiante), entre 1988 e 2003.

Na literatura nacional, Andrade e Tabak (2001) analisaram a volatilidade implícita nos preços das opções de compra de câmbio Dólar-Real para o período entre 1999 e 2000. Os resultados das regressões revelaram que a volatilidade implícita, apesar de viesada positivamente, contém informação sobre a volatilidade futura que não está presente nos retornos passados.

Gabe e Portugal (2004) avaliaram, sobre uma base de dados de ações e opções de compra da Telemar, para o período entre 1998 e 2002, qual estimador prediz de forma mais precisa a volatilidade futura: a volatilidade implícita ou modelos estatísticos do tipo GARCH. As regressões evidenciaram que a volatilidade implícita contém informação relevante sobre a volatilidade futura, contudo ela é viesada. O modelo FIGARCH apresentou melhor desempenho sendo eficiente e não viesado.

Vicente e Guedes (2010) investigaram o poder explicativo da volatilidade implícita e histórica com relação à volatilidade futura utilizando dados do mercado de ações e de opções de compra da Petrobras no período entre 2006 e 2008. As regressões do estudo indicaram que a volatilidade implícita detinha mais informações sobre a volatilidade futura do que a volatilidade histórica.

Em geral, os estudos demonstraram que a volatilidade implícita, apesar de viesada, tem poder de previsão sobre a volatilidade futura. Dado essa boa capacidade preditiva de volatilidade futura, é razoável supor que exista uma relação similar entre a volatilidade implícita e os retornos futuros (GIOT, 2005). Diversos

autores pesquisaram o comportamento dos índices de volatilidade implícita, principalmente o VIX, precursor desses índices, sobre os retornos futuros e contemporâneos de uma variável.

Whaley (2000) estudou a relação contemporânea entre o VIX e o índice americano S&P 100 (até 2003, o VIX media a volatilidade esperada do S&P 100) durante o período entre 1995 e 1999 e observou que a relação era negativa. Segundo o autor, em momentos de grande incerteza (alta volatilidade), os investidores elevam as taxas de desconto dos seus investimentos acionários, acarretando uma redução no valor presente dos fluxos de caixa (dividendos), e, por consequência, uma queda no valor das ações. Outra constatação foi a assimetria. A relação entre o VIX e o S&P 100 era mais forte em momentos de pessimismo do mercado acionário do que em momentos de euforia. Por isso, esse índice é nomeado *Investor Fear Gauge*, o índice do medo (WHALEY, 2000).

Em linha com a pesquisa de Whaley (2000), Giot (2005) examinou a relação contemporânea entre o VIX e o S&P 100 e o VXN e o NASDAQ-100 para o período entre 1997 e 2003, obtendo o resultado de que a relação entre as variáveis era negativa. A relação entre o VIX e S&P 100 também se revelou assimétrica, enquanto a relação entre o VXN e NASDAQ-100 não se mostrou assimétrica. O estudo de Giot (2005), portanto, corrobora a definição do VIX como um medidor de medo dos investidores.

Posteriormente, em uma segunda etapa do seu estudo, o autor examinou a capacidade do VIX (VXN) prever os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do S&P 100 (NASDAQ-100). A ideia de analisar o índice de volatilidade implícita como indicador antecedente provém do pensamento dos operadores de mercado de que níveis altos de volatilidade implícita indicam um mercado sobrevendido e, portanto, podem ser vistos como um sinal para entrarem em posições compradas (GIOT, 2005). A metodologia adotada pelo autor foi: dado um instante t , classifica-se o VIX (VXN) em um dos 20 percentis, ordenados segundo uma janela móvel de 2 anos dos dados históricos observados do VIX (VXN), e retém-se os retornos futuros. Em seguida, verifica-se a média dos retornos futuros para cada nível da volatilidade. O estudo revelou que níveis muito altos (baixos) do VIX e VXN estão associados a retornos futuros positivos (negativos) dos mercados. Os índices de volatilidade implícita, portanto, segundo os resultados da pesquisa, têm capacidade preditiva.

Diferentemente de Whaley (2000) e Giot (2005), que analisaram somente a relação entre os índices de volatilidade implícita e os mercados acionários americanos, Smales (2016) analisou a relação entre o VIX e os diversos mercados financeiros dos Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia entre 2001 e 2015. O autor considerou os índices de ações S&P500, ASX200, NZX50, os índices de moedas¹ e os juros dos títulos de 10 anos do governo de cada país. As regressões demonstraram uma relação contemporânea negativa entre o VIX e os ativos. Apenas a relação entre o VIX e o dólar foi positiva, ou seja, à medida que o VIX aumenta (diminui), há uma valorização (depreciação) do dólar.

O autor também investigou se, em períodos subsequentes a níveis altos (baixos) do VIX, ocorre retornos altos (baixos) dos mercados acionários e de juros, a valorização (depreciação) do AUD e NZD e a depreciação (valorização) do USD. Smales (2016) observou a média dos retornos de 5, 20, 60 e 120 dias desses mercados posteriores a níveis extremamente altos e baixos do VIX. O estudo concluiu que o VIX tem, em geral, capacidade preditiva dos retornos futuros dos diversos mercados e que seria possível formar estratégias lucrativas como comprar ações, AUD e NZD ou vender USD quando o VIX está em níveis altos e o contrário quando o VIX está em níveis baixos.

Corrado e Miller (2006) avaliaram a capacidade da volatilidade implícita e histórica de prever os retornos esperados do índice S&P 500 no período entre 1994 e 2003. Para tal, os autores estimaram a razão prêmio-risco de Merton (1980) utilizando volatilidade histórica e o VIX. Em seguida, para cada razão prêmio-risco, calcularam os retornos esperados que foram comparados aos retornos realizados. Os resultados demonstraram que quando o risco foi baseado na volatilidade histórica, não houve relação significativa entre os retornos esperados e realizados em nenhum período analisado, entretanto, quando o risco foi baseado na volatilidade implícita, a relação foi positiva e significativa para o período entre 1994 e 1998.

Copeland e Copeland (1999) demonstraram que alternar as estratégias de alocação de ativos conforme os sinais dados pelo VIX produziam retornos futuros positivos. Os autores oscilaram (i) entre carteiras compostas por ações de valor e ações de crescimento, representadas, respectivamente, pelos índices S&P/BARRA

¹ Valor médio ponderado da moeda local em relação às moedas dos parceiros comerciais do país. Calculado pelo Banco Central da Austrália (www.rba.gov.au) segundo Smales (2016).

Value e S&P/BARRA *Growth* e (ii) entre carteiras compostas por ações large e small caps, representadas, respectivamente, pelos contratos futuros dos índices S&P 500 e *Value Line*. Quando o VIX aumentava em relação a sua média móvel de 75 dias, nos dias subsequentes, as carteiras formadas por ações de valor e por ações large cap tinham desempenho superior às carteiras formadas por ações de crescimento e por ações small cap, e, quando o VIX diminuía, o contrário ocorria.

Kozyra e Lento (2011) calcularam indicadores, como o cruzamento de média móvel, utilizando dados do VIX, para gerar sinais de entrada e saída dos mercados acionários S&P500, NASDAQ-100 e DJIA. Como a análise técnica e o VIX são considerados *forward looking*, juntos deveriam, segundo os autores, gerar sinais *forward looking* mais robustos. Os resultados revelaram que a análise técnica baseada nos dados do VIX produz lucros, sendo superiores aos da análise técnica baseada nos preços das ações.

Banerjee, Doran e Peterson (2007) analisaram a capacidade preditiva do VIX por outro ângulo. Os autores examinaram, por meio de regressões, a relação entre o VIX e os retornos futuros de 30 e 60 dias das carteiras de ações estruturadas segundo beta, tamanho (valor de mercado) e *book-to-market* (razão entre o valor patrimonial e o valor de mercado da firma) e a relação entre o VIX e os retornos futuros dessas mesmas carteiras de ações na presença dos fatores de Fama e French (1993) e Carhart (1997). A pesquisa demonstrou que o VIX tem capacidade preditiva com relação aos retornos futuros para a maioria das carteiras analisadas e a relação entre o VIX e os retornos futuros é mais forte para as carteiras com beta alto.

O estudo de Banerjee, Doran e Peterson (2007) ficou limitado ao período entre 1986 e 2005, desconsiderando a crise financeira que ocorreu principalmente em 2008. Rubbaniy *et al.* (2014) ampliaram o período analisado para 2009, englobando a crise financeira, e realizaram uma pesquisa similar ao feito por Banerjee, Doran e Peterson (2007). Ademais, os autores analisaram outros índices de volatilidade implícita, o VXN e o VDAX, e a relação entre os índices de volatilidade implícita e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias dos mercados acionários e das carteiras de ações estruturadas segundo o setor econômico. A pesquisa indica que os índices de volatilidade implícita têm em geral capacidade preditiva com relação aos retornos futuros de 20 e 60 dias, porém insignificante para períodos menores (1 e 5 dias).

É importante ressaltar que Blair, Poon e Taylor (2001), Whaley (2000), Giot (2005) e Copeland e Copeland (1999) analisaram o VIX “antigo”, atualmente denominado VXO, enquanto os demais pesquisadores o “novo” VIX. A mudança do VIX, realizada pela CBOE, ocorreu em 2003. Os principais pontos de diferença entre o VIX “novo” e o VIX “antigo” são (i) as fontes de volatilidade e (ii) as metodologias de cálculo (CARR; WU, 2006). O VIX “antigo”² é baseado nos preços das opções sobre o S&P 100 (OEX) e adota somente os preços de oito opções no dinheiro, enquanto o VIX “novo”³ é baseado nos preços das opções sobre o S&P 500 (SPX) e adota os preços das opções no dinheiro e fora do dinheiro (CARR; WU, 2006; WHALEY, 2009). Essa alteração se deve ao aumento das operações no mercado de opções SPX ao longo dos anos, tornando-se mais ativo e relevante que o mercado de opções OEX, e ao aumento de opções de venda de SPX no dinheiro e fora do dinheiro (WHALEY, 2009).

Grande parte da literatura sobre índice de volatilidade implícita tem como objeto de pesquisa o VIX. Entretanto, com o lançamento, recentemente, de índices de volatilidade implícita nos mercados emergentes, alguns estudos investigaram a capacidade de previsão de retornos futuros desses índices.

Bagchi (2012) examinou a relação entre o índice de volatilidade implícita indiano (India VIX) e os retornos futuros de 30 e 45 dias das carteiras de ações estruturadas segundo beta, tamanho e *book-to-market* para o período entre 2007 e 2009. Os resultados das regressões revelaram uma relação positiva e significativa entre as variáveis.

Yang *et al.* (2014) estudaram a relação entre o índice de volatilidade implícita mexicano (VIMEX) e os retornos futuros do índice de bolsa mexicana IPC Mexico para o período entre 2004 e 2012 e demonstraram que o VIMEX tem poder de sinalização significativo dos retornos futuros do mercado acionário mexicano, sendo que esse poder foi mais forte no período pré-crise financeira internacional (antes da quebra do banco americano Leman Brothers).

Chandra e Thenmozhi (2015) e Lee e Ryu (2014) analisaram, respectivamente, o India VIX e o índice de volatilidade implícita coreano VKOSPI, realizando pesquisas similares ao de Copeland e Copeland (1999). Chandra e

² A metodologia de cálculo do VIX “antigo” (VXO) está detalhado no Whaley (1993).

³ A metodologia de cálculo do VIX “novo” encontra-se no site da CBOE (www.cboe.com) e no Carr e Wu (2006).

Thenmozhi (2015) evidenciaram que oscilar entre carteiras compostas por ações large e mid caps conforme os sinais dados pelo India VIX produziam retornos futuros positivos. Lee e Ryu (2014) observaram os movimentos do VKOSPI para alternar entre carteiras compostas por ações de valor e de crescimento e entre carteiras compostas por ações large e small caps. Essas estratégias também geraram retornos futuros positivos.

Astorino *et al.* (2017) propuseram um índice de volatilidade implícita para o mercado brasileiro, o IVol-BR. A metodologia de cálculo do IVol-BR se baseia na do VIX, porém com alguns ajustes a fim de refletir a baixa liquidez do mercado de opções brasileiro e o número reduzido de exercícios das opções.

Os autores realizaram diversos testes empíricos a fim de validar o IVol-BR. Primeiro, eles revelaram, por meio de regressões, que o IVol-BR contém informação sobre a volatilidade futura do retorno do Ibovespa. Em seguida, eles decompueram o quadrado do IVol-BR em (i) a variância esperada do retorno e (ii) o prêmio de variância (diferença entre o quadrado do IVol-BR e variância do esperada) e, partir do prêmio de variância, elaboraram uma medida de aversão ao risco variável no tempo para investidores brasileiros. A pesquisa também mostrou, por meio de regressões, que o prêmio de variância e a medida de aversão ao risco têm capacidade de prever retornos futuros do Ibovespa. O IVol-BR revelou pouca capacidade preditiva para retornos do Ibovespa quatro semanas à frente.

3

Metodologia de pesquisa

Seguindo, principalmente, a linha de estudo de Rubbaniy *et al.* (2014), este estudo foca no IVol-BR. Dessa forma, esta pesquisa pretende estender o trabalho de Astorino *et al.* (2017) por meio do exame (i) da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em diferentes períodos do mercado brasileiro, (ii) da relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa e (iii) dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa. Este estudo procura averiguar a capacidade preditiva do IVol-BR, todavia de forma distinta da realizada por Astorino *et al.* (2017). Estes autores averiguaram somente a capacidade preditiva do IVol-BR com relação aos retornos futuros de 30 dias sem levar em conta o impacto de momentos distintos do mercado acionário brasileiro, as diferentes intensidades do IVol-BR e os diversos níveis de retornos futuros do Ibovespa.

Esta pesquisa também pretende examinar o impacto do IVol-BR nos retornos futuros dos setores econômicos, assim como foi realizado no estudo de Rubbaniy *et al.* (2014). Investiga-se (i) a relação do IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos em diferentes períodos do mercado brasileiro, (ii) a relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos e (iii) os efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros dos setores econômicos.

3.1.

Dados

Os dados utilizados neste estudo são as séries diárias do IVol-BR, do Ibovespa e de todos os índices setoriais publicados pela B3. A Tabela 1 expõe os índices setoriais e os setores econômicos correspondentes. O período de análise selecionado é entre agosto de 2011 e de setembro 2018 que corresponde exatamente aos dados disponíveis do IVol-BR no site do Centro Brasileiro de Pesquisa em Economia Financeira da Universidade de São Paulo (NEFIN) no dia 31 de outubro de 2018. Todos os demais dados são extraídos do programa Economática.

Índices Setoriais	Sigla	Setores Econômicos
Índice de Consumo	ICON	Consumo
Índice de Energia Elétrica	IEE	Energia Elétrica
Índice BM&FBOVESPA Financeiro	IFNC	Financeiro
Índice de Materiais Básicos BM&FBOVESPA	IMAT	Materiais Básicos
Índice Imobiliário	IMOB	Imobiliário
Índice do Setor Industrial	INDX	Industrial
Índice Utilidade Pública BM&FBOVESPA	UTIL	Utilidade Pública

Tabela 1 - Setores econômicos.

Fonte: Elaboração própria. Dados extraídos do site da B3.

3.2.

Tratamento dos dados

3.2.1.

IVol-BR

O IVol-BR é calculado diariamente, entretanto, nos dias úteis em que não há negociações suficientes de opções sobre o Ibovespa, o IVol-BR não é lançado (ASTORINO *et al.*, 2017). Para a realização dessa pesquisa, há uma necessidade de se solucionar essa ausência de dados. Adota-se, portanto, o método de imputação por interpolação linear (MORITZ *et al.*, 2015; MORITZ; BARTZ-BEIELSTEIN, 2017; RANTOU; KARAGRIGORIOU; VONTA, 2017). O processo de seleção do método apropriado de imputação encontra-se nos Apêndices. Todas as análises deste estudo utilizam a série tratada do IVol-BR.

3.2.2.

Retornos futuros

Após o tratamento do IVol-BR, calcula-se as séries de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias (úteis) do Ibovespa e dos setores econômicos, seguindo a metodologia encontrada no estudo de Giot (2005). A equação (1) exemplifica o cálculo para os retornos futuros do Ibovespa. O mesmo cálculo é realizado para os setores econômicos, todavia substituindo o Ibovespa pelo índice setorial correspondente de cada setor.

$$R_{t+n} = \ln(Ibov_{t+n}) - \ln(Ibov_t) \quad (1)$$

Em que:

$Ibov_{t+n}$ é o valor do Ibovespa no instante $t + n$;

$Ibov_t$ é o valor do Ibovespa no instante t ; e

$n = 1$ para retornos futuros de 1 dia útil, $n = 5$ para retornos futuros de 5 dias úteis, $n = 20$ para retornos futuros de 20 dias úteis e $n = 60$ para retornos futuros de 60 dias úteis.

3.3.

Procedimentos de análise de dados

3.3.1.

Teste de estacionariedade

De posse das séries dos retornos futuros, avalia-se a estacionariedade das séries por meio do teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (1979). Este teste verifica se a série tem ou não raiz unitária. A hipótese nula (H_0) do teste ADF é de que a série possui raiz unitária (a série não é estacionária) e a hipótese alternativa (H_1) é de que a série não possui raiz unitária (a série é estacionária). O teste ADF é expresso pela seguinte especificação:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \rho_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (2)$$

onde α é o intercepto, β é o coeficiente de tendência, γ é o coeficiente de presença de raiz unitária, e Δy_{t-i} é a variável dependente diferenciada e defasada.

A hipótese nula é dada por $H_0: \gamma = 0$ e a hipótese alternativa por $H_1: \gamma < 0$. A estatística T do teste ADF é dada pela razão do coeficiente estimado $\hat{\gamma}$ e seu desvio padrão.

Em seguida, a fim de se confirmar os resultados do teste ADF, o teste desenvolvido por Kwiatkowski *et al.* (1992), denominado teste KPSS, é empregado. A hipótese nula (H_0) do teste KPSS é de que a série é estacionária e a hipótese alternativa (H_1) é de que a série apresenta raiz unitária (a série não é estacionária).

Seja $y_t, t=1, \dots, T$, a série de observações que se testa a estacionariedade. No teste KPSS, a série y_t é representada como o somatório dos componentes tendência determinística (t), passeio aleatório (r_t), e erro estacionário (ε_t):

$$\begin{aligned} y_t &= \xi t + r_t + \varepsilon_t \\ r_t &= r_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (3)$$

onde o erro u_t é independente e identicamente distribuído com média zero e variância σ_u^2 .

A hipótese nula é dada por $H_0: \sigma_u^2 = 0$, o que implica que r_t é uma constante, e a hipótese alternativa por $H_1: \sigma_u^2 > 0$. A estatística do teste KPSS é dada pelos multiplicadores de *Lagrange* (LM):

$$LM = \sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2} \quad (4)$$

em que $S_t = \sum_{i=1}^t e_i$, $t = 1, \dots, T$ é a soma parcial dos resíduos da regressão de y_t sobre um intercepto e uma tendência e $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ é a estimativa da variância dos erros dessa regressão.

A estacionariedade dos dados é relevante para esta pesquisa visto que a análise da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros é efetuada por meio de regressões. Dados com tendências estocásticas podem aparentar estar relacionados quando não o são, ou seja, a regressão é espúria (STOCK; WATSON, 2004). A estacionariedade da série do IVol-BR é verificada durante o tratamento dos dados faltantes.

3.3.2. Definição dos modelos

A primeira relação a ser examinada neste estudo, tomando como base a pesquisa de Rubbaniy *et al.* (2014), é entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias durante toda a série histórica e em dois momentos distintos do mercado acionário brasileiro, nomeados de Período de Baixa e Período de Alta.

A série histórica do mercado brasileiro compreende o período entre agosto de 2011 e setembro de 2018 que corresponde exatamente aos dados disponíveis do IVol-BR no dia 31 de outubro de 2018. O Período de Baixa representa o momento de baixa do mercado brasileiro, entre agosto de 2011 e janeiro de 2016 e o Período de Alta representa o momento de alta do mercado brasileiro, entre fevereiro de 2016 e setembro de 2018. A Figura 1 exibe a alta e a baixa do mercado brasileiro.

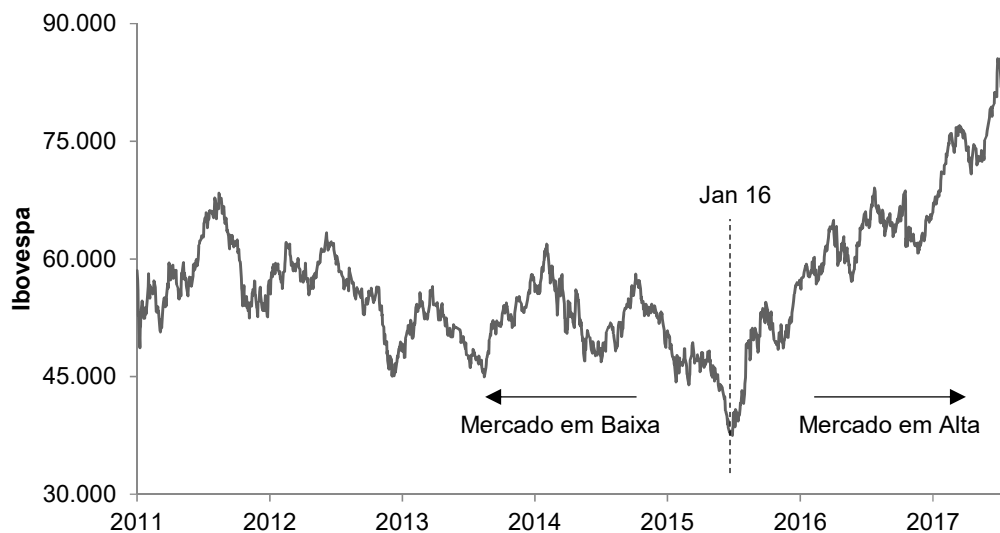


Figura 1 - Série histórica do índice Bovespa (Ibovespa) de 1 de agosto de 2011 a 28 de setembro de 2018.

Fonte: Elaboração própria.

A relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa durante toda a série histórica e em distintos momentos do mercado acionário brasileiro é analisada pelo método de regressão por mínimos quadrados, utilizando a equação (5):

$$R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t \quad (5)$$

onde:

R_{t+n} é o retorno futuro de $t + n$ dias do Ibovespa;

α é o intercepto;

$IVol_t$ é o IVol-BR no instante t ;

β é o parâmetro que capta o impacto do IVol-BR no retorno futuro do Ibovespa; e

ε_t é o termo de erro no instante t .

Em seguida, investiga-se a relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa pelo método de regressão por mínimos quadrados. Para isso, classifica-se o IVol-BR em percentis, focando somente nos extremos. Os percentis 90%, 95% e 99% representam os períodos de alta volatilidade, enquanto os percentis 1%, 5% e 10% representam os períodos de baixa volatilidade. Para cada percentil dos períodos de alta e baixa da volatilidade, se observa e retém os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa correspondentes. Posteriormente, são realizadas as regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa para cada percentil dos períodos

de alta volatilidade (90%, 95% e 99%) e baixa volatilidade (1%, 5% e 10%) conforme a equação (5).

A análise da relação em diferentes intensidades do IVol-BR tem o intuito de averiguar, assim como Rubbaniy *et al.* (2014) efetuou em seu estudo, se os altos (baixos) níveis de volatilidade implícita indicam retornos futuros positivos (negativos), sendo, portanto, um sinal para investidores entrarem no mercado (GIOT, 2005).

Posteriormente, explora-se os efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa, calculando a equação (5) pelo método de regressão quantílica. Esse método permite examinar o impacto do IVol-BR nos diversos pontos da distribuição condicional dos retornos futuros do Ibovespa, enquanto a regressão por mínimos quadrados estima apenas o efeito médio do IVol-BR na distribuição condicional dos retornos futuros do Ibovespa.

O modelo de regressão quantílica, desenvolvido por Koenker e Bassett (1978), está descrito a seguir:

Seja x_t , com $t=1, \dots, T$, uma sequência de K -vetores de uma determinada matriz. Suponha que y_t , com $t=1, \dots, T$, é uma amostra aleatória do processo da regressão $u_t = y_t - x_t\beta$, tendo uma função distribuição F . O θ -ésimo quantil da regressão, $0 < \theta < 1$, é definido como qualquer solução do seguinte problema de minimização:

$$\min_{b \in R^K} \left[\sum_{t \in \{t: y_t \geq x_t\beta\}} \theta |y_t - x_t\beta| + \sum_{t \in \{t: y_t < x_t\beta\}} (1 - \theta) |y_t - x_t\beta| \right] \quad (6)$$

O modelo especifica a função quantil condicional de y_t dado x_t como:

$$\begin{aligned} Quant_{\theta}(y_t | x_t) &= x_t\beta(\theta) \\ \theta &\in (0, 1) \end{aligned} \quad (7)$$

Este estudo analisa o efeito do IVol-BR nos níveis altos e baixos de retornos futuros do Ibovespa, isto é, o efeito do IVol-BR nos percentis 90%, 95% e 99% e nos percentis 1%, 5% e 10% dos retornos futuros do Ibovespa, respectivamente.

Concluídas as regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa, o estudo direciona-se para o exame das relações entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias dos setores econômicos descritos na Tabela 1. Calcula-se para cada setor econômico as três regressões detalhadas anteriormente, porém, utilizando a equação (8). Substitui-se os retornos futuros do Ibovespa pelos retornos futuros do índice setorial correspondente de cada setor.

$$R_{t+n}^j = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

onde:

R_{t+n}^j é o retorno futuro de $t + n$ dias;

j se refere ao setor econômico, em que $j=ICON$ se refere ao setor de consumo, $j=IEE$ ao setor energia elétrica, $j=IFNC$ ao setor finanças, $j=IMAT$ ao setor materiais básicos, $j=IMOB$ ao setor imobiliário, $j=INDX$ ao setor industrial e $j=UTIL$ ao setor utilidade pública;

α é o intercepto;

$IVol_t$ é o IVol-BR no instante t ;

β é o parâmetro que capta o impacto do IVol-BR no retorno futuro setorial; e

ε_t é o termo de erro no instante t .

3.3.3. Teste de Robustez

Realiza-se um teste de robustez dos resultados obtidos com as regressões acima, alterando as especificações das equações (5) e (8).

O primeiro passo é verificar a presença de autocorrelação nas séries de retornos futuros por meio do modelo auto-regressivo de primeira ordem, conhecido como modelo ou processo AR(1). O processo AR(1) é quando o valor de uma variável y no instante t depende do seu valor no instante imediatamente anterior ($t-1$) e de um termo de erro (u_t), conforme expresso na equação (9):

$$y_t = \alpha + \phi y_{t-1} + u_t \quad (9)$$

O modelo AR(1) para as séries de retornos futuros (R_{t+n}) do Ibovespa é modelada através da equação (10):

$$R_{t+n} = \alpha + \phi R_{(t+n)-1} + u_{t+n} \quad (10)$$

Caso os resultados dos modelos AR(1) das séries de retornos futuros do Ibovespa sejam significativos, as séries apresentam uma correlação na primeira defasagem, ou seja, exibem autocorrelação serial.

O passo seguinte é modificar a equação (5), somando as séries dos resíduos gerados no processo AR(1), u_{t+n} , se as séries de retornos futuros apresentarem autocorrelação. Dessa forma, corrige-se a autocorrelação serial no resíduo conforme exposto na equação (11).

$$R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + u_{t+n} + \varepsilon_t \quad (11)$$

Repete-se esses passos para as séries de retornos futuros dos setores econômicos alterando a equação (8) que resulta na equação a seguir:

$$R_{t+n}^j = \alpha + \beta IVol_t + u_{t+n} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Utiliza-se as equações (11) e (12) para testar a robustez dos resultados exibidos no próximo capítulo.

4 Resultados

Antes de discorrer sobre os resultados das regressões, as estatísticas descritivas do IVol-BR e os resultados dos testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) são exibidos nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

A média e mediana do IVol-BR durante o momento de baixa do mercado brasileiro (Período de Baixa) se mostrou levemente acima da média e mediana do momento de alta do mercado brasileiro (Período de Alta), como era de se esperar dado que os índices de volatilidade implícita geralmente aumentam durante períodos mais turbulentos. A assimetria também foi superior no Período de Baixa em comparação com o Período de Alta.

As séries do IVol-BR não têm distribuição normal, pois rejeitou-se a hipótese nula de normalidade no teste Jarque-Bera (1987). Além disso, as séries possuem uma distribuição leptocúrtica e uma assimetria à direita.

	Período de Baixa	Período de Alta	Série Completa
Média	23,789	23,227	23,567
Mediana	22,928	22,320	22,702
Máximo	47,053	40,004	47,053
Mínimo	13,878	13,109	13,109
Desvio Padrão	4,498	4,650	4,566
Assimetria	1,410	0,925	1,195
Curtose	6,038	3,766	5,101
Jarque-Bera	768,302	117,098	748,596
Probabilidade	0,000	0,000	0,000

Tabela 2 - Estatística descritiva do IVol-BR em distintos períodos do mercado brasileiro.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. Período de Baixa: entre agosto de 2011 e janeiro de 2016. Período de Alta: entre fevereiro de 2016 e setembro de 2018. Série Completa: entre agosto de 2011 e setembro de 2018.

Os resultados dos testes ADF e KPSS, expostos na Tabela 3, evidenciam que as séries de retornos futuros não apresentam raiz unitária no nível de 1% de significância, confirmando a estacionariedade dessas séries. Durante o processo de tratamento dos dados faltantes do IVol-BR, verificou-se que a série do IVol-BR também é estacionária.

		ADF				KPSS		
		Estatística	p-valor	Valores Críticos		Estatística	Valores Críticos	
1%	5%			1%	5%			
Retornos Futuros								
Ibovespa	1 dia	-42,621	0,000	-3,434	-2,863	0,135	0,739	0,463
	5 dias	-7,886	0,000	-3,434	-2,863	0,145	0,739	0,463
	20 dias	-5,844	0,000	-3,434	-2,863	0,134	0,739	0,463
	60 dias	-4,037	0,001	-3,434	-2,863	0,254	0,739	0,463
Consumo	1 dia	-42,102	0,000	-3,434	-2,863	0,181	0,739	0,463
	5 dias	-7,708	0,000	-3,434	-2,863	0,216	0,739	0,463
	20 dias	-5,896	0,000	-3,434	-2,863	0,246	0,739	0,463
	60 dias	-4,008	0,001	-3,434	-2,863	0,385	0,739	0,463
Energia Elétrica	1 dia	-39,405	0,000	-3,434	-2,863	0,094	0,739	0,463
	5 dias	-8,474	0,000	-3,434	-2,863	0,098	0,739	0,463
	20 dias	-5,769	0,000	-3,434	-2,863	0,092	0,739	0,463
	60 dias	-3,452	0,009	-3,434	-2,863	0,171	0,739	0,463
Financeiro	1 dia	-42,051	0,000	-3,434	-2,863	0,025	0,739	0,463
	5 dias	-8,716	0,000	-3,434	-2,863	0,026	0,739	0,463
	20 dias	-6,212	0,000	-3,434	-2,863	0,029	0,739	0,463
	60 dias	-4,090	0,001	-3,434	-2,863	0,052	0,739	0,463
Materiais Básicos	1 dia	-40,727	0,000	-3,434	-2,863	0,359	0,739	0,463
	5 dias	-7,824	0,000	-3,434	-2,863	0,367	0,739	0,463
	20 dias	-4,967	0,000	-3,434	-2,863	0,403	0,739	0,463
	60 dias	-3,861	0,002	-3,434	-2,863	0,720	0,739	0,463
Imobiliário	1 dia	-41,309	0,000	-3,434	-2,863	0,073	0,739	0,463
	5 dias	-7,816	0,000	-3,434	-2,863	0,083	0,739	0,463
	20 dias	-5,649	0,000	-3,434	-2,863	0,087	0,739	0,463
	60 dias	-3,893	0,002	-3,434	-2,863	0,170	0,739	0,463
Industrial	1 dia	-43,178	0,000	-3,434	-2,863	0,053	0,739	0,463
	5 dias	-8,084	0,000	-3,434	-2,863	0,088	0,739	0,463
	20 dias	-5,702	0,000	-3,434	-2,863	0,102	0,739	0,463
	60 dias	-4,429	0,000	-3,434	-2,863	0,147	0,739	0,463
Utilidade Pública	1 dia	-40,565	0,000	-3,434	-2,863	0,062	0,739	0,463
	5 dias	-7,639	0,000	-3,434	-2,863	0,071	0,739	0,463
	20 dias	-5,040	0,000	-3,434	-2,863	0,073	0,739	0,463
	60 dias	-3,546	0,007	-3,434	-2,863	0,120	0,739	0,463

Tabela 3 - Resultados dos testes ADF e KPSS.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. A hipótese nula (H_0) do teste ADF é de que a série apresenta raiz unitária (a série não é estacionária) e a hipótese alternativa (H_1) é de que a série não apresenta raiz unitária (a série é estacionária). A hipótese nula (H_0) do teste KPSS é de que a série é estacionária e a hipótese alternativa (H_1) é de que a série apresenta raiz unitária (a série não é estacionária).

4.1.

Relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa

A Tabela 4 apresenta os resultados das regressões da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa em períodos distintos do mercado acionário brasileiro.

Os resultados das regressões indicam uma relação positiva e significativa entre os retornos futuros de 20 e 60 dias e o IVol-BR em todos os períodos analisados. A relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1 e 5 dias não é significativa.

As regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 20 e 60 dias durante o momento de baixa do mercado brasileiro (Período de Baixa) e o momento de alta

(Período de Alta) apresentam valores distintos. Os resultados para 20 dias revelam uma influência mais forte do IVol-BR nos retornos futuros durante o período de alta do que no período de baixa do mercado, enquanto os resultados para 60 dias demonstram uma influência mais forte IVol-BR durante o momento de baixa do que de alta do mercado.

Observa-se, também, que os coeficientes das regressões para os retornos futuros de 60 dias foram os mais expressivos, podendo ser justificado pelo fato de que o IVol-BR mede a volatilidade esperada do Ibovespa nos próximos dois meses.

De maneira geral, os resultados das regressões da Tabela 4 revelam que existe uma relação entre os retornos futuros de 20 e 60 dias do Ibovespa e o IVol-BR em todos os períodos analisados, ou seja, os coeficientes foram significativos.

		Período de Baixa	Período de Alta	Série Completa
1 dia	β	-0,002	0,009	0,001
	σ	0,012	0,013	0,009
	p-valor	0,867	0,470	0,941
	R ²	0,000	0,001	0,000
5 dias	β	0,054	0,062	0,048
	σ	0,049	0,051	0,037
	p-valor	0,265	0,225	0,188
	R ²	0,006	0,009	0,005
20 dias	β	0,199**	0,345***	0,218***
	σ	0,093	0,121	0,082
	p-valor	0,033	0,005	0,008
	R ²	0,022	0,060	0,025
60 dias	β	0,647***	0,498**	0,491***
	σ	0,202	0,206	0,161
	p-valor	0,001	0,016	0,002
	R ²	0,071	0,059	0,043

Tabela 4 - Resultados das regressões entre os retornos futuros do Ibovespa e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação: $R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t$. Período de Baixa: entre agosto de 2011 e janeiro de 2016. Período de Alta: entre fevereiro de 2016 e setembro de 2018. Série Completa: entre agosto de 2011 e setembro de 2018. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

A Tabela 5 apresenta os resultados das regressões da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa.

Os resultados das regressões revelam que a relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa, em geral, não é significativa.

Diante desses resultados, o IVol-BR não exibiu uma capacidade preditiva em relação aos retornos futuros do Ibovespa quando em níveis extremamente altos e

baixos de volatilidade. Portanto, não se pode afirmar que altos (baixos) níveis de volatilidade sejam um sinal para investidores entrarem no mercado e obterem retornos futuros positivos (negativos).

		Percentil (IVol-BR)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
1 dia	β	-0,141	-0,115	-0,061	-0,029	-0,011	-0,256
	σ	0,264	0,091	0,074	0,049	0,084	0,254
	p-valor	0,599	0,207	0,409	0,552	0,895	0,328
	R ²	0,015	0,012	0,004	0,002	0,000	0,081
5 dias	β	0,701	0,413**	0,139	-0,037	0,000	0,208
	σ	0,507	0,201	0,138	0,090	0,149	0,543
	p-valor	0,183	0,043	0,313	0,677	0,999	0,706
	R ²	0,059	0,037	0,005	0,001	0,000	0,010
20 dias	β	1,375	0,778	0,106	0,235	0,215	0,692
	σ	1,922	0,573	0,436	0,152	0,197	0,573
	p-valor	0,484	0,178	0,809	0,125	0,278	0,244
	R ²	0,037	0,022	0,000	0,013	0,012	0,060
60 dias	β	3,982	1,429*	-0,113	-0,704**	-0,289	0,938
	σ	2,381	0,827	0,781	0,275	0,349	1,030
	p-valor	0,112	0,088	0,885	0,012	0,431	0,376
	R ²	0,124	0,027	0,000	0,049	0,010	0,051

Tabela 5 - Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação: $R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t$. Percentis 90%, 95% e 99%: períodos de alta volatilidade. Percentis 1%, 5% e 10%: períodos de baixa volatilidade. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

A Tabela 6 apresenta os resultados das regressões dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa. Os percentis 90%, 95% e 99% representam os níveis altos de retornos futuros do Ibovespa. Os percentis 1%, 5% e 10% representam os níveis baixos de retornos futuros do Ibovespa, compostos por retornos futuros negativos.

Os resultados das regressões apontam para uma relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os níveis altos de retornos futuros do Ibovespa. Nota-se, no percentil 99%, a maior influência do IVol-BR nos retornos futuros de 5, 20 e 60 dias em comparação aos outros percentis, sendo que, um aumento de 1 ponto percentual no IVol-BR está associado a um aumento de 0,343% nos retornos futuros de 5 dias, de 0,767% nos retornos futuros de 20 dias e de 1,234% nos retornos futuros de 60 dias.

Em níveis baixos de retornos futuros, os resultados das regressões são mistos. Dos 12 coeficientes obtidos, 4 coeficientes revelam que não há uma relação significativa entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa. Por outro lado, 5

coeficientes indicam uma relação significativa e negativa (um aumento no IVol-BR aumenta os retornos futuros negativos) e 3 coeficientes apontam para uma relação significativa e positiva (um aumento no IVol-BR diminui os retornos futuros negativos). Nota-se, no percentil 1%, a maior influência do IVol-BR nos retornos futuros de 1 dia em comparação aos outros percentis (um aumento de 1 ponto percentual no IVol-BR está associado a um aumento de 0,139% nos retornos futuros negativos de 1 dia).

O IVol-BR atua, em geral, como indicador antecedente dos retornos futuros do Ibovespa de forma mais significativa em níveis altos de retornos futuros do que em níveis baixos de retornos futuros do Ibovespa. Nos altos níveis de retornos futuros do Ibovespa, o IVol-BR apresentou um efeito significativo e positivo. Ademais, os coeficientes das regressões nos níveis altos de retornos futuros apresentaram valores absolutos superiores aos dos coeficientes das regressões nos níveis baixos de retornos futuros, exceto para retornos futuros de 1 dia. Nos baixos níveis de retornos futuros do Ibovespa, o IVol-BR apresentou um efeito variado e, em alguns casos, não apresentou influência.

		Percentil (Retornos Futuros)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
1 dia	β	-0,139**	-0,078***	-0,082***	0,062***	0,098***	0,112***
	σ	0,056	0,015	0,013	0,014	0,015	0,019
	p-valor	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,031	0,037	0,029	0,025	0,047	0,069
5 dias	β	-0,002	-0,116***	-0,098***	0,156***	0,256***	0,343***
	σ	0,031	0,024	0,024	0,029	0,030	0,043
	p-valor	0,957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,000	0,017	0,013	0,037	0,077	0,140
20 dias	β	0,081	0,073	0,137***	0,357***	0,364***	0,767***
	σ	0,126	0,070	0,050	0,069	0,104	0,075
	p-valor	0,522	0,299	0,007	0,000	0,001	0,000
	R ²	0,004	0,001	0,004	0,029	0,041	0,176
60 dias	β	0,014	0,123*	0,312***	0,564***	0,557***	1,234***
	σ	0,091	0,073	0,117	0,109	0,143	0,119
	p-valor	0,878	0,091	0,008	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,000	0,002	0,007	0,028	0,031	0,183

Tabela 6 - Resultados das regressões quantílicas entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. Resultados das regressões quantílicas conforme equação: $R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t$. Percentis 90%, 95% e 99%: níveis altos de retornos futuros. Percentis 1%, 5% e 10%: níveis baixos de retornos futuros. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

4.2.

Relação entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos

A Tabela 7 apresenta os resultados das regressões da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias de 7 setores econômicos em períodos distintos do mercado acionário brasileiro.

Os resultados obtidos revelam que não há uma relação entre o IVol-BR e os retornos futuros setoriais de 1 dia. Enquanto os resultados das regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 5 dias revelam uma relação significativa para 2 setores durante o momento de baixa do mercado (Período de Baixa) e para outros 2 setores durante o momento de alta do mercado (Período de Alta). As regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 20 dias demonstram uma relação significativa para 5 setores durante o período de baixa e para 4 setores durante o período de alta. O IVol-BR tem efeito nos retornos futuros de 60 dias de todos os setores durante o período de baixa e de 6 setores durante o período de alta. Nota-se que os valores absolutos dos coeficientes das regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 60 dias são superiores aos dos coeficientes das demais regressões.

Alguns resultados evidenciam uma assimetria na relação entre o IVol-BR e os retornos futuros em diferentes momentos do mercado brasileiro. Os resultados do setor materiais básicos revelam uma influência mais forte do IVol-BR nos retornos futuros de 60 dias durante o período de baixa do que no período de alta do mercado. Os resultados dos setores consumo, energia elétrica, imobiliário e utilidade pública indicam uma influência mais expressiva do IVol-BR nos retornos futuros de 60 dias durante o período de alta do que no período de baixa do mercado. O mesmo ocorre com os retornos futuros de 20 dias do setor imobiliário e financeiro.

Em geral, os resultados da Tabela 7 indicam que existe uma relação entre o IVol-BR e os retornos futuros setoriais de 20 e 60 dias em diferentes períodos do mercado, visto que a maioria dos coeficientes foi significativo.

			Retornos Futuros			
			1 dia	5 dias	20 dias	60 dias
Consumo	Período de Baixa	β	0,003	0,059	0,180***	0,325***
		σ	0,008	0,036	0,069	0,118
		p-valor	0,741	0,100	0,009	0,006
		R ²	0,000	0,012	0,032	0,035

Energia Elétrica	Período de Alta	β	0,002	0,017	0,129	0,441***
		σ	0,010	0,039	0,098	0,155
		p-valor	0,844	0,668	0,191	0,005
		R ²	0,000	0,001	0,011	0,046
	Série Completa	β	0,002	0,043	0,161***	0,370***
		σ	0,006	0,028	0,061	0,105
		p-valor	0,702	0,119	0,009	0,000
		R ²	0,000	0,006	0,022	0,040
	Período de Baixa	β	-0,014	0,001	0,107	0,479***
		σ	0,010	0,038	0,082	0,157
		p-valor	0,130	0,972	0,191	0,002
		R ²	0,003	0,000	0,006	0,039
	Período de Alta	β	0,007	0,075*	0,333***	1,065***
		σ	0,011	0,045	0,090	0,199
		p-valor	0,509	0,094	0,000	0,000
		R ²	0,001	0,016	0,066	0,220
	Série Completa	β	-0,007	0,024	0,166***	0,590***
		σ	0,007	0,030	0,064	0,130
		p-valor	0,333	0,433	0,009	0,000
		R ²	0,001	0,001	0,016	0,061
Financeiro	Período de Baixa	β	-0,006	0,053	0,192**	0,644***
		σ	0,012	0,051	0,093	0,194
		p-valor	0,632	0,295	0,039	0,001
		R ²	0,000	0,005	0,018	0,064
	Período de Alta	β	0,015	0,082	0,433***	0,628**
		σ	0,015	0,062	0,164	0,276
		p-valor	0,303	0,185	0,008	0,023
		R ²	0,002	0,011	0,057	0,054
	Série Completa	β	0,001	0,059	0,259***	0,590***
		σ	0,010	0,040	0,089	0,168
		p-valor	0,899	0,140	0,004	0,001
		R ²	0,000	0,006	0,027	0,052
	Período de Baixa	β	0,013	0,102**	0,269***	0,756***
		σ	0,012	0,050	0,096	0,203
		p-valor	0,279	0,041	0,005	0,000
		R ²	0,001	0,014	0,029	0,073
	Período de Alta	β	0,001	0,035	0,017	-0,528**
		σ	0,020	0,084	0,149	0,220
		p-valor	0,957	0,675	0,911	0,016
		R ²	0,000	0,002	0,000	0,039
Materiais Básicos	Série Completa	β	0,006	0,064	0,122	0,134
		σ	0,011	0,045	0,091	0,167
		p-valor	0,581	0,161	0,183	0,423
		R ²	0,000	0,005	0,005	0,002
	Período de Baixa	β	-0,001	0,067	0,290**	0,848***
		σ	0,013	0,056	0,118	0,227
		p-valor	0,944	0,228	0,014	0,000
		R ²	0,000	0,006	0,035	0,098
	Período de Alta	β	0,016	0,082	0,474***	0,941***
		σ	0,012	0,050	0,120	0,206
		p-valor	0,198	0,104	0,000	0,000
		R ²	0,002	0,012	0,085	0,138
	Série Completa	β	0,004	0,066	0,330***	0,796***
		σ	0,010	0,041	0,094	0,179
		p-valor	0,678	0,107	0,001	0,000
		R ²	0,000	0,007	0,044	0,090
Imobiliário	Período de Baixa	β	-0,001	0,067	0,290**	0,848***
		σ	0,013	0,056	0,118	0,227
		p-valor	0,944	0,228	0,014	0,000
		R ²	0,000	0,006	0,035	0,098
	Período de Alta	β	0,016	0,082	0,474***	0,941***
		σ	0,012	0,050	0,120	0,206
		p-valor	0,198	0,104	0,000	0,000
		R ²	0,002	0,012	0,085	0,138
	Série Completa	β	0,004	0,066	0,330***	0,796***
		σ	0,010	0,041	0,094	0,179
		p-valor	0,678	0,107	0,001	0,000
		R ²	0,000	0,007	0,044	0,090

Industrial	Período de Baixa	β	0,008	0,078**	0,237***	0,448***
		σ	0,008	0,035	0,068	0,114
		p-valor	0,331	0,027	0,001	0,000
		R ²	0,001	0,020	0,054	0,067
	Período de Alta	β	-0,008	-0,017	-0,081	-0,182
		σ	0,009	0,040	0,066	0,132
		p-valor	0,390	0,665	0,217	0,167
		R ²	0,001	0,001	0,008	0,015
	Série Completa	β	0,002	0,041	0,115**	0,221**
		σ	0,006	0,027	0,057	0,102
		p-valor	0,784	0,129	0,043	0,031
		R ²	0,000	0,006	0,014	0,018
Utilidade Pública	Período de Baixa	β	-0,015	0,005	0,114	0,549***
		σ	0,011	0,042	0,089	0,187
		p-valor	0,162	0,912	0,203	0,003
		R ²	0,002	0,000	0,007	0,045
	Período de Alta	β	0,010	0,083*	0,394***	1,214***
		σ	0,010	0,044	0,086	0,163
		p-valor	0,342	0,057	0,000	0,000
		R ²	0,001	0,020	0,100	0,284
	Série Completa	β	-0,006	0,029	0,196***	0,701***
		σ	0,008	0,032	0,071	0,151
		p-valor	0,436	0,365	0,006	0,000
		R ²	0,000	0,002	0,021	0,080

Tabela 7 - Resultados das regressões entre os retornos futuros dos setores econômicos e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação: $R_{t+n}^j = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t$. Período de Baixa: entre agosto de 2011 e janeiro de 2016. Período de Alta: entre fevereiro de 2016 e setembro de 2018. Série Completa: entre agosto de 2011 e setembro de 2018. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

A Tabela 8 apresenta os resultados das regressões da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias dos setores econômicos. Os percentis 90%, 95% e 99% representam os níveis altos de volatilidade e os percentis 1%, 5% e 10% representam os níveis baixos de volatilidade.

Os resultados revelam que a relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros setoriais, em geral, não é significativa. As relações que se mostram significativas estão descritas a seguir.

Em níveis altos de volatilidade, 6 dos 12 coeficientes obtidos apontam para uma relação positiva entre o IVol-BR e os retornos futuros do **setor consumo**. Em níveis baixos de volatilidade, 3 dos 12 coeficientes indicam uma relação positiva entre o IVol-BR e os retornos futuros do setor consumo.

Para o **setor energia elétrica**, em níveis altos de volatilidade, 1 dos 12 coeficientes assinala para uma relação negativa entre o IVol-BR e os retornos

futuros. Em níveis baixos de volatilidade, 4 dos 12 coeficientes evidenciam uma relação positiva entre o IVol-BR e os retornos futuros do setor energia elétrica.

O **setor financeiro** exibe resultados mistos em níveis altos de volatilidade. Um dos 12 coeficientes indica uma relação positiva enquanto outro coeficiente uma relação negativa entre o IVol-BR e os retornos futuros. Em níveis baixos de volatilidade, 4 dos 12 coeficientes revelam uma relação positiva.

O **setor materiais básicos** também apresenta resultados variados em níveis altos de volatilidade. Um dos 12 coeficientes demonstra uma relação positiva enquanto outro coeficiente uma relação negativa entre o IVol-BR e os retornos futuros. Em níveis baixos de volatilidade, 4 dos 12 coeficientes evidenciam uma relação negativa.

Para o **setor imobiliário**, 2 dos 12 coeficientes apontam para uma relação negativa entre o IVol-BR e os retornos futuros em níveis altos de volatilidade. Em níveis baixos de volatilidade, os resultados das regressões são heterogêneos. Três dos 12 coeficientes sugerem uma relação positiva e 1 dos 12 coeficientes uma relação negativa.

Em níveis altos de volatilidade, 6 dos 12 coeficientes revelam uma relação positiva entre o IVol-BR e os retornos futuros do **setor industrial** e, em níveis baixos de volatilidade, 1 dos 12 coeficientes sinaliza para uma relação negativa.

Para o setor **utilidade pública**, 2 dos 12 coeficientes evidenciam uma relação negativa entre o IVol-BR e os retornos futuros em altos níveis de volatilidade e 5 dos 12 coeficientes sugerem uma relação positiva em baixos níveis de volatilidade.

Diante dos resultados da Tabela 8, o IVol-BR exibiu pouca capacidade preditiva em relação aos retornos futuros dos setores econômicos.

O IVol-BR apresentou capacidade preditiva de retornos futuros positivos em todos os percentis de alta volatilidade (90%, 95% e 99%) somente para os retornos futuros de 20 dias dos setores consumo e industrial. O IVol-BR sinalizou, parcialmente, retornos futuros para os demais setores econômicos. Portanto, não se pode afirmar que o IVol-BR seja um sinal para investidores entrarem nesses setores econômicos e obterem retornos futuros positivos durante períodos de alta volatilidade.

Em níveis baixos de volatilidade, o IVol-BR praticamente não atuou como indicador antecedente de retornos futuros negativos dos setores econômicos. Ao contrário, o IVol-BR apresentou, parcialmente, capacidade preditiva de retornos

futuros positivos, destacando os setores energia elétrica e utilidade pública, onde o IVol-BR apresentou capacidade preditiva de retornos futuros positivos de 5 dias em todos os percentis de baixa volatilidade (1%, 5% e 10%).

De maneira geral, não se pode afirmar que o IVol-BR, quando em níveis extremamente baixos e altos, seja um indicador antecedente dos retornos futuros dos setores econômicos dado que a maioria dos coeficientes observados, 122 dos 168, não se mostra significativa.

Setores			Percentil (IVol-BR)					
			1%	5%	10%	90%	95%	99%
Consumo	1 dia	β	-0,115	-0,004	0,009	-0,028	0,013	-0,114
		σ	0,187	0,066	0,052	0,031	0,061	0,172
		p-valor	0,548	0,949	0,860	0,374	0,838	0,517
		R ²	0,010	0,000	0,000	0,004	0,001	0,029
	5 dias	β	0,381	0,434***	0,109	0,022	0,214*	0,616*
		σ	0,439	0,136	0,109	0,075	0,111	0,303
		p-valor	0,397	0,002	0,321	0,767	0,056	0,059
		R ²	0,019	0,055	0,003	0,001	0,041	0,116
	20 dias	β	1,201	0,937**	0,213	0,448***	0,707***	0,952***
		σ	1,361	0,428	0,366	0,110	0,113	0,257
		p-valor	0,389	0,031	0,561	0,000	0,000	0,002
		R ²	0,035	0,032	0,002	0,094	0,251	0,223
	60 dias	β	3,779	1,912***	0,222	0,067	0,395**	0,755
		σ	2,200	0,706	0,702	0,155	0,198	0,587
		p-valor	0,103	0,008	0,752	0,667	0,049	0,217
		R ²	0,101	0,056	0,001	0,001	0,037	0,075
Energia Elétrica	1 dia	β	-0,015	-0,007	0,011	-0,043	-0,041	-0,221
		σ	0,202	0,050	0,049	0,045	0,071	0,224
		p-valor	0,943	0,882	0,830	0,336	0,562	0,338
		R ²	0,000	0,000	0,000	0,009	0,006	0,073
	5 dias	β	0,494*	0,470***	0,303***	-0,114*	-0,096	0,026
		σ	0,273	0,104	0,093	0,058	0,091	0,348
		p-valor	0,087	0,000	0,001	0,052	0,294	0,941
		R ²	0,061	0,076	0,028	0,014	0,008	0,000
	20 dias	β	0,159	0,349	0,164	0,052	0,129	0,289
		σ	1,200	0,403	0,311	0,104	0,120	0,404
		p-valor	0,896	0,389	0,599	0,621	0,286	0,484
		R ²	0,001	0,008	0,002	0,001	0,007	0,017
	60 dias	β	2,855**	0,486	0,101	-0,046	0,112	-0,131
		σ	1,143	0,650	0,508	0,196	0,259	0,907
		p-valor	0,022	0,456	0,843	0,814	0,666	0,887
		R ²	0,137	0,005	0,000	0,000	0,002	0,001
Financeiro	1 dia	β	-0,117	-0,050	0,003	-0,039	-0,022	-0,385
		σ	0,251	0,089	0,069	0,055	0,090	0,245
		p-valor	0,648	0,573	0,963	0,476	0,812	0,136
		R ²	0,009	0,002	0,000	0,003	0,001	0,126
	5 dias	β	0,982	0,654***	0,379**	-0,022	0,019	0,137
		σ	0,621	0,232	0,152	0,084	0,129	0,510
		p-valor	0,131	0,006	0,014	0,795	0,880	0,792
		R ²						
		β						
		σ						
		p-valor						
		R ²						

Materiais Básicos	20 dias	R ²	0,111	0,074	0,028	0,000	0,000	0,003
		β	1,495	0,791	0,406	0,215	0,359**	0,797
		σ	1,941	0,658	0,467	0,161	0,167	0,479
		p-valor	0,451	0,232	0,386	0,184	0,034	0,115
		R ²	0,026	0,016	0,005	0,009	0,033	0,067
	60 dias	β	5,406**	2,209**	0,992	-0,768**	-0,129	1,108
		σ	2,422	0,919	0,809	0,297	0,337	0,822
		p-valor	0,039	0,018	0,222	0,011	0,702	0,197
		R ²	0,121	0,044	0,010	0,057	0,002	0,081
	1 dia	β	0,038	-0,231**	-0,152*	0,029	0,034	-0,022
		σ	0,231	0,088	0,080	0,035	0,065	0,118
		p-valor	0,870	0,010	0,058	0,417	0,606	0,857
		R ²	0,001	0,032	0,015	0,002	0,002	0,001
	5 dias	β	0,161	-0,064	-0,071	0,156	0,259	0,091
		σ	0,398	0,221	0,160	0,104	0,167	0,551
		p-valor	0,691	0,771	0,657	0,135	0,125	0,871
		R ²	0,002	0,001	0,001	0,012	0,021	0,001
	20 dias	β	1,693	-0,532	-0,721*	0,449**	0,106	0,188
		σ	1,779	0,593	0,419	0,195	0,245	0,681
		p-valor	0,354	0,372	0,088	0,022	0,667	0,786
		R ²	0,053	0,007	0,015	0,038	0,002	0,006
	60 dias	β	1,232	-1,306	-1,970***	-0,888***	-0,304	0,891
		σ	2,748	0,949	0,711	0,281	0,396	1,068
		p-valor	0,659	0,172	0,006	0,002	0,445	0,416
		R ²	0,009	0,014	0,032	0,071	0,010	0,068
Imobiliário	1 dia	β	-0,058	-0,174**	-0,073	-0,030	0,042	-0,333
		σ	0,307	0,075	0,065	0,061	0,098	0,354
		p-valor	0,853	0,023	0,263	0,620	0,665	0,361
		R ²	0,002	0,025	0,005	0,002	0,003	0,082
	5 dias	β	0,777**	0,457***	0,020	-0,017	0,151	0,357
		σ	0,349	0,170	0,157	0,105	0,150	0,543
		p-valor	0,039	0,009	0,901	0,873	0,316	0,520
		R ²	0,069	0,039	0,000	0,000	0,010	0,021
	20 dias	β	0,639	0,747	0,093	0,078	0,200	1,080
		σ	1,497	0,502	0,399	0,191	0,276	0,735
		p-valor	0,675	0,141	0,817	0,683	0,470	0,161
		R ²	0,008	0,019	0,000	0,001	0,006	0,090
	60 dias	β	4,413**	1,084	-0,319	-0,956***	-0,655*	0,392
		σ	2,040	0,802	0,745	0,261	0,332	0,972
		p-valor	0,044	0,180	0,669	0,000	0,052	0,692
		R ²	0,123	0,016	0,002	0,076	0,040	0,010
Industrial	1 dia	β	-0,188	-0,143**	-0,080	-0,015	0,006	-0,039
		σ	0,182	0,071	0,061	0,028	0,053	0,129
		p-valor	0,315	0,046	0,190	0,594	0,911	0,766
		R ²	0,039	0,026	0,010	0,001	0,000	0,006
	5 dias	β	0,390	0,193	-0,038	0,032	0,189*	0,565
		σ	0,388	0,154	0,118	0,075	0,113	0,339
		p-valor	0,327	0,215	0,750	0,672	0,098	0,116
		R ²	0,019	0,011	0,000	0,001	0,033	0,138
	20 dias	β	1,182	0,325	-0,204	0,472***	0,680***	0,946***
		σ	1,090	0,372	0,301	0,106	0,143	0,289
		p-valor	0,293	0,385	0,499	0,000	0,000	0,005
		R ²	0,083	0,006	0,003	0,112	0,224	0,267
	60 dias	β	1,843	0,636	-0,520	-0,006	0,494**	1,225*
		σ	1,678	0,511	0,526	0,196	0,248	0,590
		p-valor	0,287	0,216	0,324	0,977	0,050	0,054
		R ²	0,062	0,010	0,007	0,000	0,047	0,180

Utilidade Pública	1 dia	β	0,044	0,049	0,035	-0,051	-0,069	-0,321
		σ	0,212	0,064	0,054	0,051	0,078	0,232
		p-valor	0,837	0,445	0,518	0,321	0,382	0,186
		R ²	0,001	0,002	0,002	0,011	0,016	0,128
	5 dias	β	0,730**	0,605***	0,395***	-0,175***	-0,200**	-0,085
		σ	0,261	0,114	0,107	0,062	0,098	0,357
		p-valor	0,012	0,000	0,000	0,005	0,044	0,815
		R ²	0,108	0,097	0,038	0,031	0,033	0,002
	20 dias	β	1,409	0,708	0,538	-0,069	-0,024	0,132
		σ	1,120	0,488	0,365	0,116	0,160	0,541
		p-valor	0,225	0,150	0,143	0,555	0,879	0,810
		R ²	0,063	0,025	0,017	0,002	0,000	0,003
	60 dias	β	4,180***	1,378**	0,818	-0,255	-0,378	-0,196
		σ	1,265	0,673	0,528	0,241	0,336	1,200
		p-valor	0,004	0,044	0,123	0,292	0,263	0,872
		R ²	0,203	0,034	0,014	0,007	0,013	0,001

Tabela 8 - Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação: $R_{t+n}^j = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t$. Percentis 90%, 95% e 99%: períodos de alta volatilidade. Percentis 1%, 5% e 10%: períodos de baixa volatilidade. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

A Tabela 9 apresenta os resultados das regressões dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias dos setores econômicos. Os percentis 90%, 95% e 99% representam os níveis altos de retornos futuros dos setores econômicos. Os percentis 1%, 5% e 10% representam os níveis baixos de retornos futuros dos setores econômicos, compostos por retornos futuros negativos.

Os coeficientes das regressões do **setor consumo**, apontam, em geral, para uma relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os altos níveis de retornos futuros. Observa-se um efeito crescente do IVol-BR, do percentil 90% ao 99%, nos retornos futuros de 1, 5 e 20 dias. A relação entre o IVol-BR e os baixos níveis de retornos futuros do setor consumo é diversificada. Alguns coeficientes revelam que não há uma relação significativa. Outros apontam para uma relação significativa, sendo que, a maneira como o IVol-BR impacta esses retornos futuros é mista. Em alguns casos, um aumento no IVol-BR aumenta os retornos futuros negativos (coeficientes com sinal negativo) e em outros casos, um aumento no IVol-BR diminui os retornos futuros negativos (coeficientes com sinal positivo).

A maioria dos coeficientes do setor **energia elétrica**, 11 dos 12, indica uma relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os altos níveis de retornos futuros. Nota-se que o IVol-BR influencia de forma crescente, do percentil 90% ao 99%, os retornos futuros de 5, 20 e 60 dias. A relação entre o IVol-BR e os baixos níveis de

retornos futuros do setor energia elétrica varia. Dos 12 coeficientes, 5 revelam que não há uma relação significativa e 7 apontam para uma relação significativa, sendo 6 com sinal negativo e 1 com sinal positivo. Percebe-se que o IVol-BR influencia de forma crescente, do percentil 10% ao 1%, os retornos futuros de 1 dia.

Os coeficientes do **setor financeiro** apontam para uma relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os altos níveis de retornos futuros, sendo que o IVol-BR influencia de forma crescente os retornos futuros do percentil 90% ao 99%. Os resultados do setor financeiro são mistos em níveis baixos de retornos futuros. Metade dos coeficientes, 6 dos 12, demonstra uma relação significativa e positiva e a outra metade uma relação significativa e negativa. Observa-se que o IVol-BR influencia de forma crescente, do percentil 10% ao 1%, os retornos futuros de 1 dia e de forma decrescente os retornos futuros de 5 dias.

Para o setor **materiais básicos**, 10 dos 12 coeficientes revelam uma relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os altos níveis de retornos futuros. Nota-se que o IVol-BR influencia de forma crescente, do percentil 90% ao 99%, os retornos futuros de 1 e 5 dias. Em baixos níveis de retornos futuros, 7 dos 12 coeficientes, revelam uma relação significativa e negativa. Apenas 1 coeficiente evidencia uma relação significativa e positiva e 4 coeficientes indicam uma relação não significativa. Percebe-se um aumento do efeito do IVol-BR nos retornos futuros de 1 dia do percentil 10% ao 1%.

Os coeficientes do **setor imobiliário** indicam uma relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os altos níveis de retornos futuros. O IVol-BR influencia de forma crescente, do percentil 90% ao 99%, os retornos futuros de 1 e 5 dias. O efeito do IVol-BR nos níveis baixos de retornos futuros do setor imobiliário é heterogêneo. Dos 12 coeficientes, 3 revelam que o efeito do IVol-BR não é significativo, 4 apontam para um efeito significativo e positivo e 5 indicam um efeito significativo e negativo. Percebe-se que o IVol-BR influencia de forma crescente, do percentil 10% ao 1%, os retornos futuros de 1 dia.

Em níveis altos de retornos futuros do **setor industrial**, 10 dos 12 coeficientes apontam para uma relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os retornos futuros. Observa-se, um efeito crescente do IVol-BR, do percentil 90% ao 99%, nos retornos futuros de 1 e 5 dias. A relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do setor industrial varia em níveis baixos de retornos futuros. Cinco dos 12 coeficientes

revelam que não há uma relação significativa, à medida que 3 indicam uma relação significativa e negativa e 4 uma relação significativa e positiva.

A maioria dos coeficientes do setor **utilidade pública**, 11 dos 12, apontam para uma relação significativa e positiva entre o IVol-BR e os altos níveis de retornos futuros. Nota-se que o IVol-BR influencia de forma crescente, do percentil 90% ao 99%, os retornos futuros de 5, 20 e 60 dias. Em níveis baixos de retornos futuros, os resultados são mistos. Dos 12 coeficientes, 5 revelam que não há uma relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do setor utilidade pública, enquanto 4 revelam uma relação significativa e negativa e 3 uma relação significativa e positiva. Observa-se um efeito crescente do IVol-BR, do percentil 10% ao 1%, nos retornos futuros de 1 dia.

O efeito do IVol-BR nos diversos níveis de retornos futuros se mostrou similar para a maioria dos setores econômicos. Em altos níveis de retornos futuros, o IVol-BR, em geral, apresenta um efeito significativo e positivo. Em baixos níveis de retornos futuros, o IVol-BR exibe um efeito heterogêneo e, em muitos casos, não demonstrou influência, ou seja, os coeficientes não foram significativos.

Pode-se afirmar que o IVol-BR atua, em geral, como indicador antecedente dos retornos futuros dos setores econômicos de forma mais significativa em níveis altos de retornos futuros do que em níveis baixos. Somente para o setor financeiro, o IVol-BR apresenta influência nos diversos níveis de retornos futuros. Todos os coeficientes foram significativos para o setor financeiro.

O efeito do IVol-BR apresenta uma particularidade para os setores imobiliário e energia elétrica. Os valores absolutos dos coeficientes nos altos níveis de retornos futuros de 5, 20 e 60 dias são superiores aos valores absolutos dos coeficientes nos baixos níveis de retornos futuros de 5, 20 e 60 dias.

Setores		Percentil (Retornos Futuros)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
Consumo	1 dia	β	-0,059*	-0,050***	-0,056***	0,049***	0,056***
		σ	0,035	0,010	0,010	0,011	0,014
		p-valor	0,092	0,000	0,000	0,000	0,008
		R ²	0,014	0,024	0,020	0,021	0,024
	5 dias	β	0,056*	-0,038	-0,040*	0,131***	0,138***
		σ	0,031	0,025	0,024	0,027	0,018
		p-valor	0,075	0,131	0,095	0,000	0,000
		R ²	0,001	0,003	0,002	0,024	0,050
	20 dias	β	-0,007	0,348***	0,278***	0,099***	0,144***
		σ	0,079	0,038	0,038	0,032	0,039
		p-valor	0,929	0,000	0,000	0,002	0,000
		R ²	0,001	0,003	0,002	0,024	0,050

Energia Elétrica	60 dias	R ²	0,000	0,035	0,028	0,006	0,011	0,038
		β	0,134	0,376***	0,269***	0,236***	0,044	-0,201***
		σ	0,231	0,063	0,043	0,086	0,087	0,049
		p-valor	0,562	0,000	0,000	0,006	0,610	0,000
		R ²	0,005	0,012	0,018	0,009	0,000	0,023
	1 dia	β	-0,180***	-0,083***	-0,059***	0,056***	0,051***	0,059
		σ	0,059	0,011	0,015	0,010	0,010	0,067
		p-valor	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,373
		R ²	0,041	0,031	0,018	0,017	0,024	0,011
	5 dias	β	-0,055	-0,116***	-0,064**	0,154***	0,181***	0,355***
		σ	0,103	0,036	0,027	0,032	0,036	0,133
		p-valor	0,591	0,001	0,020	0,000	0,000	0,008
		R ²	0,003	0,009	0,006	0,023	0,038	0,068
	20 dias	β	0,106	-0,053	0,039	0,308***	0,556***	0,995***
		σ	0,246	0,101	0,053	0,077	0,087	0,284
		p-valor	0,666	0,604	0,460	0,000	0,000	0,001
		R ²	0,002	0,001	0,000	0,025	0,050	0,080
	60 dias	β	-0,527*	0,086	0,377***	1,162***	1,256***	1,569***
		σ	0,310	0,280	0,064	0,185	0,205	0,192
		p-valor	0,090	0,759	0,000	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,015	0,001	0,011	0,064	0,101	0,117
Financeiro	1 dia	β	-0,144*	-0,101***	-0,084***	0,080***	0,112***	0,180***
		σ	0,076	0,014	0,017	0,017	0,028	0,045
		p-valor	0,058	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,034	0,041	0,026	0,019	0,034	0,091
	5 dias	β	-0,063*	-0,112***	-0,155***	0,211***	0,279***	0,461***
		σ	0,034	0,042	0,031	0,030	0,041	0,163
		p-valor	0,066	0,008	0,000	0,000	0,000	0,005
		R ²	0,011	0,009	0,016	0,040	0,064	0,095
	20 dias	β	0,260***	0,188***	0,252***	0,404***	0,555***	1,013***
		σ	0,095	0,063	0,061	0,097	0,181	0,136
		p-valor	0,006	0,003	0,000	0,000	0,002	0,000
		R ²	0,020	0,011	0,011	0,025	0,033	0,150
	60 dias	β	0,784***	0,479***	0,527***	0,416***	0,859***	1,425***
		σ	0,082	0,059	0,076	0,116	0,176	0,097
		p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,062	0,032	0,028	0,017	0,041	0,211
	1 dia	β	-0,209***	-0,087***	-0,050**	0,074***	0,127***	0,144***
		σ	0,067	0,033	0,023	0,023	0,024	0,023
		p-valor	0,002	0,008	0,027	0,001	0,000	0,000
		R ²	0,068	0,014	0,006	0,010	0,041	0,081
	5 dias	β	-0,297***	-0,077*	-0,038	0,270***	0,362***	0,395***
		σ	0,107	0,042	0,050	0,059	0,035	0,054
		p-valor	0,006	0,064	0,445	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,021	0,006	0,001	0,027	0,081	0,132
	20 dias	β	-0,353**	-0,079	0,053	0,181***	0,103**	0,242**
		σ	0,152	0,163	0,075	0,058	0,052	0,104
		p-valor	0,020	0,630	0,481	0,002	0,048	0,020
		R ²	0,039	0,001	0,000	0,009	0,006	0,012
	60 dias	β	-0,499**	0,164	0,286***	0,184	0,144	0,755***
		σ	0,229	0,117	0,063	0,126	0,140	0,219
		p-valor	0,030	0,160	0,000	0,144	0,306	0,001
		R ²	0,016	0,002	0,009	0,002	0,001	0,027
Imobiliário	1 dia	β	-0,130***	-0,095***	-0,079***	0,087***	0,109***	0,159***
		σ	0,039	0,014	0,016	0,022	0,016	0,053
		p-valor	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
		R ²	0,038	0,039	0,025	0,027	0,039	0,061

Industrial	5 dias	β	-0,023	-0,065**	-0,076**	0,225***	0,234***	0,379***
		σ	0,076	0,033	0,038	0,041	0,032	0,079
		p-valor	0,762	0,046	0,047	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,001	0,004	0,003	0,039	0,053	0,067
	20 dias	β	0,067	0,130***	0,238***	0,469***	0,478***	0,447***
		σ	0,112	0,049	0,060	0,130	0,112	0,113
		p-valor	0,551	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,001	0,007	0,010	0,026	0,037	0,073
	60 dias	β	0,057	0,260***	0,505***	1,427***	1,372***	0,868***
		σ	0,080	0,091	0,135	0,164	0,149	0,206
		p-valor	0,474	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,003	0,008	0,015	0,072	0,087	0,105
	1 dia	β	-0,076	-0,047**	-0,041***	0,037***	0,055***	0,076***
		σ	0,048	0,022	0,011	0,011	0,020	0,028
		p-valor	0,113	0,031	0,000	0,001	0,007	0,006
		R ²	0,014	0,017	0,008	0,009	0,018	0,042
	5 dias	β	-0,009	-0,056**	-0,016	0,110***	0,128***	0,188***
		σ	0,046	0,025	0,025	0,018	0,018	0,053
		p-valor	0,849	0,026	0,535	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,000	0,006	0,001	0,025	0,044	0,082
	20 dias	β	-0,075	0,223***	0,157***	0,085*	0,150***	0,130***
		σ	0,117	0,049	0,041	0,044	0,032	0,028
		p-valor	0,521	0,000	0,000	0,053	0,000	0,000
		R ²	0,002	0,013	0,009	0,004	0,015	0,039
	60 dias	β	0,313***	-0,002	0,143**	0,331***	0,117	0,079
		σ	0,070	0,073	0,057	0,088	0,123	0,106
		p-valor	0,000	0,976	0,012	0,000	0,342	0,461
		R ²	0,003	0,000	0,003	0,022	0,001	0,003
Utilidade Pública	1 dia	β	-0,164***	-0,077***	-0,060***	0,051***	0,061***	0,053
		σ	0,060	0,014	0,014	0,012	0,012	0,055
		p-valor	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,335
		R ²	0,046	0,028	0,016	0,018	0,025	0,013
	5 dias	β	-0,100	-0,088*	-0,042	0,131***	0,165***	0,294***
		σ	0,089	0,048	0,027	0,033	0,032	0,099
		p-valor	0,262	0,068	0,118	0,000	0,000	0,003
		R ²	0,006	0,006	0,003	0,014	0,035	0,077
	20 dias	β	0,450***	0,004	-0,017	0,330***	0,367***	0,686***
		σ	0,126	0,062	0,051	0,069	0,079	0,129
		p-valor	0,000	0,948	0,743	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,011	0,000	0,000	0,027	0,049	0,098
	60 dias	β	-0,247	0,222**	0,275***	1,040***	1,205***	1,241***
		σ	0,392	0,104	0,069	0,135	0,124	0,115
		p-valor	0,528	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,002	0,004	0,009	0,100	0,124	0,136

Tabela 9 - Resultados das regressões quantílicas entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. Resultados das regressões quantílicas conforme equação: $R_{t+n}^j = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t$. Percentis 90%, 95% e 99%: níveis altos de retornos futuros. Percentis 1%, 5% e 10%: níveis baixos de retornos futuros. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

5

Teste de Robustez

Neste capítulo, é aferida a robustez dos resultados encontrados anteriormente, alterando as especificações dos modelos de regressões. Corrige-se a autocorrelação serial no resíduo e se reavalia os resultados das regressões.

5.1.

Relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa

A Tabela 10 apresenta os resultados para os modelos AR(1), cujos resíduos serão utilizados para a reanálise (i) da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em distintos momentos do mercado brasileiro e (ii) dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa. Os coeficientes da Tabela 10 demonstram que existe uma autocorrelação serial para os retornos futuros de 5, 20 e 60 dias do Ibovespa.

Série de Retornos Futuros	1 dia	5 dias	20 dias	60 dias
ϕ	-0,012	0,801***	0,948***	0,981***
σ	0,021	0,010	0,007	0,005
p-valor	0,565	0,000	0,000	0,000
R ²	0,000	0,630	0,897	0,963

Tabela 10 - Resultados dos modelos AR(1) para as séries de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa.

Fonte: Elaboração própria. Equação utilizada: $R_{t+n} = \alpha + \phi R_{(t+n)-1} + u_{t+n}$. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

Os correlogramas das séries de retornos futuros do Ibovespa, expostos nas Figuras 2, 3, 4 e 5, também evidenciam a presença de autocorrelação serial na primeira defasagem para os retornos futuros de 5, 20 e 60 dias. A estatística Q do teste de Ljung-Box (1978), exposto na penúltima coluna das Figuras, rejeita a hipótese nula de inexistência de autocorrelação serial no nível de 1% de significância para as séries de retornos futuros de 5, 20 e 60 dias e não rejeita a hipótese nula para a série de retornos futuros de 1 dia.

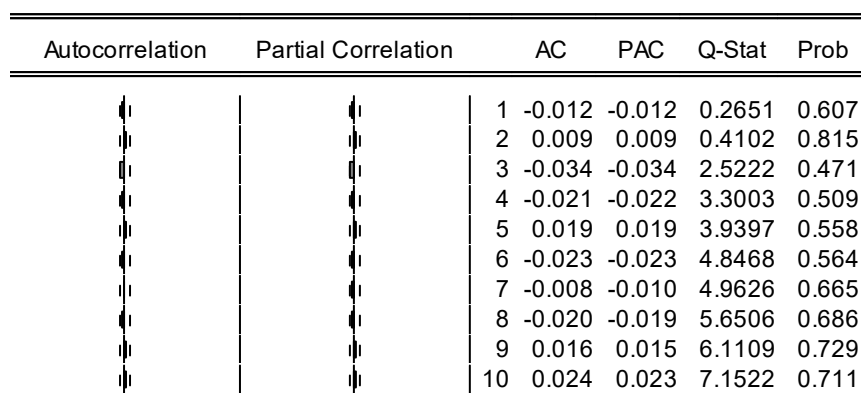


Figura 2 - Correlograma da série de retornos futuros de 1 dia do Ibovespa.
Fonte: E-Views.

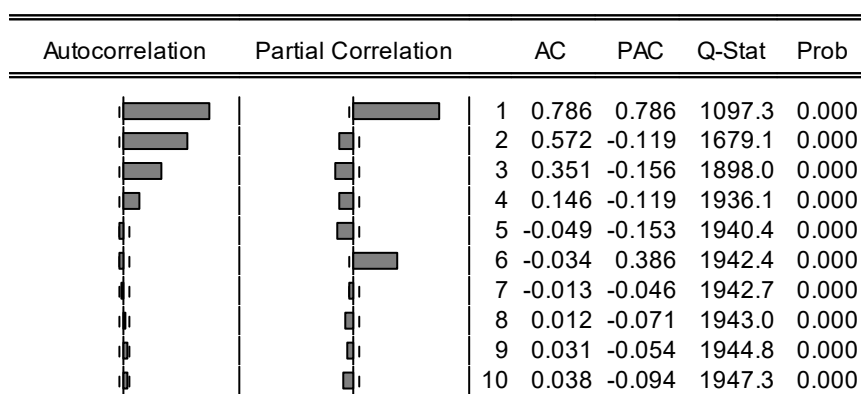


Figura 3 - Correlograma da série de retornos futuros de 5 dias do Ibovespa.
Fonte: E-Views.

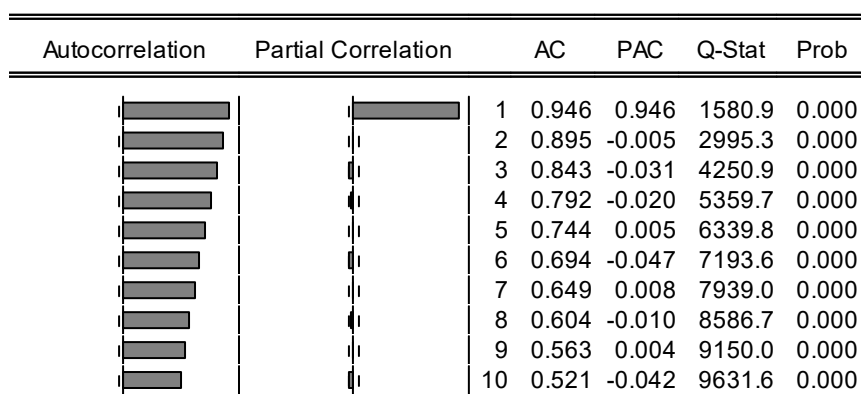


Figura 4 - Correlograma da série de retornos futuros de 20 dias do Ibovespa.
Fonte: E-Views.







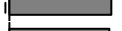

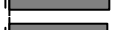

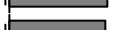

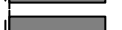





Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.981	0.981	1661.1	0.000
		2	0.963	0.024	3263.7	0.000
		3	0.944	-0.051	4803.5	0.000
		4	0.925	0.010	6284.4	0.000
		5	0.909	0.048	7714.0	0.000
		6	0.892	-0.025	9091.0	0.000
		7	0.876	0.008	10419.	0.000
		8	0.859	-0.009	11698.	0.000
		9	0.843	0.007	12931.	0.000
		10	0.827	-0.026	14116.	0.000

Figura 5 - Correlograma da série de retornos futuros de 60 dias do Ibovespa.
Fonte: E-Views.

A Tabela 11 exibe os resultados para os modelos AR(1), cujos resíduos serão utilizados para o reexame da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa. Para cada percentil de volatilidade, calcula-se os processos AR(1). Os coeficientes da Tabela 11 apontam para uma autocorrelação serial para os retornos futuros de 1 dia do Ibovespa no percentil 99% e retornos futuros de 5 dias do Ibovespa no percentil 90%.

Série de Retornos Futuros		Percentil (IVol-BR)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
1 dia	ϕ	0,261	-0,130	-0,046	-0,081	-0,039	0,528**
	σ	0,234	0,092	0,064	0,082	0,112	0,214
	p-valor	0,279	0,159	0,467	0,326	0,727	0,026
	R ²	0,073	0,017	0,002	0,007	0,002	0,283
5 dias	ϕ	-0,111	0,139	0,095	-0,128*	-0,069	0,124
	σ	0,269	0,116	0,080	0,076	0,116	0,270
	p-valor	0,685	0,235	0,238	0,092	0,552	0,651
	R ²	0,011	0,019	0,009	0,016	0,005	0,014
20 dias	ϕ	0,000	-0,069	-0,008	0,012	0,139	0,155
	σ	0,281	0,108	0,074	0,082	0,112	0,306
	p-valor	1,000	0,526	0,914	0,885	0,216	0,620
	R ²	0,000	0,005	0,000	0,000	0,019	0,021
60 dias	ϕ	0,120	-0,180	-0,102	-0,092	-0,036	0,225
	σ	0,269	0,109	0,074	0,086	0,130	0,329
	p-valor	0,661	0,103	0,172	0,284	0,785	0,503
	R ²	0,015	0,033	0,010	0,009	0,001	0,041

Tabela 11 - Resultados dos modelos AR(1) para as séries de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa para cada percentil do IVol-BR.

Fonte: Elaboração própria. Equação utilizada: $R_{t+n} = \alpha + \phi R_{(t+n)-1} + u_{t+n}$. Percentis 90%, 95% e 99%: períodos de alta volatilidade. Percentis 1%, 5% e 10%: períodos de baixa volatilidade.

* significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

Utilizando a equação (11), descrita na seção 3.3.3., recalcula-se as regressões para as séries de retornos futuros do Ibovespa que apresentaram um processo AR(1), conforme visto nas Tabelas 10 e 11.

A Tabela 12 apresenta os resultados das regressões da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 5, 20 e 60 dias em distintos momentos do mercado brasileiro. De modo geral, não houve alterações na relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa. Verifica-se apenas que os coeficientes (β) apresentam valores abaixo daqueles da Tabela 4.

		Período de Baixa	Período de Alta	Série Completa
5 dias	β	0,011	0,043	0,016
	σ	0,038	0,042	0,030
	p-valor	0,767	0,307	0,587
	R ²	0,355	0,364	0,356
20 dias	β	0,152*	0,294***	0,170**
	σ	0,090	0,112	0,078
	p-valor	0,092	0,009	0,030
	R ²	0,116	0,146	0,118
60 dias	β	0,600***	0,481**	0,455***
	σ	0,197	0,202	0,159
	p-valor	0,002	0,018	0,004
	R ²	0,105	0,084	0,075

Tabela 12 - Resultados das regressões entre os retornos futuros do Ibovespa e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro.

Fonte: Elaboração própria. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação: $R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Período de Baixa: entre agosto de 2011 e janeiro de 2016. Período de Alta: entre fevereiro de 2016 e setembro de 2018. Série Completa: entre agosto de 2011 e setembro de 2018. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

Os resultados das regressões entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros de 1 e 5 dias do Ibovespa, expostos na Tabela 13, não apresentam diferenças relevantes com relação aos resultados da Tabela 5.

		Percentil (IVol-BR)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
1 dia	β	-	-	-	-	-	-0,157
	σ	-	-	-	-	-	0,129
	p-valor	-	-	-	-	-	0,245
	R ²	-	-	-	-	-	0,750
5 dias	β	-	-	-	0,010	-	-
	σ	-	-	-	0,010	-	-
	p-valor	-	-	-	0,321	-	-
	R ²	-	-	-	0,984	-	-

Tabela 13 - Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa.

Fonte: Elaboração própria. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação: $R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Percentis 90%, 95% e 99%: períodos de alta volatilidade. Percentis 1%, 5% e 10%: períodos de baixa volatilidade. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação serial. *significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

Os resultados das regressões dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa são apresentados na Tabela 14. Houve uma queda no valor da maioria dos coeficientes (β) com relação aos da Tabela 6. Nota-se que a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 5 dias no percentil 1% agora é significativa e a relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 60 dias no percentil 10% já não é significativa. Ademais, os coeficientes das regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 5 dias em níveis altos de retornos futuros não apresentam, como antes, valores absolutos superiores aos coeficientes das regressões em níveis baixos de retornos futuros. Apesar dessas alterações, a análise realizada na seção 4.1. permanece.

		Percentil (Retornos Futuros)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
5 dias	β	-0,144*	-0,106***	-0,111***	0,117***	0,211***	0,318***
	σ	0,087	0,018	0,019	0,020	0,022	0,066
	p-valor	0,099	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,195	0,217	0,214	0,224	0,256	0,304
20 dias	β	0,058	0,029	0,085**	0,318***	0,345***	0,689***
	σ	0,127	0,071	0,040	0,076	0,092	0,077
	p-valor	0,649	0,687	0,033	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,056	0,053	0,055	0,072	0,085	0,215
60 dias	β	0,044	0,105*	0,251	0,484***	0,427***	1,060***
	σ	0,084	0,061	0,159	0,110	0,125	0,115
	p-valor	0,600	0,084	0,114	0,000	0,001	0,000
	R ²	0,023	0,023	0,025	0,043	0,046	0,196

Tabela 14 - Resultados das regressões quantílicas entre os retornos futuros do Ibovespa e o IVol-BR.

Fonte: Elaboração própria. Resultados das regressões quantílicas conforme a equação: $R_{t+n} = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Percentis 90%, 95% e 99%: níveis altos de retornos futuros. Percentis 1%, 5% e 10%: níveis baixos de retornos futuros. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação.

* significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

Em síntese, após o teste de robustez, os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa, em geral, se mantêm. As análises de robustez confirmaram os resultados prévios descritos na seção 4.1.

5.2.

Relação entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos

A Tabela 15 apresenta os resultados para os modelos AR(1), cujos resíduos serão utilizados para o reestudo (i) da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos em distintos momentos do mercado brasileiro e (ii) dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros dos setores econômicos.

Os coeficientes obtidos demonstram que existe autocorrelação serial para as séries de retornos futuros de 5, 20 e 60 dias de todos os setores econômicos e para as séries de retornos futuros de 1 dia dos setores energia elétrica e utilidade pública.

Setores		Série de Retornos Futuros			
		1 dia	5 dias	20 dias	60 dias
Consumo	ϕ	0,000	0,799***	0,948***	0,981***
	σ	0,020	0,011	0,007	0,005
	p-valor	0,994	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,000	0,631	0,900	0,963
Energia Elétrica	ϕ	0,065***	0,822***	0,957***	0,986***
	σ	0,017	0,011	0,006	0,004
	p-valor	0,000	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,004	0,671	0,916	0,973
Financeiro	ϕ	0,002	0,800***	0,949***	0,980***
	σ	0,020	0,011	0,006	0,005
	p-valor	0,932	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,000	0,633	0,900	0,961
Materiais Básicos	ϕ	0,033	0,810***	0,948***	0,982***
	σ	0,021	0,010	0,007	0,004
	p-valor	0,104	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,001	0,646	0,899	0,966
Imobiliário	ϕ	0,019	0,808***	0,950***	0,982***
	σ	0,019	0,010	0,007	0,005
	p-valor	0,326	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,000	0,645	0,901	0,965
Industrial	ϕ	-0,025	0,788***	0,939***	0,977***
	σ	0,020	0,010	0,007	0,005
	p-valor	0,202	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,001	0,608	0,882	0,955
Utilidade Pública	ϕ	0,037**	0,808***	0,952***	0,985***
	σ	0,018	0,012	0,007	0,004
	p-valor	0,043	0,000	0,000	0,000
	R ²	0,001	0,647	0,905	0,971

Tabela 15 - Resultados dos modelos AR(1) para as séries de retornos de 1, 5, 20 e 60 dias dos setores econômicos.

Fonte: Elaboração própria. Equação utilizada: $R_{t+n}^j = \alpha + \phi R_{(t+n)-1}^j + u_{t+n}$. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

A Tabela 16 exhibe os resultados para os modelos AR(1), cujos resíduos serão utilizados para o reexame da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros setoriais. Para cada percentil de volatilidade, calcula-se os processos AR(1). Todos os setores apresentam, pelo menos, uma série de retornos futuros com autocorrelação serial.

Setores		Série de Retornos Futuros	Percentil (IVol-BR)					
			1%	5%	10%	90%	95%	99%
Consumo	1 dia	ϕ	-0,054	-0,234**	-0,083	-0,014	0,020	0,442
		σ	0,275	0,092	0,073	0,076	0,096	0,257
		p-valor	0,848	0,013	0,258	0,854	0,838	0,106
		R ²	0,003	0,055	0,007	0,000	0,000	0,202

Energia Elétrica	5 dias	ϕ	-0,492*	0,033	0,051	-0,056	-0,030	-0,068
		σ	0,281	0,106	0,080	0,080	0,124	0,292
		p-valor	0,098	0,760	0,523	0,488	0,813	0,818
		R ²	0,234	0,001	0,003	0,003	0,001	0,004
	20 dias	ϕ	-0,038	-0,022	0,046	0,069	0,206	-0,096
		σ	0,206	0,111	0,077	0,070	0,110	0,246
		p-valor	0,858	0,841	0,557	0,327	0,064	0,701
		R ²	0,001	0,001	0,002	0,005	0,041	0,009
	60 dias	ϕ	0,074	-0,009	0,039	-0,141	-0,081	0,073
		σ	0,265	0,109	0,074	0,089	0,121	0,277
		p-valor	0,782	0,934	0,604	0,115	0,507	0,794
		R ²	0,006	0,000	0,001	0,021	0,007	0,005
	1 dia	ϕ	-0,248	-0,326***	-0,101	0,009	0,092	0,302
		σ	0,382	0,109	0,069	0,078	0,103	0,214
		p-valor	0,525	0,004	0,142	0,912	0,374	0,179
		R ²	0,061	0,107	0,010	0,000	0,009	0,099
	5 dias	ϕ	-0,352	0,021	0,050	-0,100	-0,115	0,012
		σ	0,267	0,113	0,077	0,068	0,109	0,276
		p-valor	0,204	0,852	0,523	0,144	0,296	0,965
		R ²	0,104	0,000	0,002	0,010	0,013	0,000
	20 dias	ϕ	0,109	-0,079	-0,005	-0,058	-0,020	0,049
		σ	0,300	0,105	0,080	0,082	0,131	0,273
		p-valor	0,721	0,452	0,951	0,477	0,877	0,861
		R ²	0,013	0,006	0,000	0,004	0,000	0,002
	60 dias	ϕ	0,093	-0,059	0,059	-0,130	-0,018	0,174
		σ	0,343	0,110	0,079	0,089	0,117	0,271
		p-valor	0,790	0,593	0,453	0,146	0,878	0,531
		R ²	0,009	0,004	0,003	0,018	0,000	0,030
Financeiro	1 dia	ϕ	0,019	-0,136	-0,035	-0,054	0,040	0,340
		σ	0,234	0,090	0,066	0,085	0,117	0,211
		p-valor	0,936	0,133	0,598	0,531	0,734	0,128
		R ²	0,000	0,019	0,001	0,003	0,002	0,123
	5 dias	ϕ	-0,026	0,197	0,107	-0,145*	-0,030	0,152
		σ	0,492	0,151	0,092	0,079	0,106	0,240
		p-valor	0,959	0,196	0,246	0,068	0,782	0,536
		R ²	0,001	0,038	0,011	0,021	0,001	0,024
	20 dias	ϕ	-0,177	-0,143	-0,075	-0,048	0,033	0,074
		σ	0,240	0,109	0,080	0,086	0,108	0,234
		p-valor	0,470	0,193	0,347	0,576	0,760	0,757
		R ²	0,033	0,021	0,006	0,002	0,001	0,006
	60 dias	ϕ	-0,051	-0,138	-0,076	-0,090	-0,142	0,124
		σ	0,311	0,119	0,085	0,086	0,144	0,292
		p-valor	0,873	0,251	0,373	0,298	0,327	0,676
		R ²	0,002	0,018	0,006	0,009	0,022	0,013
	1 dia	ϕ	0,083	-0,020	0,023	-0,109	-0,108	-0,002
		σ	0,261	0,116	0,075	0,079	0,106	0,324
		p-valor	0,754	0,864	0,756	0,172	0,313	0,996
		R ²	0,007	0,000	0,001	0,012	0,012	0,000
	5 dias	ϕ	-0,181	0,021	0,029	-0,187**	-0,172	-0,256
		σ	0,345	0,113	0,078	0,076	0,125	0,306
		p-valor	0,606	0,852	0,707	0,015	0,173	0,415
		R ²	0,036	0,000	0,001	0,034	0,029	0,065
	20 dias	ϕ	-0,080	-0,073	-0,003	0,029	-0,045	0,048
		σ	0,260	0,111	0,077	0,071	0,097	0,229
		p-valor	0,764	0,513	0,967	0,688	0,643	0,836
		R ²	0,007	0,005	0,000	0,001	0,002	0,002
	60 dias	ϕ	-0,105	-0,177	-0,054	-0,153*	-0,146	0,105
		σ	0,344	0,116	0,074	0,085	0,154	0,459
		p-valor	0,765	0,129	0,462	0,075	0,346	0,823
		R ²	0,011	0,031	0,003	0,024	0,023	0,006
Materiais Básicos	1 dia	ϕ	0,083	-0,020	0,023	-0,109	-0,108	-0,002
		σ	0,261	0,116	0,075	0,079	0,106	0,324
		p-valor	0,754	0,864	0,756	0,172	0,313	0,996
		R ²	0,007	0,000	0,001	0,012	0,012	0,000
	5 dias	ϕ	-0,181	0,021	0,029	-0,187**	-0,172	-0,256
		σ	0,345	0,113	0,078	0,076	0,125	0,306
		p-valor	0,606	0,852	0,707	0,015	0,173	0,415
		R ²	0,036	0,000	0,001	0,034	0,029	0,065
	20 dias	ϕ	-0,080	-0,073	-0,003	0,029	-0,045	0,048
		σ	0,260	0,111	0,077	0,071	0,097	0,229
		p-valor	0,764	0,513	0,967	0,688	0,643	0,836
		R ²	0,007	0,005	0,000	0,001	0,002	0,002
	60 dias	ϕ	-0,105	-0,177	-0,054	-0,153*	-0,146	0,105
		σ	0,344	0,116	0,074	0,085	0,154	0,459
		p-valor	0,765	0,129	0,462	0,075	0,346	0,823
		R ²	0,011	0,031	0,003	0,024	0,023	0,006

Imobiliário	1 dia	ϕ	-0,052	-0,179**	-0,121*	-0,006	-0,020	0,588***
		σ	0,233	0,078	0,062	0,070	0,091	0,184
		p-valor	0,828	0,025	0,052	0,934	0,829	0,006
		R ²	0,003	0,033	0,015	0,000	0,000	0,341
	5 dias	ϕ	-0,272	0,106	0,119	-0,054	0,042	0,004
		σ	0,236	0,102	0,072	0,078	0,110	0,270
		p-valor	0,265	0,298	0,104	0,488	0,702	0,987
		R ²	0,070	0,011	0,014	0,003	0,002	0,000
	20 dias	ϕ	0,010	-0,036	0,028	0,036	0,197	0,157
		σ	0,247	0,104	0,073	0,080	0,123	0,290
		p-valor	0,968	0,730	0,703	0,656	0,112	0,596
		R ²	0,000	0,001	0,001	0,001	0,039	0,022
	60 dias	ϕ	-0,063	-0,165*	-0,090	-0,028	0,115	0,226
		σ	0,251	0,097	0,073	0,081	0,135	0,297
		p-valor	0,806	0,094	0,216	0,727	0,396	0,459
		R ²	0,004	0,027	0,008	0,001	0,014	0,047
Industrial	1 dia	ϕ	0,131	-0,201**	-0,101	-0,085	-0,074	0,398
		σ	0,337	0,100	0,072	0,084	0,098	0,263
		p-valor	0,702	0,048	0,163	0,315	0,454	0,151
		R ²	0,016	0,041	0,010	0,007	0,005	0,141
	5 dias	ϕ	-0,307	0,074	0,042	-0,092	-0,101	-0,035
		σ	0,205	0,100	0,071	0,084	0,129	0,328
		p-valor	0,152	0,462	0,552	0,275	0,436	0,916
		R ²	0,092	0,006	0,002	0,008	0,009	0,001
	20 dias	ϕ	0,043	-0,069	0,046	0,153**	0,302***	-0,040
		σ	0,242	0,105	0,071	0,073	0,112	0,321
		p-valor	0,861	0,512	0,517	0,038	0,008	0,903
		R ²	0,002	0,005	0,002	0,023	0,085	0,001
	60 dias	ϕ	0,049	-0,145	-0,003	-0,171*	-0,131	-0,145
		σ	0,280	0,094	0,064	0,097	0,116	0,475
		p-valor	0,863	0,129	0,965	0,080	0,261	0,765
		R ²	0,003	0,021	0,000	0,030	0,017	0,015
Utilidade Pública	1 dia	ϕ	-0,128	-0,226**	-0,088	0,038	0,149	0,343
		σ	0,417	0,106	0,072	0,078	0,103	0,222
		p-valor	0,763	0,035	0,228	0,630	0,152	0,143
		R ²	0,016	0,052	0,008	0,001	0,023	0,129
	5 dias	ϕ	-0,259	0,074	0,070	-0,076	-0,062	-0,003
		σ	0,268	0,107	0,080	0,071	0,110	0,285
		p-valor	0,346	0,488	0,386	0,284	0,578	0,992
		R ²	0,064	0,005	0,005	0,006	0,004	0,000
	20 dias	ϕ	0,047	-0,032	-0,001	-0,026	0,067	0,155
		σ	0,247	0,110	0,080	0,084	0,117	0,264
		p-valor	0,851	0,769	0,986	0,759	0,571	0,566
		R ²	0,002	0,001	0,000	0,001	0,005	0,023
	60 dias	ϕ	0,011	-0,008	0,038	-0,052	0,056	0,156
		σ	0,357	0,113	0,080	0,079	0,104	0,264
		p-valor	0,976	0,946	0,634	0,510	0,595	0,563
		R ²	0,000	0,000	0,001	0,003	0,003	0,025

Tabela 16 - Resultados dos modelos AR(1) para as séries de retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias dos setores econômicos para cada percentil do IVol-BR.

Fonte: Elaboração própria. Equação utilizada: $R_{t+n}^j = \alpha + \phi R_{(t+n)-1}^j + u_{t+n}$. Percentis 90%, 95% e 99%: períodos de alta volatilidade. Percentis 1%, 5% e 10%: períodos de baixa volatilidade.

* significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

Utilizando a equação (12), detalhada na seção 3.3.3., calcula-se novamente as regressões para as séries de retornos futuros setoriais que apresentaram um processo AR(1), conforme visto nas Tabelas 15 e 16.

A Tabela 17 exibe os resultados das regressões da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias de 7 setores econômicos em períodos distintos do mercado brasileiro. As mudanças ocorridas encontram-se a seguir, assim como os valores obtidos na seção 4.2. que estão em parênteses.

Os resultados obtidos revelam que existe uma relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 1 dia para 1 setor (0) durante o período de baixa do mercado. As regressões entre o IVol-BR e os retornos futuros de 5 dias revelam uma relação significativa para 1 setor (2) durante o período de alta do mercado. Antes, a relação também era significativa durante o momento de baixa do mercado para outros 2 setores. Os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros de 20 dias demonstram uma relação significativa para 4 setores (5) durante o período de baixa e para 4 setores (4) durante o período de alta. O IVol-BR tem efeito significativo nos retornos futuros de 60 dias de todos os setores (7) durante o período de baixa e de todos os setores (6) durante o período de alta. Nota-se, também, que a maioria dos coeficientes (β) apresenta valores abaixo daqueles da Tabela 7.

Em termos de assimetria, o IVol-BR revela agora um efeito maior nos retornos futuros de 60 dias do setor industrial durante o período de baixa do que no período de alta do mercado e já não apresenta uma influência mais forte nos retornos futuros de 20 dias do setor financeiro durante o período de alta do que no período de baixa do mercado.

Apesar das alterações citadas acima, o diagnóstico final realizado na seção 4.2. permanece, ou seja, existe uma relação entre o IVol-BR e os retornos futuros setoriais de 20 e 60 dias em diferentes períodos do mercado visto que a maioria dos coeficientes continua significativo.

			Retornos Futuros			
			1 dia	5 dias	20 dias	60 dias
Consumo	Período de Baixa	β	-	0,021	0,150**	0,302***
		σ	-	0,028	0,066	0,116
		p-valor	-	0,454	0,023	0,010
		R ²	-	0,359	0,124	0,068
	Período de Alta	β	-	0,010	0,093	0,408***
		σ	-	0,032	0,093	0,151
		p-valor	-	0,762	0,315	0,007
		R ²	-	0,361	0,106	0,075
	Série Completa	β	-	0,016	0,129**	0,343***
		σ	-	0,021	0,059	0,103
		p-valor	-	0,446	0,028	0,001
		R ²	-	0,360	0,115	0,072

Energia Elétrica	Período de Baixa	β	-0,002***	-0,031	0,059	0,440***
		σ	0,001	0,030	0,078	0,153
		p-valor	0,000	0,291	0,445	0,004
		R ²	0,996	0,324	0,085	0,063
	Período de Alta	β	0,000	0,052	0,295***	1,038***
		σ	0,001	0,037	0,084	0,198
		p-valor	0,957	0,164	0,001	0,000
		R ²	0,996	0,334	0,136	0,231
	Série Completa	β	-0,001***	-0,004	0,123**	0,555***
		σ	0,000	0,025	0,062	0,127
		p-valor	0,003	0,859	0,046	0,000
		R ²	0,996	0,323	0,092	0,081
Financeiro	Período de Baixa	β	-	0,004	0,142	0,596***
		σ	-	0,040	0,090	0,190
		p-valor	-	0,915	0,114	0,002
		R ²	-	0,357	0,110	0,101
	Período de Alta	β	-	0,064	0,376**	0,612**
		σ	-	0,050	0,151	0,269
		p-valor	-	0,202	0,013	0,023
		R ²	-	0,369	0,144	0,082
	Série Completa	β	-	0,022	0,207**	0,554***
		σ	-	0,032	0,084	0,165
		p-valor	-	0,488	0,014	0,001
		R ²	-	0,360	0,118	0,086
Materiais Básicos	Período de Baixa	β	-	0,057	0,226**	0,728***
		σ	-	0,042	0,093	0,197
		p-valor	-	0,172	0,015	0,000
		R ²	-	0,345	0,123	0,107
	Período de Alta	β	-	0,012	-0,004	-0,525**
		σ	-	0,070	0,141	0,213
		p-valor	-	0,862	0,980	0,014
		R ²	-	0,348	0,102	0,071
	Série Completa	β	-	0,029	0,088	0,118
		σ	-	0,038	0,088	0,163
		p-valor	-	0,445	0,316	0,467
		R ²	-	0,344	0,105	0,036
Imobiliário	Período de Baixa	β	-	0,027	0,244**	0,809***
		σ	-	0,044	0,116	0,225
		p-valor	-	0,544	0,035	0,000
		R ²	-	0,345	0,125	0,131
	Período de Alta	β	-	0,062	0,410***	0,916***
		σ	-	0,040	0,115	0,202
		p-valor	-	0,129	0,000	0,000
		R ²	-	0,356	0,161	0,157
	Série Completa	β	-	0,034	0,278***	0,763***
		σ	-	0,033	0,092	0,178
		p-valor	-	0,295	0,003	0,000
		R ²	-	0,348	0,130	0,118
Industrial	Período de Baixa	β	-	0,039	0,203***	0,425***
		σ	-	0,028	0,065	0,112
		p-valor	-	0,166	0,002	0,000
		R ²	-	0,380	0,158	0,106
	Período de Alta	β	-	-0,025	-0,100	-0,201*
		σ	-	0,031	0,061	0,126
		p-valor	-	0,432	0,103	0,097
		R ²	-	0,384	0,130	0,067
	Série Completa	β	-	0,014	0,087	0,197**
		σ	-	0,021	0,054	0,100

		p-valor	-	0,519	0,109	0,048
		R ²	-	0,378	0,126	0,060
Utilidade Pública	Período de Baixa	β	-0,014	-0,029	0,064	0,509***
		σ	0,011	0,032	0,084	0,182
		p-valor	0,196	0,374	0,449	0,005
		R ²	0,002	0,347	0,095	0,071
	Período de Alta	β	0,012	0,059*	0,350***	1,188***
		σ	0,011	0,035	0,082	0,162
		p-valor	0,267	0,094	0,000	0,000
		R ²	0,002	0,364	0,175	0,296
	Série Completa	β	-0,006	0,001	0,150**	0,665***
		σ	0,008	0,026	0,068	0,148
		p-valor	0,514	0,981	0,028	0,000
		R ²	0,001	0,348	0,107	0,101

Tabela 17 - Resultados das regressões entre os retornos futuros dos setores econômicos brasileiros e o IVol-BR em períodos distintos do mercado brasileiro.

Fonte: Elaboração própria. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação:

$R_{t+n}^j = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Período de Baixa: entre agosto de 2011 e janeiro de 2016. Período de Alta: entre fevereiro de 2016 e setembro de 2018. Série Completa: entre agosto de 2011 e setembro de 2018. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. * significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

Os resultados das regressões entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros setoriais, exibidos na Tabela 18, revelam que dos 15 coeficientes recalculados (β), 2 coeficientes permutaram de sinal e 1 coeficiente não é mais significativo. Essas mudanças não alteram a conclusão alcançada anteriormente na seção 4.2.

Setores		Percentil (IVol-BR)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
Consumo	1 dia	β	-	0,000	-	-	-
		σ	-	0,016	-	-	-
		p-valor	-	0,992	-	-	-
		R ²	-	0,945	-	-	-
	5 dias	β	-0,016	-	-	-	-
		σ	0,206	-	-	-	-
		p-valor	0,941	-	-	-	-
		R ²	0,791	-	-	-	-
	60 dias	β	-	-	-	-	-
		σ	-	-	-	-	-
		p-valor	-	-	-	-	-
		R ²	-	-	-	-	-
Energia Elétrica	1 dia	β	-	0,005	-	-	-
		σ	-	0,017	-	-	-
		p-valor	-	0,744	-	-	-
		R ²	-	0,894	-	-	-
Financeiro	5 dias	β	-	-	-	0,007	-
		σ	-	-	-	0,012	-
		p-valor	-	-	-	0,546	-
		R ²	-	-	-	0,979	-
Materiais Básicos	5 dias	β	-	-	-	-0,020	-
		σ	-	-	-	0,021	-
		p-valor	-	-	-	0,331	-

Imobiliário	60 dias	R ²	-	-	-	0,966	-	-
		β	-	-	-	0,174***	-	-
		σ	-	-	-	0,037	-	-
		p-valor	-	-	-	0,000	-	-
		R ²	-	-	-	0,981	-	-
	1 dia	β	-	0,031**	0,008	-	-	-0,254
		σ	-	0,015	0,008	-	-	0,192
		p-valor	-	0,043	0,293	-	-	0,206
		R ²	-	0,969	0,986	-	-	0,702
	60 dias	β	-	-0,173	-	-	-	-
		σ	-	0,135	-	-	-	-
		p-valor	-	0,203	-	-	-	-
		R ²	-	0,973	-	-	-	-
	1 dia	β	-	0,024	-	-	-	-
		σ	-	0,015	-	-	-	-
		p-valor	-	0,120	-	-	-	-
		R ²	-	0,960	-	-	-	-
Industrial	20 dias	β	-	-	-	0,066***	0,197***	-
		σ	-	-	-	0,017	0,056	-
		p-valor	-	-	-	0,000	0,001	-
		R ²	-	-	-	0,980	0,931	-
	60 dias	β	-	-	-	0,031	-	-
		σ	-	-	-	0,030	-	-
		p-valor	-	-	-	0,295	-	-
		R ²	-	-	-	0,975	-	-
Utilidade Pública	1 dia	β	-	-0,009	-	-	-	-
		σ	-	0,015	-	-	-	-
		p-valor	-	0,560	-	-	-	-
		R ²	-	0,949	-	-	-	-

Tabela 18 - Resultados das regressões entre as diferentes intensidades do IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos.

Fonte: Elaboração própria. Resultados das regressões por mínimos quadrados conforme equação: $R_{t+n}^j = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Percentis 90%, 95% e 99%: períodos de alta volatilidade. Percentis 1%, 5% e 10%: períodos de baixa volatilidade. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação.

* significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%.

Os resultados das regressões dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros setoriais são exibidos na Tabela 19.

Destaca-se as variações na significância de alguns coeficientes (β) com relação aos da Tabela 9. Para o setor energia elétrica, em altos níveis de retornos futuros, dos 12 coeficientes recalculados, todos ao invés de 11 apontam para uma relação significativa. Para o setor materiais básicos, em altos níveis de retornos futuros, dos 9 coeficientes recalculados, agora 6 são significantes ao contrário de 7 e, em baixos níveis de retornos futuros, 6 dos 9 coeficientes recalculados são significantes ao invés de 5. Para o setor industrial, em altos níveis de retornos futuros, 6 dos 9 coeficientes recalculados são significantes ao invés de 7 e, em baixos níveis de retornos futuros, 6 dos 9 coeficientes recalculados são significantes ao invés de 5. Para o setor utilidade pública, dos 12 coeficientes recalculados, em baixos níveis de retornos futuros, 8 são significantes ao invés de 7. Observa-se

também que houve uma queda no valor da maioria dos coeficientes (β), isto é, uma diminuição do impacto do IVol-BR.

Essas modificações, entretanto, não são suficientes para alterar a análise realizada anteriormente. Em altos níveis de retornos futuros, o IVol-BR, em geral, continua apresentando um efeito significativo e positivo e em baixos níveis de retornos futuros, o IVol-BR persiste em exibir um efeito variado e, em diversos casos, não apresenta influência.

Setores		Percentil (Retornos Futuros)					
		1%	5%	10%	90%	95%	99%
Consumo	5 dias	β	-0,013	-0,032*	-0,048***	0,080***	0,108***
		σ	0,045	0,019	0,019	0,019	0,022
		p-valor	0,764	0,083	0,010	0,000	0,000
		R ²	0,203	0,204	0,203	0,213	0,228
	20 dias	β	-0,005	0,300***	0,258***	0,065**	0,100**
		σ	0,083	0,053	0,045	0,029	0,044
		p-valor	0,955	0,000	0,000	0,027	0,024
		R ²	0,052	0,077	0,071	0,055	0,059
	60 dias	β	0,193	0,307***	0,266***	0,159**	0,033
		σ	0,218	0,081	0,043	0,067	0,080
		p-valor	0,378	0,000	0,000	0,017	0,683
		R ²	0,026	0,028	0,035	0,027	0,020
Energia Elétrica	1 dia	β	-0,009***	-0,007***	-0,006***	0,003***	0,003***
		σ	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
		p-valor	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
		R ²	0,939	0,939	0,937	0,936	0,936
	5 dias	β	-0,049	-0,109***	-0,111***	0,097***	0,123***
		σ	0,097	0,030	0,032	0,026	0,031
		p-valor	0,612	0,000	0,001	0,000	0,000
		R ²	0,180	0,189	0,188	0,188	0,200
	20 dias	β	0,065	-0,085	0,017	0,285***	0,489***
		σ	0,297	0,092	0,052	0,072	0,104
		p-valor	0,827	0,356	0,741	0,000	0,000
		R ²	0,048	0,045	0,043	0,062	0,081
	60 dias	β	-0,606*	0,076	0,355***	1,165***	1,366***
		σ	0,360	0,286	0,066	0,174	0,211
		p-valor	0,093	0,791	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,030	0,015	0,025	0,073	0,106
Financeiro	5 dias	β	-0,087**	-0,106***	-0,150***	0,154***	0,193***
		σ	0,034	0,027	0,022	0,024	0,033
		p-valor	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,219	0,214	0,219	0,224	0,241
	20 dias	β	0,230**	0,168**	0,205***	0,320***	0,541***
		σ	0,101	0,071	0,050	0,075	0,187
		p-valor	0,023	0,018	0,000	0,000	0,004
		R ²	0,072	0,058	0,059	0,071	0,077
	60 dias	β	0,722***	0,452***	0,535***	0,408***	0,770***
		σ	0,107	0,060	0,082	0,125	0,192
		p-valor	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
		R ²	0,076	0,050	0,046	0,034	0,058
Materiais Básicos	5 dias	β	-0,393***	-0,132**	-0,061**	0,168***	0,279***
		σ	0,097	0,055	0,029	0,049	0,026
		p-valor	0,000	0,017	0,033	0,001	0,000

Imobiliário	20 dias	R ²	0,234	0,197	0,192	0,208	0,247	0,284
		β	-0,503***	-0,149	0,004	0,155***	0,103**	0,095
		σ	0,179	0,175	0,065	0,050	0,044	0,086
		p-valor	0,005	0,396	0,946	0,002	0,020	0,269
		R ²	0,097	0,054	0,052	0,061	0,059	0,067
	60 dias	β	-0,443**	0,190	0,337***	0,176	0,080	0,583***
		σ	0,225	0,134	0,057	0,133	0,147	0,213
		p-valor	0,049	0,156	0,000	0,187	0,589	0,006
		R ²	0,037	0,022	0,030	0,019	0,018	0,047
	5 dias	β	-0,067	-0,073**	-0,077***	0,159***	0,189***	0,191***
		σ	0,072	0,031	0,028	0,029	0,035	0,033
		p-valor	0,356	0,017	0,006	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,198	0,196	0,195	0,218	0,228	0,255
	20 dias	β	-0,159	0,075*	0,169**	0,375***	0,398***	0,364***
		σ	0,173	0,043	0,066	0,082	0,112	0,106
		p-valor	0,359	0,084	0,010	0,000	0,000	0,001
		R ²	0,052	0,056	0,056	0,074	0,080	0,112
	60 dias	β	0,059	0,234***	0,527***	1,386***	1,193***	1,033***
		σ	0,063	0,076	0,142	0,175	0,156	0,200
		p-valor	0,348	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,030	0,027	0,031	0,085	0,102	0,119
Industrial	5 dias	β	-0,064	-0,062***	-0,049**	0,071***	0,096***	0,186***
		σ	0,070	0,022	0,024	0,016	0,014	0,055
		p-valor	0,367	0,005	0,041	0,000	0,000	0,001
		R ²	0,207	0,218	0,213	0,224	0,242	0,277
	20 dias	β	-0,080	0,171**	0,118**	0,058	0,114***	0,127***
		σ	0,112	0,068	0,051	0,041	0,034	0,027
		p-valor	0,474	0,012	0,020	0,153	0,001	0,000
		R ²	0,063	0,071	0,065	0,064	0,072	0,111
	60 dias	β	0,361***	0,020	0,124**	0,333***	0,035	0,041
		σ	0,068	0,075	0,050	0,077	0,131	0,080
		p-valor	0,000	0,792	0,014	0,000	0,791	0,606
		R ²	0,031	0,023	0,026	0,041	0,024	0,027
Utilidade Pública	1 dia	β	-0,141*	-0,069***	-0,052***	0,052***	0,064***	0,049
		σ	0,074	0,015	0,014	0,012	0,015	0,053
		p-valor	0,057	0,000	0,000	0,000	0,000	0,349
		R ²	0,062	0,035	0,019	0,018	0,028	0,014
	5 dias	β	-0,072	-0,102***	-0,066***	0,065**	0,116***	0,191***
		σ	0,078	0,029	0,022	0,030	0,029	0,055
		p-valor	0,361	0,000	0,002	0,032	0,000	0,001
		R ²	0,198	0,201	0,199	0,200	0,214	0,256
	20 dias	β	0,402***	-0,040	-0,030	0,289***	0,384***	0,764***
		σ	0,110	0,096	0,045	0,062	0,084	0,119
		p-valor	0,000	0,676	0,514	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,056	0,049	0,049	0,071	0,091	0,138
	60 dias	β	-0,240	0,221**	0,244***	1,039***	1,206***	1,260***
		σ	0,506	0,094	0,073	0,125	0,129	0,130
		p-valor	0,635	0,019	0,001	0,000	0,000	0,000
		R ²	0,017	0,021	0,024	0,112	0,132	0,144

Tabela 19 - Resultados das regressões quantílicas entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos.

Fonte: Elaboração própria. Resultados das regressões quantílicas conforme a equação: $R_{t+n}^j = \alpha + \beta IVol_t + \varepsilon_t + u_{t+n}$. Percentis 90%, 95% e 99%: níveis altos de retornos futuros. Percentis 1%, 5% e 10%: níveis baixos de retornos futuros. O método Newey e West (1987) foi aplicado nos erros-padrão dos estimadores evitando, assim, os efeitos de heterocedasticidade e autocorrelação. *significância a 10%; ** significância a 5%; *** significância a 1%

De modo geral, apesar de algumas modificações nas relações entre o IVol-BR e os retornos futuros setoriais, as evidências encontradas anteriormente na seção 4.2. permanecem após o teste de robustez.

6 Conclusão

Este estudo teve como propósito averiguar, primeiramente, se o IVol-BR auxilia na previsão dos retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias do Ibovespa e, em seguida, se o IVol-BR auxilia na previsão dos retornos futuros de 1, 5, 20 e 60 dias de diferentes setores econômicos. Os setores econômicos analisados neste estudo foram os setores que possuem índices representativos publicados pela B3. São eles: setor consumo, energia elétrica, financeiro, materiais básicos, imobiliário, industrial e utilidade pública.

Por meio de regressões, analisou-se, inicialmente, (i) a relação do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em diferentes períodos do mercado brasileiro, (ii) a relação entre várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa e (iii) os efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa. Posteriormente, investigou-se as mesmas relações descritas acima para cada setor econômico. Substituiu-se os retornos futuros do Ibovespa pelos retornos futuros do índice setorial correspondente de cada setor.

Os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa em diferentes períodos do mercado brasileiro indicam que o IVol-BR tem capacidade preditiva para os retornos futuros de 20 e 60 dias, com destaque para os retornos futuros de 60 dias, onde os valores dos coeficientes das regressões foram os mais expressivos. O IVol-BR não apresentou influência nos retornos futuros de 1 e 5 dias do Ibovespa.

A análise dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros do Ibovespa demonstra que o IVol-BR atua, em geral, como indicador antecedente dos retornos futuros do Ibovespa em níveis altos de retornos futuros. Em níveis baixos de retornos futuros, o IVol-BR apresenta um efeito misto e, em muitos casos, o IVol-BR não apresentou influência nos retornos futuros do Ibovespa.

Os resultados da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa revelam que o IVol-BR não exibiu uma capacidade preditiva

em relação aos retornos futuros do Ibovespa quando em níveis altos e baixos de volatilidade.

As relações entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos apresentaram resultados similares aos resultados das relações entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa.

Os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos em diferentes períodos do mercado brasileiro indicam que o IVol-BR atua, em geral, como indicador antecedente dos retornos futuros setoriais de 20 e 60 dias, com destaque para os retornos futuros de 60 dias, onde os valores absolutos dos coeficientes das regressões foram superiores aos demais. O IVol-BR não apresentou influência nos retornos futuros setoriais de 1 dia e demonstrou pouca influência nos retornos futuros setoriais de 5 dias.

A análise dos efeitos do IVol-BR em diferentes níveis de retornos futuros dos setores econômicos revela que o IVol-BR, em geral, atua como indicador antecedente de níveis altos de retornos futuros dos setores econômicos. Em níveis baixos de retornos futuros, o IVol-BR apresenta um efeito heterogêneo nos retornos futuros dos setores econômicos e, em muitos casos, o IVol-BR não apresentou influência. Somente para o setor financeiro, o IVol-BR apresenta influência nos diversos níveis de retornos futuros.

Os resultados da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros dos setores econômicos sugerem que o IVol-BR não age, em geral, como indicador antecedente de retornos futuros dos setores econômicos em níveis baixos e altos de volatilidade. A maioria dos coeficientes obtidos da relação entre as várias intensidades do IVol-BR e os retornos futuros setoriais não se mostrou significativa.

Testou-se a robustez dos resultados mencionados acima, alterando as especificações dos modelos de regressões. Corrigiu-se a autocorrelação serial no resíduo e reexaminou-se os resultados das regressões. Os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros do Ibovespa, em geral, se mantiveram e, os resultados da relação entre o IVol-BR e os retornos futuros setoriais, apesar de algumas mudanças, permaneceram. O teste de robustez demonstrou que os resultados são robustos.

Este estudo demonstra que o IVol-BR pode auxiliar na previsão dos retornos futuros do Ibovespa e dos setores econômicos, principalmente para retornos futuros de 20 e 60 dias, apesar do efeito variado do IVol-BR em níveis baixos de retornos

futuros e o não efeito do IVol-BR nos retornos futuros quando em níveis altos e baixos de volatilidade. Talvez seja necessário, como Rubbaniy *et al.* (2014) sugere, considerar outros fatores na previsão dos retornos futuros tanto para o mercado acionário brasileiro quanto para os setores econômicos. Recomenda-se, para estudos futuros, a procura e a inclusão de outras variáveis que possam auxiliar o IVol-BR na previsibilidade dos retornos futuros do Ibovespa e dos índices setoriais. Outra possível extensão deste estudo, é a adoção de outros métodos econométricos mais sofisticados para a análise dos efeitos do IVol-BR nos retornos futuros, como os modelos vetoriais auto-regressivos (VAR), o teste de causalidade de Granger e os modelos com mudança de regime.

ANDRADE, S. C.; TABAK, B. M. Is it worth tracking dollar/real implied volatility? **Working Paper Series**, Banco Central do Brasil. v. 71, n. 15, p. 1-25, 2001.

ASTORINO, E. S. *et al.* Variance premium and implied volatility in a low-liquidity option market. **Revista Brasileira de Economia**, v. 71, n. 1, p. 3-28, 2017.

BAGCHI, D. Cross-sectional analysis of emerging market volatility index (India VIX) with portfolio returns. **International Journal of Emerging Markets**, v. 7, n. 4, p. 383-396, 2012.

BANERJEE, P. S.; DORAN, J. S.; PETERSON, D. R. Implied volatility and future portfolio returns. **Journal of Banking & Finance**, v. 31, n. 10, p. 3183-3199, 2007.

BLAIR, B. J.; POON, S. H.; TAYLOR, S. J. Forecasting S&P 100 volatility: The incremental information content of implied volatilities and high-frequency index returns. **Journal of Econometrics**, v. 105, n. 1 p. 5-26, 2001.

CANINA, L.; FIGLEWSKI, S. The informational content of implied volatility. **The Review of Financial Studies**, v. 6, n. 3, p. 659-681, 1993.

CARHART, M. M. On persistence in mutual fund performance. **The Journal of finance**, v. 52, n. 1, p. 57-82, 1997.

CARR, P.; WU, L. A tale of two indices. **The Journal of Derivatives**, v. 13, n. 3, p. 13-29, 2006.

CHANDRA, A.; THENMOZHI, M. On asymmetric relationship of India volatility index (India VIX) with stock market return and risk management. **Decision**, v. 42, n. 1, p. 33-55, 2015.

CHRISTENSEN, B. J.; PRABHALA, N. R. The relation between implied and realized volatility¹. **Journal of financial economics**, v. 50, n. 2, p. 125-150, 1998.

COPELAND, M. M.; COPELAND, T. E. Market timing: Style and size rotation using the VIX. **Financial Analysts Journal**, v. 55, n. 2, p. 73-81, 1999.

CORRADO, C. J.; MILLER, T. W. The forecast quality of CBOE implied volatility indexes. **The Journal of Futures Markets**, v. 25, n. 4, p. 339-373, 2005.

_____. Estimating expected excess returns using historical and option-implied volatility. **Journal of Financial Research**, v. 29, n. 1, p. 95-112, 2006.

DAY, T. E.; LEWIS, C. M. Stock market volatility and the information content of stock index options. **Journal of Econometrics**, v. 52, n. 1-2, p. 267-287, 1992.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American statistical association**, v. 74, n. 366, p. 427-431, 1979.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. **Journal of financial economics**, v. 33, n. 1, p. 3-56, 1993.

FERNANDES, M.; MEDEIROS, M. C.; SCHARTH, M. Modeling and predicting the CBOE market volatility index. **Journal of Banking & Finance**, v. 40, p. 1-10, 2014.

FLEMING, J. The quality of market volatility forecasts implied by S&P 100 index option prices. **Journal of empirical finance**, v. 5, n. 4, p. 317-345, 1998.

GABE, J.; PORTUGAL, M. S. Volatilidade implícita versus volatilidade estatística: um exercício utilizando opções e ações da Telemar SA. **Revista Brasileira de Finanças**, v. 2, n. 1, p. 47-73, 2004.

GIOT, P. Relationships between implied volatility indices and stock index returns. **Journal of Portfolio Management**, v. 31, n. 3, p. 92-100, 2005.

HULL, J. C. **Options, futures, and other derivatives**. 9. ed. Pearson Education, 2015.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. A test for normality of observations and regression residuals. **International Statistical Review**, v. 55, n. 2, p. 163-172, 1987.

KOENKER, R.; BASSETT, G. Regression quantiles. **Econometrica**, v. 46, n. 1, p. 33-50, 1978.

KOZYRA, J.; LENTO, C. Using VIX data to enhance technical trading signals. **Applied Economics Letters**, v. 18, n. 14, p. 1367-1370, 2011.

KWIATKOWSKI, D. *et al.* Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. **Journal of econometrics**, v. 54, n. 1-3, p. 159-178, 1992.

LAMOUREUX, C. G.; LASTRAPES, W. D. Forecasting stock-return variance: Toward an understanding of stochastic implied volatilities. **The Review of Financial Studies**, v. 6, n. 2, p. 293-326, 1993.

LEE, C.; RYU, D. The volatility index and style rotation: Evidence from the Korean stock market and VKOSPI. **Investment Analysts Journal**, v. 43, n. 79, p. 29-39, 2014.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, v. 65, n. 2, p. 297-303, 1978.

MERTON, R. C. On estimating the expected return on the market: An exploratory investigation. **Journal of financial economics**, v. 8, n. 4, p. 323-361, 1980.

MORITZ, S. *et al.* Comparison of different methods for univariate time series imputation in R. **arXiv preprint arXiv:1510.03924**, 2015.

_____.; BARTZ-BEIELSTEIN, T. ImputeTS: time series missing value imputation in R. **The R Journal**, v. 9, n. 1, p. 207-218, 2017.

NEWKEY, W. K.; WEST, K. D. A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. **Econometrica**, v. 55, n. 3, p. 703-708, 1987.

PINHO, F. M.; CAMARGOS, M. A.; FIGUEIREDO, J. M. Uma revisão da literatura sobre modelos de volatilidade em estudos brasileiros. **Revista de Administração FACES Journal**, v. 16, n. 1, p. 10-28, 2017.

RANTOU, K. E.; KARAGRIGORIOU, A.; VONTA, I. On imputation methods in univariate time series. **Mathematics in Engineering, Science & Aerospace (MESA)**, v. 8, n. 2, p. 239-251, 2017.

RUBBANIY, G. *et al.* Do fear indices help predict stock returns?. **Quantitative Finance**, v. 14, n. 5, p. 831-847, 2014.

SMALES, L. A. Risk-on/Risk-off: Financial market response to investor fear. **Finance Research Letters**, v. 17, p. 125-134, 2016.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. **Econometria**: Tradução Monica Rosemberg. São Paulo, 2004.

VICENTE, J. V. M.; GUEDES, T. S. A Volatilidade implícita contém informações sobre a volatilidade futura? Evidências do mercado de opções de ações da Petrobras. **BBR-Brazilian Business Review**, Vitória, v. 7, n. 1, p. 48-65, 2010.

WHALEY, R. E. Derivatives on market volatility: Hedging tools long overdue. **The Journal of Derivatives**, v. 1, n. 1, p. 71-84, 1993.

_____. The investor fear gauge. **The Journal of Portfolio Management**, v. 26, n. 3, p. 12-17, 2000.

_____. Understanding the VIX. **The Journal of Portfolio Management**, v. 35, n. 3, p. 98-105, 2009.

YANG, J. Y. *et al.* Does the implied volatility index have signaling power? Evidence from Mexico. **Modern Economy**, v. 5, n. 8, p. 869-877, 2014.

8 Apêndices

8.1. Tratamento dos dados faltantes do IVol-BR

O tratamento de dados faltantes pode ser efetuado por meio do processo estatístico conhecido como Imputação, onde os valores ausentes são substituídos por valores razoáveis (MORITZ *et al.*, 2015; MORITZ; BARTZ-BEIELSTEIN, 2017; RANTOU; KARAGRIGORIOU; VONTA, 2017). Existem diversos métodos de imputação e, dependendo das características das séries, como tendência e sazonalidade, alguns métodos são mais apropriados (MORITZ; BARTZ-BEIELSTEIN, 2017; RANTOU; KARAGRIGORIOU; VONTA, 2017). É necessário, portanto, examinar a presença ou não de estacionariedade e sazonalidade na série IVol-BR a fim de se definir o método de imputação mais adequado para essa série.

Primeiro, investiga-se, por meio dos testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (1979) e de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) (1992), a estacionariedade ou não da série IVol-BR. Conforme exposto na Tabela 20, a série do IVol-BR não apresenta raiz unitária nos testes ADF e KPSS. Confirma-se, assim, que a série é estacionária (sem tendência).

Série	ADF				KPSS		
	Estatística	p-valor	Valores Críticos		Estatística	Valores Críticos	
			1%	5%		1%	5%
IVol-BR	-7,366	0,000	-3,436	-2,864	0,260	0,739	0,463

Tabela 20 – Resultados dos testes ADF e KPSS.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*. A hipótese nula (H_0) do teste ADF é de que a série apresenta raiz unitária (a série não é estacionária) e a hipótese alternativa (H_1) é de que a série não apresenta raiz unitária (a série é estacionária). A hipótese nula (H_0) do teste KPSS é de que a série é estacionária e a hipótese alternativa (H_1) é de que a série apresenta raiz unitária (a série não é estacionária).

Em seguida, observa-se a sazonalidade ou não da série IVol-BR através da decomposição sazonal e de tendência usando Loess (STL) (MORITZ *et al.*, 2015; RANTOU; KARAGRIGORIOU; VONTA, 2017). A Figura 2 evidencia os

resultados da decomposição STL, permitindo concluir que a série IVol-BR não possui sazonalidade.

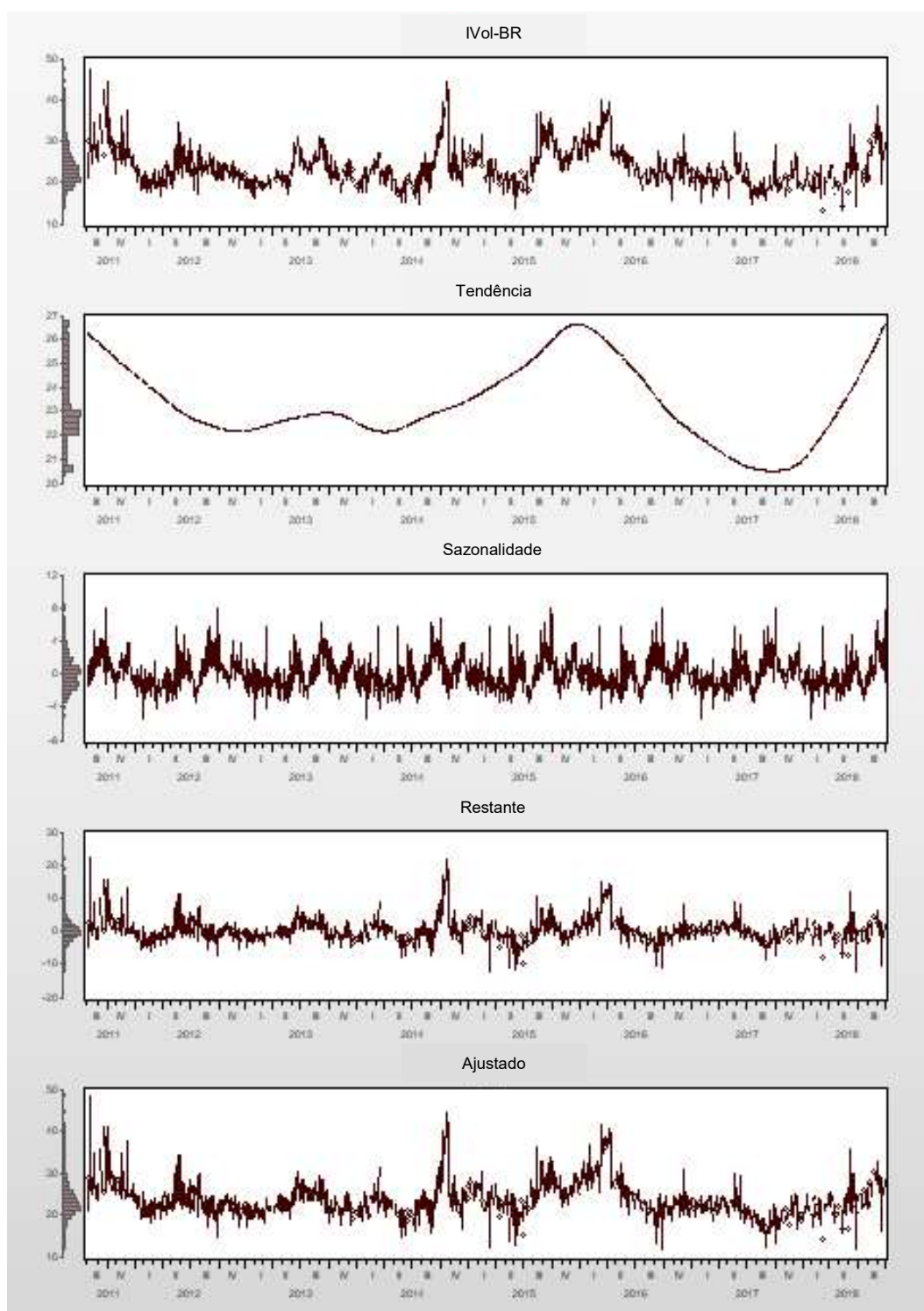


Figura 6 - Decomposição STL da série IVol-BR.

Fonte: Elaboração própria. Dados tratados no programa *E-Views*.

Em síntese, diante dos resultados descritos acima, a série IVol-BR não apresenta tendência nem sazonalidade.

Moritz *et al.* (2015) e Rantou, Karagrigoriou e Vonta (2017) examinaram múltiplos métodos de imputação para preencher dados faltantes de diversas séries utilizando o programa R. Por exemplo, a interpolação linear, interpolação com filtro sazonal de Kalman, média, média móvel exponencial ponderada (EWMA), último dado observado da variável, dentre outros. Para cada série avaliada, existia uma versão completa (sem dados faltantes) e uma versão incompleta (com dados faltantes). Os métodos de imputação eram aplicados nas séries com dados faltantes. Posteriormente, se comparava as séries preenchidas com a versão completa. A performance dos métodos de imputação era avaliada por meio do erro quadrático médio e da média do erro percentual absoluto.

Os autores, baseados na performance dos métodos de imputação, indicaram a interpolação linear, dentre outros, como um método adequado para tratar os dados faltantes das séries sem tendência e sem sazonalidade. Ademais, a interpolação linear se mostrou, geralmente, como um dos melhores métodos para tratar os dados faltantes das séries examinadas (MORITZ *et al.*, 2015; RANTOU; KARAGRIGORIOU; VONTA, 2017) e, frequentemente, produz bons resultados para a maioria das séries (MORITZ; BARTZ-BEIELSTEIN, 2017). Por isso, a interpolação linear foi o método adotado para tratar os dados ausentes da série IVol-BR. O tratamento do IVol-BR foi realizado utilizando o programa R.