

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Marcus Vinicius Melo da Silva

**Previendo Variância Realizada do S&P500 em Dias
de Anúncio do FOMC**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Macroeconomia e Finanças do Departamento de Economia do Centro de Ciências Sociais da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Ruy Monteiro Ribeiro

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018



Marcus Vinicius Melo da Silva

**Prevido Variância Realizada do S&P500 em Dias
de Anúncio do FOMC**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Macroeconomia e Finanças do Departamento de Economia do Centro de Ciências Sociais da PUC-Rio. Aprovado pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Ruy Monteiro Ribeiro

Orientador

Departamento de Economia – PUC Rio

Prof. Marcelo Cunha Medeiros

Departamento de Economia – PUC Rio

Prof. Eduardo Zilberman

Departamento de Economia – PUC Rio

Prof. Augusto Cesar Pinheiro da Silva

Vice-Decano Setorial de Pós-Graduação do

Centro de Ciências Sociais – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de Fevereiro de 2018

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

Marcus Vinicius Melo da Silva

Graduou-se em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2014

Ficha Catalográfica

Silva, Marcus Vinicius Melo da

Prevedo variância realizada do S&P500 em dias de anúncio do FOMC / Marcus Vinicius Melo da Silva ; orientador: Ruy Monteiro Ribeiro. – 2018.

33 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Economia, 2018.

Inclui bibliografia

1. Economia – Teses. 2. VIX. 3. S&P500. 4. Previsibilidade de variância. 5. Banco Central. 6. FOMC. I. Ribeiro, Ruy Monteiro. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Economia. III. Título.

CDD: 330

Agradecimentos

A Deus, a meus pais, Emilia e Marco, a meu irmão Pedro, avós e tios por acreditarem e me apoiarem em todos os momentos.

Ao Professor Ruy imensamente pela incrível paciência e gentileza e incríveis direcionamentos.

Aos Professores Marcelo Medeiros e Eduardo Zilberman por comporem a banca e a todo o Corpo Docente do Curso, de quem tive o orgulho de desfrutar tantos ensinamentos.

Ao Daniel Tonholo especialmente por ter participado nos mais diferentes âmbitos desta jornada.

A todos os amigos que fiz ao longo do Curso.

Aos amigos Leonardo Oliveira, Ian Rios, Flávia Natividade, Guilherme Heringer, Gabriel Baptista, Ruhany Aragão e tantos outros, que tornaram os dias mais espirituosos.

Resumo

Silva, Marcus Vinicius Melo da; Ribeiro, Ruy Monteiro. **Prevedo Variância Realizada do S&P500 em Dias de Anúncio do FOMC**. Rio de Janeiro, 2018. 33p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho mostra que o VIX e sua versão de mais curto prazo tem poder preditivo sobre a variância realizada do S&P 500 em dias de FOMC (reuniões do Banco Central do Estados Unidos – FED). Apesar disto, o resultado não persiste quando utilizamos o Índice de Volatilidade do S&P 500 de Longo Prazo (3 meses).

Palavras-Chave

VIX; S&P500; Previsibilidade de Variância; Banco Central; FOMC; Eventos

Abstract

Silva, Marcus Vinicius Melo da; Ribeiro, Ruy Monteiro (Advisor). **Predicting S&P 500 Realized Variance in FOMC Announcement Days.** Rio de Janeiro, 2018. 33p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work shows that the VIX and its shorter-term version have predictive power over the variance of the S & P 500 on FOMC days (meetings of the United States Central Bank - FED). Despite this, the result does not persist when we use the Long Term S & P 500 Volatility Index (3 months).

Keywords

VIX; S&P500; Predicting Variance; Central Bank; FOMC; Events

Sumário

1 Introdução	11
2 Variância Realizada	14
3 Comportamento do VIX em dias de Eventos	14
3.1. VIX em reuniões do FED	18
4 Prevendo a Variância Realizada do S&P 500 em dias de Anúncio do FOMC usando o VIX	20
4.1. Descrição do modelo	20
4.2. Resultados	21
4.2.1. Teste Preliminar – Modelo Univariado	21
4.2.2. Resultados do Modelo	24
4.2.3. VIX em Reuniões do FED antes e depois de 2008	28
5 Conclusão	26
6 Referências bibliográficas	32

Lista de Figuras

Figura 1: Série histórica da Variância Realizada do S&P500 - estimador kernel de Parzen	16
Figura 2: Série Histórica do VIX com destaque para os pontos 30 dias antes de reuniões do FED.....	19
Figure 3: FAC dos resíduos do modelo com VIX a 30 dias do FOMC	26
Figure 4: FAC dos resíduos do modelo com VXV a 30 dias do FOMC	27
Figure 5: FAC dos resíduos do modelo com VXST a 30 dias do FOMC	27

Lista de Tabelas

Tabela 1: Resultado da Regressão para os Índices
VIX (30 dias), VXV (90 dias) e VXST (9 dias) em dias de FOMC22

Tabela 2 : Resultado da Regressão para os Índices
VIX (30 dias), VXV (90 dias) e VXST (9 dias)
em dias de FOMC antes de 2008.....28

Tabela 3: Resultado da Regressão para os Índices
VIX (30 dias), VXV (90 dias) e VXST (9 dias)
em dias de FOMC depois de 2008.....28

Lista de Abreviaturas

VIX – S&P500 Volatility Index

VXV – S&P500 Volatility Index 3 Meses

VXST – S&P500 Volatility Index 9 dias

VaR – Value at Risk

EWMA – Exponentially Weighted Moving Average

GARCH – Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity

FED – Federal Reserve System

FOMC – Federal Open Market Committee

1 Introdução

Mais recentemente, com o aumento da capacidade computacional e com a disponibilidade de dados de alta frequência, o interesse tanto na Literatura de Finanças quanto no Mercado pela variância realizada, ou seja, a variância intradiária dos ativos e fatores de risco tem crescido fortemente.

Neste sentido uma vasta literatura com bastantes nuances tem se levantado, conforme podemos ver através do trabalho de McAleer & Medeiros (2006). A ideia básica é bem simples: calcular os retornos de um ativo em intervalos de tempo menores que um dia – e quanto menor, melhor, como veremos mais adiante – e tomar a soma quadrática desses retornos, ou a variância desses retornos. No entanto, em lidando com dados intradiários muitos ruídos aparecem e tratamentos importantes devem ser feitos.

Obviamente, a variância não é observável, e portanto, o melhor que podemos fazer é achar os melhores estimadores possíveis para ela. Da mesma maneira que Shepard & Shepard (2009), escolhemos usar aqui a variância realizada do S&P 500 dada pelo estimador realised kernel com uma função de ponderação de Parzen.

No entanto, este estudo visa a averiguar uma questão também muito importante em Finanças e para o Mercado, mas ainda não vista sob a ótica da variância realizada. Busca-se verificar se o Índice de Volatilidade do Índice de Ações dos EUA – VIX – tem poder preditivo sobre a variância realizada do S&P 500 em dias de reunião do Banco Central dos EUA, quando alguma surpresa para o Mercado é mais provável que em um dia normal.

Buscamos utilizar o VIX, pois do Mercado de Opções podemos extrair também o quanto o Mercado busca se proteger uma surpresa e qual nível de surpresa o Mercado considera plausível. Assim, a reunião de um Banco Central é um caso em que o instante de tempo em que informações

para a formação dos preços serão absorvidas pelo Mercado está agendado ou pré-determinado, assim como também o são a divulgação de dados de Inflação, desemprego, eleições, etc. Aqui chamaremos estas datas pré-definidas com divulgação de informações macroeconômicas importantes de "Dias de Evento".

Savor & Wilson (2013) mostra que os retornos de ações são significativamente maiores em dias de Evento, e indica que 60% do equity premium anual acumulado é obtido nos dias de Evento. Além disso, mostra que as taxas de juros futuras ficam mais baixas, o que é consistente com uma motivação de poupança precaucionária. Em suma, dias de Evento são dias aos quais o Mercado atribui uma incerteza maior que os dias sem eventos, que aqui chamaremos "Dias Normais". A consequência direta de uma incerteza maior associada ao retorno de um dia é uma busca por ativos mais seguros como títulos, que faz a taxa de juros diminuir, e conseqüente uma exigência de um prêmio de risco mais alto para manter um ativo arriscado, a ser afetado por tal Evento.

Dubinsky & Johannes (2004) usam a ideia de Evento de um ponto de vista Microeconômico para extrair do Mercado de Opções e quantificar a incerteza associada a anúncios de balanços de empresas, fluxos de caixa, e declarações sobre o futuro da empresa. Usa um modelo de precificação de Opções com Jumps para caracterizar e quantificar a incerteza associada a estes dias, encontrando que para dias de divulgação de dados das empresas, a incerteza sobre o retorno da mesma é muito maior que em Dias Normais.

O trabalho de Nossman & Vilhelmsson (2012) traz uma abordagem diferente para a extração de informações do Mercado de Opções: foco em Gestão de Riscos. Desenvolve uma variante da métrica de Risco desenvolvida pela RiskMetrics e bastante difundida na indústria de Fundos de Investimentos e Bancos, o Value at Risk (VaR). O VaR é uma medida de perda potencial de um investimento em um horizonte de tempo a um dado nível de confiança. Em geral, usa como base o fato estilizado descrito em Cont (2001) de que os retornos dos ativos seguem uma distribuição de

probabilidade em forma de sino, ora uma Normal, ora uma distribuição com caudas mais pesadas, como uma T.

Ao calcular o VaR, usando uma distribuição - chamado VaR paramétrico - costumam-se utilizar modelos de estimação de volatilidade históricos, tais como EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) ou GARCH.

A proposta de Nossman & Vilhelmsson (2012) baseia-se numa nova forma de definir a volatilidade para a distribuição dos retornos. No lugar de usar qualquer método histórico, usa a volatilidade implícita nas opções abertas do ativo em questão sob a tese de que as volatilidades implícitas levam em consideração as incertezas futuras de maneira mais apropriada que o histórico - princípio bem parecido com o de Dubinsky & Johannes (2004).

Há ainda diversos trabalhos na literatura tratando do uso de opções para mensurar riscos e incertezas que o Mercado atribui ao futuro.

Neste trabalho busca-se mostrar que para Dias de Eventos Macroeconômicos e Políticos, o Mercado de Opções de Índices de Ação, através da Volatilidade Implícita, detém um poder preditivo sobre a variância realizada do S&P 500. Isso une as ideias de que o Mercado de Opções guarda informações relevantes sobre a incerteza do retorno de um ativo, e conseqüentemente de seu risco, e que os índices de volatilidade podem ser utilizados para melhor prever o risco dos índices de ação nos Dias de Eventos Macroeconômicos e Políticos.

A dissertação segue a partir desta introdução dividida em mais três capítulos: o primeiro em que será introduzido com um pouco mais de profundidade o conceito de variância realizada e sobre o modelo que usaremos de variância realizada; o segundo que mostra um pouco do comportamento do VIX; e o terceiro em que realizamos os testes para averiguar se há um poder preditivo do VIX sobre a variância realizada do S&P 500 no dia de reuniões previamente agendadas do FOMC.

2 Variância Realizada

Atualmente, com o aumento da capacidade computacional e a disponibilidade de dados de alta frequência, é grande o interesse e conseqüentemente a literatura envolvida na mensuração da variância diária dos retornos de ativos ou fatores de risco usando os dados intradiários.

A ideia básica dessa medida é simples: somar os quadrados dos retornos intradiários de um ativo ao longo de um dia de negociações. A grande vantagem de se utilizar essa medida, em comparação com outros modelos de variância, como GARCH, EWMA ou modelos de volatilidade estocástica, por exemplo, é que esta medida não está sujeita a um modelo – e conseqüentemente a hipóteses sobre o comportamento dos retornos do ativo em questão.

Conforme descrevem Shepard & Shepard (2009), diariamente são computados os retornos dos ativos (r_1, r_2, \dots, r_T) e uma sequência de medidas realizadas (RM_1, RM_2, \dots, RM_T), que são estimadores não paramétricos da variação do preço durante o tempo de negociação, desconsiderando flutuações overnight e alguns registros de preço na abertura do Mercado, quando podem existir alguns erros.

A medida realizada mais simples é a variância realizada:

$$RM_t = \sum_{0 \leq t_{j-1,t} < t_{j,t} \leq 1}^n x_{j,t}^2 ,$$

$$x_{j,t} = X_{t+t_{j,t}} - X_{t+t_{j-1,t}}$$

onde $t_{j,t-1}$ são os tempos normalizados de negócios ou cotações no dia t .

Segundo Shepard & Shepard (2009), está formalizado econometricamente que se os dados observados não apresentarem ruídos,

então, conforme $\min_j |t_j, t - t_j - 1, t| \rightarrow 0$, RM_t é um estimador consistente para a variação quadrática dos preços no dia t .

Ainda segundo Shepard & Shepard (2009), no entanto, os ruídos aparecem de maneira relevante nas medidas e algumas medidas precisam ser tomadas para mitigar este efeito. Tomar a média de subamostras intradiárias é um dos tratamentos mais simples para uma presença não muito intensa de ruídos.

Segundo Shepard & Shepard (2009), na literatura existem 3 classes de estimadores que apresentam alguma robustez para os ruídos: pre-averaging, multiscale and realised kernel.

Neste estudo, usaremos como variável a ser prevista a variância realizada estimada usando o estimador realised kernel com a função de ponderação de Parzen, cuja forma se assemelha ao estimador do tipo HAC sem ajustes para a média.

Portanto, a medida realizada a ser usada é:

$$RM_t = \sum_{h=-H}^H k\left(\frac{h}{H+1}\right) \gamma_h ,$$

$$\gamma_h = \sum_{j=|h|+1}^n x_{j,t} x_{j-|h|,t}$$

Onde $k(x)$ é a função kernel de Parzen:

$$k(x) = \begin{cases} 1 - 6x^2 + 6x^3 & 0 \leq x \leq 1/2 \\ 2(1 - x^3) & 1/2 \leq x \leq 1 \\ 0 & x > 1 \end{cases}$$

Além disso, McAleer & Medeiros (2008) reúnem as propriedades assintóticas de diversos métodos de estimação de variância realizada diária e apontam que todos os métodos testados utilizando funções Kernel, inclusive o *optimal bandwidth selection* são não-enviesados, mais uma vantagem de utilizarmos esta estimativa para a variância realizada do S&P.

Neste estudo não realizaremos a construção deste estimador, uma vez que o objetivo do estudo é verificar se o VIX tem poder preditivo sobre a variância realizada em dias de anúncios de FOMC. Assim, os dados utilizados para a variância realizada serão os disponibilizados pelo Oxford-Man Institute, cuja construção segue o que fora descrito até aqui, e que foram utilizados no próprio estudo de Shepard & Shepard (2009).

Os dados estão disponíveis desde 2000 em uma base diária.

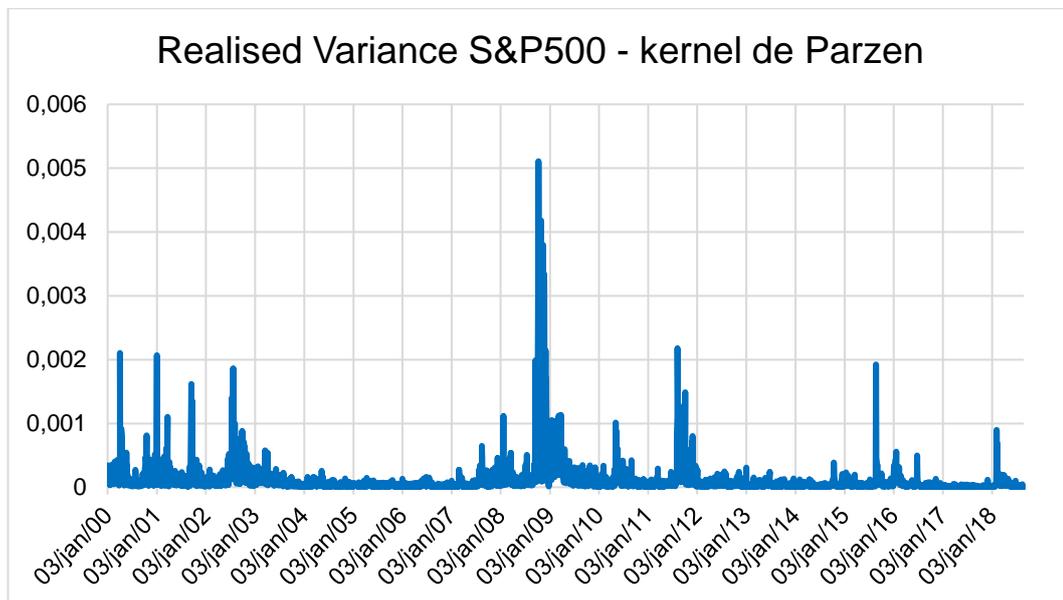


Figura 1: Série histórica da Variância Realizada do S&P500 - estimador kernel de Parzen

3 Comportamento do VIX em dias de Eventos

A partir do momento em que o Mercado de Opções deixou de ser considerado um Mercado que exclusivamente reflete demais dados do Mercado, e passa a ser considerado uma fonte de informação acerca da incerteza futura que não pode ser extraída de outros mercados, mostrado por Cont (1997), diversas abordagens foram dadas à forma de extrair informação das opções.

Há, portanto, muitas explicações para movimentos dos índices de volatilidade dos índices de ação.

São uma forma de observar o risco corrente do mercado de ações, visto que acompanham o aumento de volatilidade gerado por movimentos mais abruptos do índice ou por momentos de crise. É simples imaginar que isso acontece, dado o fato estilizado em Cont (2001) de que os retornos dos ativos apresentam clusters de volatilidade. Ao perceber um aumento de volatilidade, os investidores imaginam que a volatilidade deve ser manter alta por algum período e, como consequência, a incerteza, o risco e o preço de um seguro contra aquela oscilação mais aguda aumentam: o que é representado pela volatilidade implícita nas opções.

Por outro lado, são também uma forma de observar incertezas maiores em torno de uma data no futuro pré-estabelecida e que não afeta o retorno dos ativos na data corrente, como por exemplo os Eventos que aqui trataremos: reuniões de Bancos Centrais e eleições.

Portanto, é importante evidenciar que o aumento do índice de volatilidade implícita não necessariamente indica um aumento da incerteza para o futuro ou mesmo a existência de um evento para o qual os investidores estejam buscando seguros.

De acordo com Becker, Clements & McClelland (2008), o VIX tanto agrega informações relacionadas a contribuições do passado para a variância total do S&P500, quanto reflete informações incrementais

pertinentes ao futuro do S&P500. Em seu trabalho, eles decompõem o VIX em representações do passado e reflexos do que se espera para o futuro.

Este ponto é fundamental para o presente estudo, uma vez que estamos interessados apenas nas situações em que há eventos agendados, e são estes aumentos de volatilidade que serão considerados.

Logo, é importante destacar que estamos interessados na capacidade de agregação de informações sobre o futuro no VIX, para identificar se há poder preditivo sobre a variância realizada nos dias de anúncio do FOMC. Portanto, em nosso modelo incluiremos a variância passada do S&P500 para que esse não seja o efeito capturado pelo Beta do VIX.

O tratamento dos dados, portanto, levará em consideração as datas dos eventos e o horizonte ou maturidade ao qual se refere o índice de volatilidade.

3.1. VIX em reuniões do FED

A ideia que este trabalho visa a testar é a de a um período antes de uma reunião do FOMC, o Mercado visando a se proteger de incertezas do Evento que está por vir ou mesmo especular sobre informações que serão divulgadas após a reunião usa opções, de modo que a demanda pelas mesmas aumentem, e a volatilidade implícita aumente.

Assim, o que se observa é que quando há incerteza grande sobre o que será divulgado após a reunião, há um salto no VIX tão maior quanto for a incerteza sobre o evento.

Ilustrativamente temos abaixo a série histórica do VIX e em destaque os pontos 30 dias antes das reuniões do FOMC desde 2000.

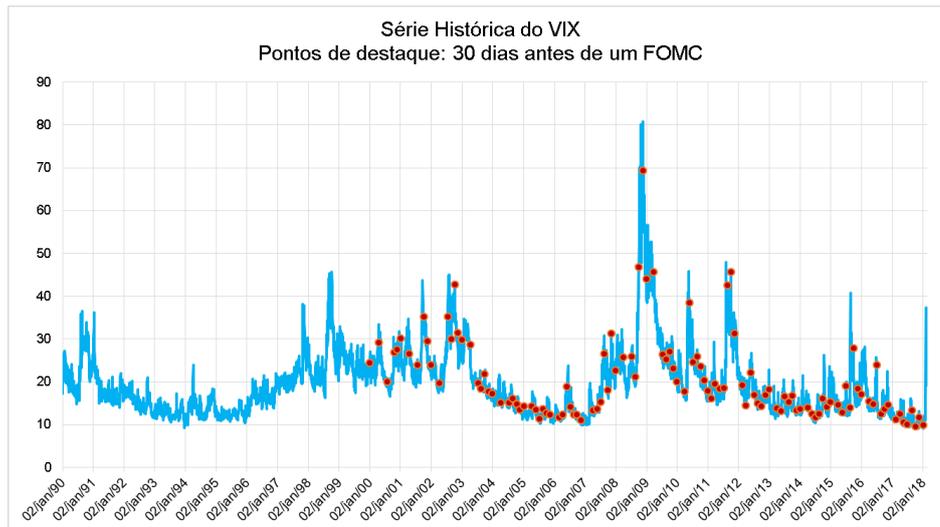


Figura 2: Série Histórica do VIX com destaque para os pontos 30 dias antes de reuniões do FED

4 Prevendo a Variância Realizada do S&P 500 em dias de

Anúncio do FOMC usando o VIX

Dadas todas as observações empíricas e fatos estilizados destacados anteriormente, aqui testaremos a consistência estatística nos dados de Mercado da Previsibilidade de Retornos do VIX, Índice de volatilidade do S&P 500, sobre a variância realizada do S&P 500 nos dias de reunião do Banco Central dos EUA (FED – Federal Reserve System), os chamados FOMC – Federal Open Market Committee.

4.1. Descrição do modelo

Para averiguar a previsibilidade de Retornos do S&P 500 nos dias de reuniões do FED, usando o seu Índice de Volatilidade, o VIX, usaremos a seguinte regressão:

$$[RV_t]^2 = \alpha + \beta_1 * [VIX_{t-\tau}]^2 + \beta_2 * \sigma^2_{t-1} + \varepsilon_t$$

É necessário que se faça a avaliação da previsibilidade de retornos tomando o quadrado dos retornos do S&P no dia do Evento e o quadrado do VIX porque a cada evento a expectativa do Mercado com relação à resolução da Incerteza pode ser de alta ou de queda. Para saber esta expectativa seria necessário avaliar todos os FOMCs e decifrar ou encontrar uma boa proxy estatística que indicasse para que lado o retorno se realizaria no caso de uma surpresa na realização do Evento. Para não incluir uma possível fonte de erro nas análises, e sem qualquer perda de generalidade, optou-se por avaliar os quadrados do retorno usando o quadrado do VIX.

A relação apresenta o VIX como uma função de τ pelo simples fato de que serão avaliados os poderes preditivos de VIX de diferentes horizontes: VIX (30 dias), VXV (VIX de mais longo prazo, 90 dias) e VXST (VIX de mais curto prazo, 9 dias).

Os 3 Índices acima mencionados acima são desenvolvidos pelo CBOE e o método de cálculo está descrito em documentos no próprio site do CBOE.

4.2. Resultados

4.2.1. Teste Preliminar – Modelo Univariado

Primeiro, faremos um teste preliminar com um modelo univariado com cada um dos Índices de Volatilidade apresentados com lags diferentes – 90 dias, 30 dias, 10 dias e 5 dias. Abaixo, está apresentada a tabela com os resultados das regressões para os 3 Índices de Volatilidade considerados – a sigla IV usada abaixo significa Índices de Volatilidade e será usada para designar os índices apresentados previamente.

Tabela 1: Resultado da Regressão para os Índices VIX (30 dias), VXV (90 dias) e VXST (9 dias) em dias de FOMC

Tabela de Resultado da Regressão

$$RV_t = \alpha + \beta * [IV_{t-\tau}]^2 + \varepsilon_t$$

para os Índices VIX, VXV e VXST
em dias de FOMC

IV	# Observações	Início da Amostra	Fim da Amostra	$\tau = 30$		$\tau = 90$		$\tau = 10$		$\tau = 5$	
				Beta	R ²	Beta	R ²	Beta	R ²	Beta	R ²
[VIX _{t-τ]²}	290	fev/90	fev/18	0.53	18%	0.33	5%	0.82	34%	0.82	55%
Alfa				(5.6)		(2.7)		(8.7)		(13.1)	
				(1.4)		(2.5)		(0.4)		(0.7)	
[VXV _{t-τ]²}	125	mai/02	fev/18	0.54	13%	0.39	5%	0.93	26%	0.99	41%
Alfa				(4.5)		(2.5)		(6.7)		(9.4)	
				(0.9)		(1.7)		(0.6)		(1.9)	
[VXST _{t-τ]²}	55	jan/11	fev/18	0.33	3%	0.19	1%	1.10	17%	1.99	58%
Alfa				(1.4)		(0.5)		(3.3)		(8.6)	
				(1.4)		(1.5)		(0.3)		(3.4)	

A tabela deixa claros alguns pontos bastante importantes que podemos resumir como se segue:

- i. O VIX apresenta, de fato, um poder de previsibilidade de Retornos para o S&P 500 para dias de reuniões do FED quando estamos a 30 dias, 10 dias ou 5 dias da próxima reunião. Apenas na janela de 5 dias os resíduos apresentam autocorrelação;
- ii. O Índice de Volatilidade de Curto Prazo do S&P 500, o VXST, apresenta beta significativo sobre a variância realizada do S&P 500 em dias de reuniões do FED, somente quando estamos à distância mais curta, de 5 dias). Neste caso os resíduos apresentam autocorrelação, então não consideramos um bom previsor;
- iii. O Índice de Volatilidade de Longo Prazo do S&P 500, o VXV, não apresenta um poder preditivo sobre a variância realizada do S&P 500 para dias de reunião do FOMC.
- iv. O nível de confiança com o qual não se rejeita a hipótese de que o VXST não apresenta poder preditivo sobre a variância realizada do S&P 500 nos dias de reuniões do FOMC é menor que o nível de confiança análogo para o VIX.

Para o terceiro ponto que a tabela nos esclarece, não é tão difícil imaginar que o Índice de Volatilidade de 3 meses para o S&P 500 indica uma volatilidade esperada de mais longo prazo, que deve responder de maneira mais importante em casos de choques mais permanentes sobre a Economia que a divulgação da maioria dos Statements das reuniões do FED apresentam costumeiramente. Assim, o poder preditivo de um Índice de Volatilidade tão longo tende a cair sobre eventos tão frequentes. Pode haver um poder preditivo melhor deste índice nos casos em que se tratam eventos com resoluções de incerteza de mais longo prazo, como é o caso das eleições presidenciais.

4.2.2. Resultados do Modelo

Com base na natureza da variância, e conforme justificado no capítulo 3, vamos incluir a variância realizada do S&P500 calculada com decaimento exponencial para se apropriar dos aumentos de volatilidade mais recentes e evitar que um aumento de volatilidade independente (ou anterior) aos FOMCs possam ser previstos pelo VIX. Com isso, queremos capturar com mais intensidade o efeito de previsão do futuro que o VIX resgata do mercado.

Tabela 2: Resultado da Regressão para os Índices VIX (30 dias), VXV (90 dias) e VXST (9 dias) em dias de FOMC

Tabela de Resultado da Regressão

$$RV_t = \alpha + \beta_1 * [IV_{t-\tau}]^2 + \beta_2 * \sigma_{S\&P}^2_{t-1} + \epsilon_t$$

para os Índices VIX, VXV e VXST
em dias de FOMC

IV	# Observações	Início da Amostra	Fim da Amostra	$\tau = 30$		$\tau = 90$		$\tau = 10$		$\tau = 5$	
				Beta	R ²						
[VIX _{t-τ}] ²				-0.46 (3.7)		-0.76 (0.8)		-0.13 (0.8)		0.71 (3.8)	
$\sigma_{S\&P}^2_{t-1}$	290	fev/90	fev/18	1.00 (10.8)	55%	0.74 (11.3)	50%	0.79 (6.8)	50%	0.10 (0.6)	55%
Alfa				0.00 (3.9)		0.00 (2.0)		0.00 (2.0)		0.00 (0.4)	
VXV ²				-0.40 (3.6)		-0.07 (0.6)		-0.29 (1.8)		0.02 (0.1)	
$\sigma_{S\&P}^2_{t-1}$	125	mai/02	fev/18	0.92 (11.1)	56%	0.73 (11.2)	52%	0.86 (8.5)	53%	0.71 (5.4)	52%
Alfa				0.00 (3.6)		0.00 (1.7)		0.00 (2.5)		0.00 (0.4)	
VXST ²				-1.17 (3.5)		-0.64 (1.7)		-0.71 (0.9)		2.34 (6.7)	
$\sigma_{S\&P}^2_{t-1}$	55	jan/11	fev/18	3.00 (5.5)	39%	1.80 (4.6)	29%	2.18 (2.5)	26%	-0.52 (1.3)	59%
Alfa				0.00 (0.0)		0.00 (0.7)		0.00 (0.1)		0.00 (3.3)	

Analisando a tabela com os resultados do modelo controlando pela variância dos retornos diários do S&P calculada com decaimento exponencial, tiramos algumas conclusões:

- i. Como era de se esperar, em praticamente todos os modelos se verifica o poder preditivo da variância dos retornos diários calculados com decaimento exponencial sobre a variância realizada do S&P 500 no dia posterior;
- ii. O VIX a 30 dias do FOMC, é significativo para prever a variância realizada do S&P 500, bem como o VXV e o VXST;
- iii. Por outro lado, a 90 dias do FOMC, o VXV, que é o índice de volatilidade de 90 dias, não tem poder preditivo sobre a variância realizada do S&P 500. Isso é um indício de que o Mercado não está ainda precificando nas opções um FOMC tão distante;
- iv. Em nenhum dos modelos de 30 dias, os testes de autocorrelação residual apontam existência de autocorrelação. Abaixo algumas Funções de Autocorrelação para ilustrar

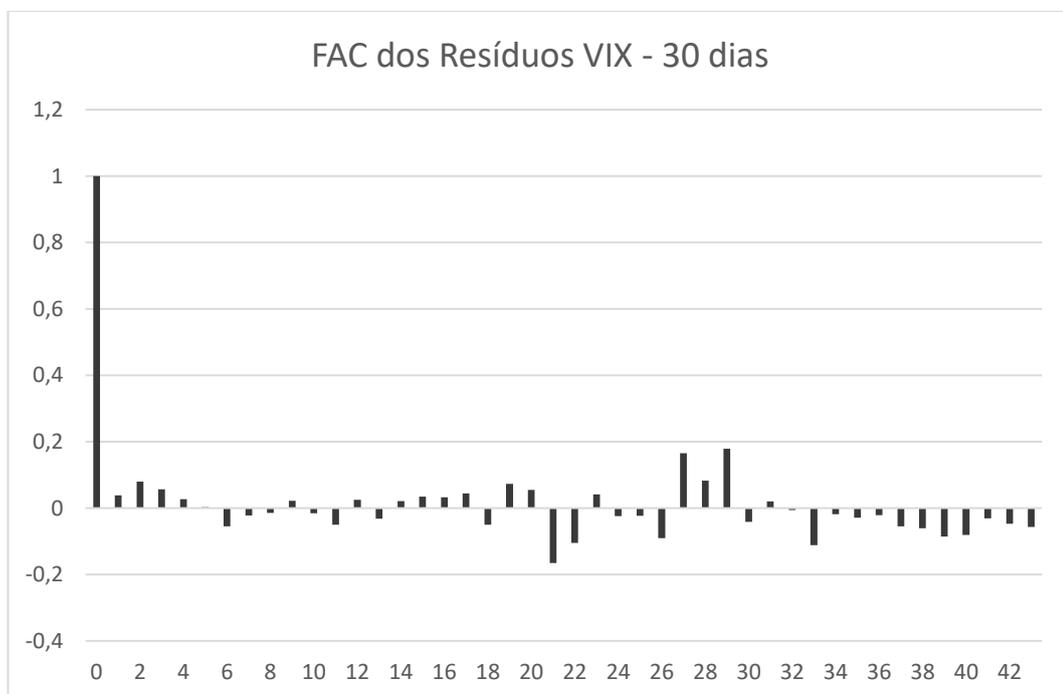


Figure 3: FAC dos resíduos do modelo com VIX a 30 dias do FOMC

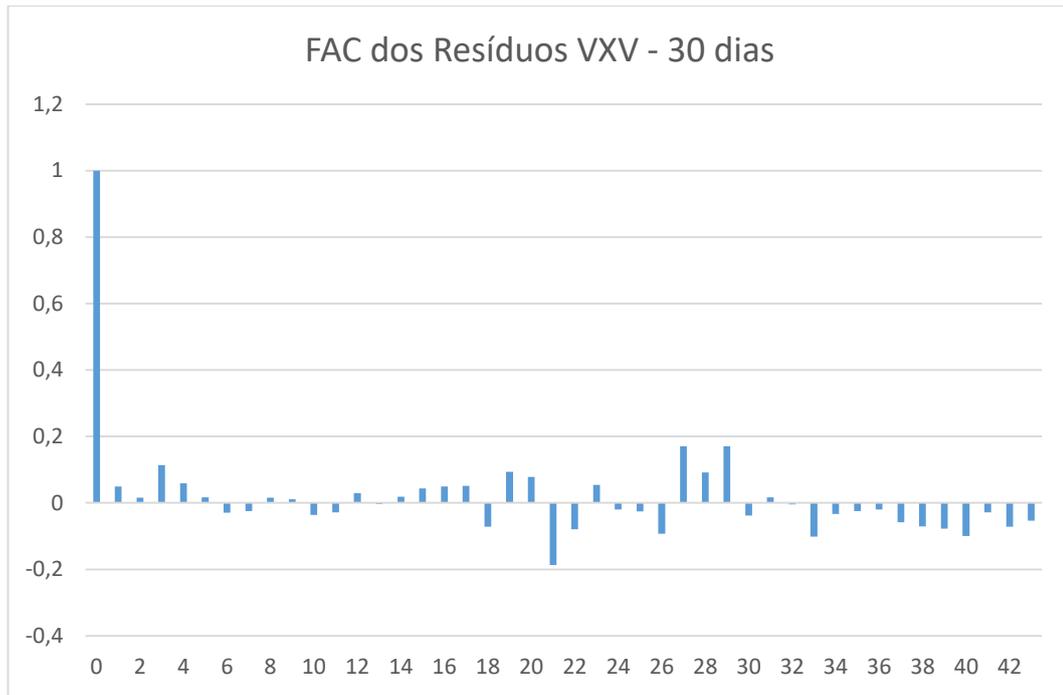


Figure 4: FAC dos resíduos do modelo com VXV a 30 dias do FOMC

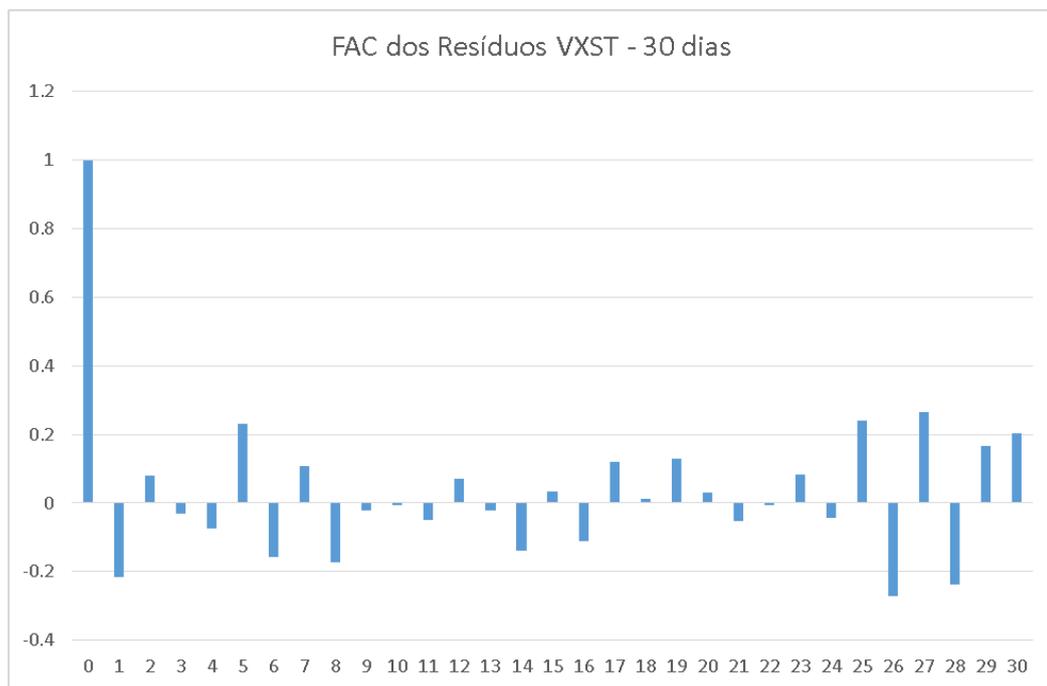


Figure 5: FAC dos resíduos do modelo com VXST a 30 dias do FOMC

4.2.3. VIX em Reuniões do FED antes e depois de 2008

Mais recentemente, o Mercado passou a estar mais atento às mudanças marginais dos Statements das Reuniões do FED de modo que as reações do S&P500 podem ser afetados pela presença ou ausência de um vocábulo específico (Bernanke, 2013).

Como depois da Crise de 2008, o Mercado voltou muito da sua atenção para entender como os Estados Unidos conduziram sua Política Monetária, a fim de retomar o crescimento, é válido analisar se houve alguma mudança significativa do poder preditivo dos Índices de Volatilidade do S&P 500 sobre a variância realizada do S&P 500.

As tabelas abaixo mostram os resultados da mesma regressão anterior para as datas de FOMC antes e depois de 2008:

Tabela 2 : Resultado da Regressão para os Índices VIX (30 dias), VXV (90 dias) e VXST (9 dias) em dias de FOMC antes de 2008

Tabela de Resultado da Regressão

$$RV_t = \alpha + \beta_1 * [IV_{t-t}]^2 + \beta_2 * \sigma_{S\&P}^2_{t-1} + \epsilon_t$$

para os Índices VIX, VXV e VXST
em dias de FOMC antes de 2008

IV	# Observações	Início da Amostra	Fim da Amostra	$\tau = 30$		$\tau = 90$		$\tau = 10$		$\tau = 5$	
				Beta	R ²	Beta	R ²	Beta	R ²	Beta	R ²
$[VIX_{t-t}]^2$				-0.01 (0.1)		0.00 (-1.0)		0.00 (0.0)		0.00 (0.6)	
$\sigma_{S\&P}^2_{t-1}$	65	jan/00	dez/07	0.39 (3.1)	21%	0.20 (1.3)	10%	0.54 (4.9)	34%	0.58 (4.6)	31%
Alfa				0.00 (0.5)		0.00 (1.1)		0.00 (0.0)		0.00 (0.2)	
VXV ²				-0.10 (0.9)		-0.13 (1.0)		0.04 (0.3)		0.06 (0.4)	
$\sigma_{S\&P}^2_{t-1}$	48	mai/02	dez/07	0.64 (5.0)	31%	0.61 (5.1)	52%	0.57 (4.4)	30%	0.57 (4.6)	30%
Alfa				0.00 (2.2)		0.00 (2.3)		0.00 (1.8)		0.00 (1.7)	

Tabela 3: Resultado da Regressão para os Índices VIX (30 dias), VXV (90 dias) e VXST (9 dias) em dias de FOMC depois de 2008

Tabela de Resultado da Regressão

$$RV_t = \alpha + \beta_1 * [IV_{t-1}]^2 + \beta_2 * \sigma_{S\&P}^2_{t-1} + \epsilon_t$$
 para os Índices VIX, VXV e VXST
 em dias de FOMC antes de 2008

IV	# Observações	Início da Amostra	Fim da Amostra	$\tau = 30$		$\tau = 90$		$\tau = 10$		$\tau = 5$	
				Beta	R ²	Beta	R ²	Beta	R ²	Beta	R ²
$[VIX_{t-1}]^2$				0.00 (1.2)		0.00 (1.6)		0.00 (0.6)		0.00 (0.2)	
$\sigma_{S\&P}^2_{t-1}$	74	jan/09	fev/18	0.26 (2.0)	14%	0.18 (1.1)	10%	0.52 (3.2)	21%	0.77 (4.4)	28%
Alfa				0.00 (1.3)		0.00 (1.6)		0.00 (0.6)		0.00 (0.2)	
VXV ²				-0.67 (2.3)		0.06 (0.4)		-0.17 (0.5)		0.34 (1.0)	
$\sigma_{S\&P}^2_{t-1}$	74	jan/09	fev/18	1.16 (3.9)	28%	0.52 (3.7)	23%	0.68 (2.2)	23%	0.77 (4.4)	23%
Alfa				0.00 (2.8)		0.00 (1.1)		0.00 (1.5)		0.00 (0.4)	

Essa avaliação não pode ser feita para o VXST, visto que ele só começou a ser calculado e divulgado em 2011.

Para os VIX e VXV, temos os seguintes pontos a destacar:

- i. Para nenhum dos Índices, verificou-se poder preditivo nem antes de 2008 e nem depois de 2008, com nenhum lag de previsão;
- ii. O poder preditivo desses índices sobre a variância realizada nos dias de FOMC não é robusto a segmentação da amostra.

5 Conclusão

Neste trabalho, buscou-se levantar uma questão sobre a previsibilidade da variância realizada do S&P 500 em dias de reuniões do Federal Open Market Committee, utilizando o Mercado de Opções, e mais especificamente o Índice de Volatilidade do S&P 500, o VIX, uma vez que o Mercado de Opções pode ser visto como uma fonte a mais de Informação sobre as expectativas do Mercado sobre o futuro.

Dentre diversos modelos possíveis para a variância realizada dos retornos intradiários do S&P 500, com dados disponibilizados pelo Oxford-Man Institute, escolheu-se um modelo com função kernel de Panzer, pela disponibilidade do dado e por ter uma certa robustez aos ruídos nos dados de alta frequência.

Encontrou-se que o VIX, Índice de Volatilidade de 30 dias do S&P 500 apresenta um poder preditivo sobre a variância realizada do S&P 500 para os dias de reunião do FED, mesmo quando controlada para a variância dos retornos diários do S&P – objetivando extrair mais da parcela de futuro constituinte do VIX em vez da parcela que reflete o passado, conforme descrevem Becker et al.(2008).

No entanto, este poder preditivo não persiste para uma amostra que termina em dezembro de 2007 para nenhum dos Índices de Volatilidade. E não persiste também para uma amostra que se inicia em 2009, revelando uma não robustez do modelo a esta segregação da amostra.

Algumas extensões deste trabalho são bem claras e tem bastante valor: estender esta avaliação para Índices de ação para outros países desenvolvidos; estender também para Mercados Emergentes que tenham liquidez suficiente para atender às análises. Além disso, outras variáveis de controle podem ser usadas para avaliar se a previsibilidade se mantém, como por exemplo se o Mercado tem um consenso sobre a decisão da reunião ou se existe muita incerteza. Uma modelagem usando Bipower

Variance a fim de calcular Jumps, como fazem Becker et al.(2008) e verificar se o VIX tem poder preditivo sobre este Jump também é interessante.

6 Referências bibliográficas

BECKER, R.; CLEMENTS, A.; MCCLELLAND, A. **The jump component of S&P 500 volatility and the VIX index.** Journal of Banking and Finance, 33(6). pp. 1033-1038, 2008.

BOLLEN, B.; INDER, B. **Estimating daily volatility in financial markets utilizing intraday data.** Journal of Empirical Finance. Vol. 9, No.5 (DECEMBER 2002), pp. 551-562.

BERNANKE, B. S. **Communication and Monetary Policy.** 1993.
Disponível em
<https://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/bernanke20131119a.htm>. Acessado em 20/06/2017.

CONT, R. **Beyond Implied Volatility: Extracting Information from options prices.** Suíça: Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1997.

CONT, R. **Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues.** Journal of Quantitative Finance, Vol. 1, 2001.

DUBINSKY, A.; JOHANNES, M. **Earnings announcements and equity options.** Estados Unidos: Columbia, 2005.

HUANG, S; QIANQIU, L; YU, J.; **Realized Daily Variance of S&P500 Cash Index: A Revaluation of Stylized Facts.** Annals of Economics and Finance. 8, (1), 33-56. Research Collection Lee Kong Chian School Of Business, 2007.

LUCCA, D.O.; MOENCH, E. **The Pre-FOMC Announcement Drift.** Federal Reserve Bank of New York Staff Reports, no. 512. 2013.

MACALEER, M; MEDEIROS, M.; **Realized volatility: a review**, Texto para discussão, No. 531, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Departamento de Economia, Rio de Janeiro, 2006

NOSSMAN, M.; VILHELMSSON, A. **Non-Parametric Forward Looking Value-at-Risk**. Journal of Risk, Vol. 16, No. 4, 2014.

SAVOR, P.; WILSON, M. **How Much Do Investors Care About Macroeconomic Risk? Evidence From Scheduled Economic Announcements**. The Journal of Financial and Quantitative Analysis Vol. 48, No. 2 (APRIL 2013), pp. 343-375.

SHEPARD, N; SHEPARD, K; **Realising the Future: Forecast with high-frequency-based Volatility (HEAVY) Models Daily Variance of S&P500 Cash Index: A Revaluation of Stylized Facts**. Journal of Applied Economics, 2009.