

VIX Brasileiro: Uma ferramenta para previsão do intervalo de oscilação do índice Ibovespa

ALEXANDRE GARCAO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

ADALTO ACIR ALTHAUS JUNIOR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

VIX BRASILEIRO: UMA FERRAMENTA PARA PREVISÃO DO INTERVALO DE OSCILAÇÃO DO ÍNDICE IBOVESPA

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado de capitais brasileiro se encontra em constante transformação e evolução. Segundo relatório de análise da evolução dos investidores de junho de 2024 da B3, empresa responsável pela bolsa de valores brasileira, mostra aumentos crescentes de investidores pessoas físicas. Desde 2020, a base de investidores cresceu mais de 80%. Em março de 2024, atingiu a marca de 5,1 milhões de investidores em renda variável e 16,3 milhões em renda fixa (B3, junho de 2024).

Devido ao crescimento do número de investidores, aumenta a necessidade de novas ferramentas que possam auxiliá-los. Entre essas, destaca-se o índice VIX do Brasil, um indicador de volatilidade do mercado acionário nacional. Seu nome oficial é S&P/B3 Ibovespa VIX e foi lançado em 19 de março de 2024 em parceria com as empresas B3 e S&P (Standard & Poor's). Seu objetivo é medir a volatilidade de curto prazo implícita nos preços das opções do índice Ibovespa B3, que é o principal indicador de desempenho das ações negociadas na B3 e reúne as empresas mais importantes do mercado de capitais brasileiro.

Ao longo do trabalho, como simplificação de seu nome S&P/B3 Ibovespa VIX, será utilizado VXBR que é seu ticker, código usado na bolsa de valores para identificar e negociar um determinado ativo.

A metodologia utilizada no VXBR segue a mesma do VIX S&P 500, com a diferença de que o VXBR utiliza o Ibovespa B3 como índice de base, enquanto o VIX S&P 500 utiliza o S&P 500, um índice ponderado de capitalização de mercado das 500 maiores empresas de capital aberto listadas nas bolsas de valores dos Estados Unidos.

O VIX é uma ferramenta utilizada pelos investidores para entender o sentimento do mercado e para prever possíveis movimentos futuros dos preços das ações. Um VIX elevado pode indicar que os investidores estão preocupados com possíveis quedas no mercado, enquanto um VIX baixo pode sugerir que os investidores estão mais confiantes e esperam estabilidade ou aumento nos preços das ações. Ele é frequentemente chamado de “índice do medo”, visto que a volatilidade implícita aumenta quando há turbulência e incertezas nos mercados ou quando a economia está enfrentando dificuldades.

Segundo Hull (2016), as volatilidades implícitas são usadas para monitorar a opinião do mercado sobre a volatilidade de uma determinada ação. Enquanto as volatilidades históricas estão voltadas para o passado, as implícitas estão voltadas para o futuro. O VXBR reflete a oscilação esperada para o Ibovespa nos próximos 30 dias, para cima ou para baixo.

Diante dessa questão sobre o futuro e da criação desta nova ferramenta no mercado brasileiro, surge o problema que será tratado neste trabalho: a volatilidade implícita medida do índice S&P/B3 Ibovespa VIX é uma boa ferramenta para previsão do intervalo de oscilação do índice Ibovespa B3?

Ao longo das últimas décadas, diversos estudos — tanto no Brasil quanto no exterior — têm se dedicado à investigação da capacidade preditiva das volatilidades implícita e histórica. Os resultados obtidos são variados quanto à sua eficácia, refletindo diferentes abordagens metodológicas e contextos de mercado, o que evidencia a complexidade do tema e reforça a relevância de novas abordagens, como a proposta neste trabalho. A seguir, apresenta-se uma linha do tempo com os principais estudos e um resumo de suas conclusões.

Observa-se que o tema tem sido amplamente explorado ao longo tempo, com diferentes resultados sendo obtidos. Este estudo apresenta como diferencial a utilização de dados do

VXBR, um índice recente para o mercado brasileiro, e utiliza uma metodologia de análise de fácil compreensão e utilização.

O objetivo principal do estudo é verificar se o VXBR é uma boa ferramenta para previsão do intervalo de oscilação do índice Ibovespa ao longo de diferentes períodos. Além disso, se destacam os seguintes objetivos específicos:

1. Apresentar estudos anteriores dos temas relacionados.
2. Estabelecer períodos de previsão e as datas de referência para a medição.
3. Calcular o intervalo de oscilação esperado do Ibovespa a partir da volatilidade implícita obtida no VXBR para cada período de previsão.
4. Analisar a assertividade em cada um dos períodos de previsão.

Como contribuição deste trabalho, foi verificado que o índice VXBR é uma ferramenta valiosa para prever o intervalo de oscilação do Ibovespa, oferecendo suporte crucial para investidores e analistas na tomada de decisões de investimento. Analisou-se diferentes períodos de previsão, entre maio de 2021 a setembro de 2024. O período de previsão de 30 dias obteve os melhores resultados, com o valor do índice Ibovespa ficando dentro do intervalo de oscilação previsto 85% das amostras. Quando consideradas apenas as amostras com VXBR superior a 25%, a taxa de acerto foi de 100%. Além disso, esse período também apresentou o menor risco de cauda entre os analisados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Revisão bibliográfica

Diversos estudos, tanto no Brasil quanto no exterior, têm investigado a capacidade preditiva das volatilidades implícita e histórica em relação à volatilidade futura dos ativos. Os resultados encontrados são variados, refletindo diferentes metodologias, contextos de mercado e ativos analisados.

Day e Lewis (1992), usaram as opções do índice S&P 100, e Lamoureux e Lastrapes (1993), usaram opções de empresas individuais, e concluíram que a volatilidade implícita contém informações úteis na previsão da volatilidade futura, mas também concluíram que modelos de séries temporais contêm informações incrementais à volatilidade implícita.

Canina e Figlewski (1993) conduziram um estudo com as opções do índice S&P100 de março de 1983 a março de 1987, e chegaram à conclusão contrária dos estudos anteriores, de que a volatilidade implícita é um previsor ineficiente da volatilidade futura, o qual tem praticamente uma correlação nula com a volatilidade futura.

Por outro lado, Jorion (1995) encontra evidências mais favoráveis nos mercados de câmbio, onde a volatilidade implícita supera os modelos estatísticos de séries temporais. Christensen e Prabhala (1998) e Fleming (1998) utilizando opções do índice S&P100, descobrem que a volatilidade implícita supera a volatilidade passada na previsão da volatilidade futura e até mesmo apresenta o conteúdo de informação da volatilidade passada em algumas de suas especificações.

Christensen e Hansen (2002) realizaram várias verificações de robustez, incluindo uma nova abordagem de equações simultâneas, sobre opções de compra e venda no índice S&P 100. Com isto, reforçam a conclusão de que a volatilidade implícita é uma previsão eficiente da volatilidade do retorno realizado.

Becker (2006) utilizam o VIX S&P 500 para suas análises e os resultados indicam que há uma correlação positiva significativa entre o índice VIX e a volatilidade futura. Em um outro artigo escrito pelo autor de 2007, ele constata que o VIX é uma previsão que combina elementos úteis de uma série de modelos de previsão de volatilidade se tornando uma previsão superior

em relação a qualquer modelo único. Nessa mesma linha, Ferris (2008), descobre que a volatilidade implícita é um estimador imparcial e eficiente da volatilidade futura realizada.

Simlai (2009) analisa a relação do VIX S&P 500 com o índice de mercado. O modelo apresentado mostra que a alta volatilidade das opções de índice está acompanhando a queda do índice de mercado. Seo e Kim (2015) descobrem que a volatilidade implícita tem capacidade de previsão variável dependendo do nível do sentimento do investidor.

Baruníka (2016), usando os preços de opções mensais e quinzenais do S&P 500 e do DAX apoiam a imparcialidade da volatilidade implícita como um bom proxy para a volatilidade futura no longo prazo.

No contexto brasileiro, foi encontrado autores que também realizaram análise sobre o tema. Andrade & Tabak (2001), com dados das opções de compra da taxa diária de câmbio Dólar-Real, no período de 02 de fevereiro de 1999 a 02 de junho de 2000, concluem que é válido seguir a volatilidade implícita Dólar/Real para inferir sobre a volatilidade futura, pois previsões que somente utilizam retornos passados não são eficientes, no sentido que elas não incorporam toda informação pública disponível. Gomes (2002), analisou o mercado das opções sobre ações da Telebrás e sobre o Dólar Comercial, e as evidências estatísticas mostraram que a volatilidade implícita fornece informações úteis acerca de retornos anormais desses ativos no futuro.

Em contrapartida, Gabe e Portugal (2003), usaram dados sobrepostos do mercado de opções de Telemar no período de 02/10/2000 a 15/10/2002 e encontraram que a volatilidade estimada através de modelos GARCH e EGARCH é um estimador eficiente, não viesado e melhor do que a volatilidade implícita.

Mello (2009), utilizou em sua análise as opções das ações da Petrobrás e Vale, pois eram as mais líquidas da época, os resultados obtidos mostraram que em ambos os casos, a volatilidade implícita contém informação relevante sobre a volatilidade realizada no futuro. No entanto, também em ambos os casos os previsores são viesados.

Por fim, Vicente e Guedes (2010), em relação às ações de Petrobrás, conclui que a volatilidade implícita das opções fora do dinheiro contém mais informações sobre a volatilidade futura, quando comparada à volatilidade histórica. Já as volatilidades implícitas dentro e no dinheiro, apresentaram fraco poder explanatório da volatilidade futura. Já Cocentino (2021), concluiu que em todos os casos é possível inferir que a volatilidade implícita não é um previsor eficiente da volatilidade futura, sendo considerado também viesado.

3 METODOLOGIA DE ANÁLISE E DADOS UTILIZADOS

3.1 Metodologia

A metodologia adotada neste estudo tem como objetivo avaliar a eficácia do índice de volatilidade implícita brasileiro (VXBR) na previsão do intervalo de oscilação do índice Ibovespa. Para isso, foi desenvolvida uma abordagem baseada na aplicação de conceitos estatísticos e financeiros que permitem transformar a volatilidade implícita anualizada em intervalos de variação esperada para o Ibovespa em janelas temporais específicas. A análise parte da coleta de dados históricos diários do VXBR e do Ibovespa, aos quais se aplicam para estimar os limites superior e inferior do intervalo de oscilação esperado. A seguir, detalham-se os critérios utilizados para a definição dos períodos de previsão e os procedimentos adotados para a validação empírica dos resultados.

3.1.1 Hipótese da pesquisa

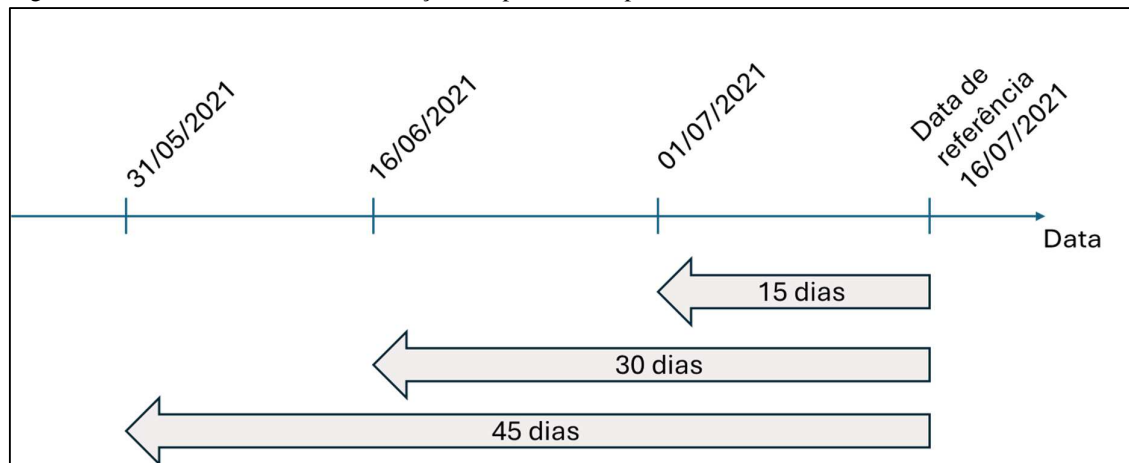
Este estudo parte da hipótese de que o índice de volatilidade implícita brasileiro (VXBR) é um preditor estatisticamente confiável para o intervalo de oscilação do índice Ibovespa em janelas temporais de 45, 30 e 15 dias. A metodologia adotada visa testar essa hipótese por meio da conversão da volatilidade anualizada do VXBR em intervalos de oscilação esperada e da verificação empírica da assertividade dessas projeções. Essa verificação é realizada por meio da quantificação da frequência com que o comportamento real do mercado esteve alinhado com as expectativas derivadas da volatilidade implícita.

3.1.2 Definição dos períodos de previsão

Para a análise, foram definidos três períodos de previsão: 45, 30 e 15 dias corridos, correspondentes a aproximadamente 33, 22 e 11 dias úteis, respectivamente. A data de referência adotada para cada mês foi a terceira sexta-feira, que coincide com o vencimento das opções. A partir dessa data, os dias úteis foram contados retroativamente para determinar os pontos de partida de cada janela de previsão.

Como exemplo, será considerado como data de referência o dia 16/07/2021, correspondente à terceira sexta-feira de julho de 2021. Para o período de previsão de 45 dias, retrocede-se 33 dias úteis a partir dessa data, chegando ao dia 01/06/2021. Da mesma forma, para os períodos de 30 e 15 dias, retrocede-se 22 e 11 dias úteis, resultando nas datas de 16/06/2021 e 01/07/2021, respectivamente. A Figura 1 ilustra esse processo de forma visual.

Figura 1 – Detalhamento visual da definição dos períodos de previsão de 45, 30 e 15 dias



Fonte: O autor (2024)

Nota: A data de referência é a data de vencimento das opções (terceira sexta-feira de cada mês). Para o período de previsão de 45 dias, retrocede-se 33 dias úteis a partir dessa data, chegando ao dia 01/06/2021. Da mesma forma, para os períodos de 30 e 15 dias, retrocede-se 22 e 11 dias úteis, resultando nas datas de 16/06/2021 e 01/07/2021, respectivamente.

As fórmulas (1), (2) e (3) demonstram o cálculo utilizado para encontrar as datas de início para cada período de previsão.

$$D_{45} = D_{ref} - 33 \text{ dias úteis} \quad (1)$$

$$D_{30} = D_{ref} - 22 \text{ dias úteis} \quad (2)$$

$$D_{15} = D_{ref} - 11 \text{ dias úteis} \quad (3)$$

onde:

D_{ref} = Data de referência, sendo a terceira sexta-feira de cada mês;

D_{45} = Data de início para o período de previsão de 45 dias;

D_{30} = Data de início para o período de previsão de 30 dias;

D_{15} = Data de início para o período de previsão de 15 dias.

Após obter a data de início para cada período, é verificado o valor de fechamento do VXBR e do IBOV nestas datas. Dando continuidade ao exemplo anterior, apresenta-se na TABELA 1 – Valores de fechamento do índice Ibovespa e VXBR das datas os valores encontrados.

TABELA 1 – Valores de fechamento do índice Ibovespa e VXBR das datas de início para cada período de previsão

Período de previsão	Data resultante	Valor de fechamento do Ibovespa (pontos)	Valor de fechamento do VXBR (%)
P_{d+45}	31/05/2021	126216	21,01
P_{d+30}	16/06/2021	129259	21,57
P_{d+15}	01/07/2021	125666	23,31

Fonte: O autor (2024)

Nota: Valores de fechamento do Ibovespa e VXBR nas datas de início para os períodos de 45, 30 e 15 dias de previsão, calculadas a partir da data de referência 16/07/2021. P_{D+15} = Período de 15 dias; P_{D+30} = Período de 30 dias; P_{D+45} = Período de 45 dias.

3.1.3 Cálculo dos limites de previsão

Sendo o VXBR uma medida anualizada da volatilidade implícita, sua aplicação na previsão do comportamento futuro do Ibovespa exige a conversão dessa medida para diferentes horizontes temporais. Assim, a variação esperada é obtida multiplicando-se o valor do índice Ibovespa pelo valor do VXBR e pela raiz quadrada da razão entre o número de dias corridos do período analisado e 365, conforme fórmula (4). O resultado representa a amplitude esperada de oscilação do índice dentro de um desvio padrão, assumindo uma distribuição normal dos dados. Essa medida é fundamental para a construção do *cone de previsão*, pois define os limites superior e inferior do intervalo de oscilação para o Ibovespa em cada horizonte temporal analisado.

$$AO_{xx} = IBOV_{D_{xx}} \times VXBR_{D_{xx}} \times \sqrt{\frac{n}{365}} \quad (4)$$

onde:

AO_{xx} = Amplitude de Oscilação do período xx para 1σ ;

$IBOV_{D_{xx}}$ = Valor de fechamento do Ibovespa em pontos na data de início do período;

$VXBR_{D_{xx}}$ = Valor de fechamento do VXBR na data de início do período;

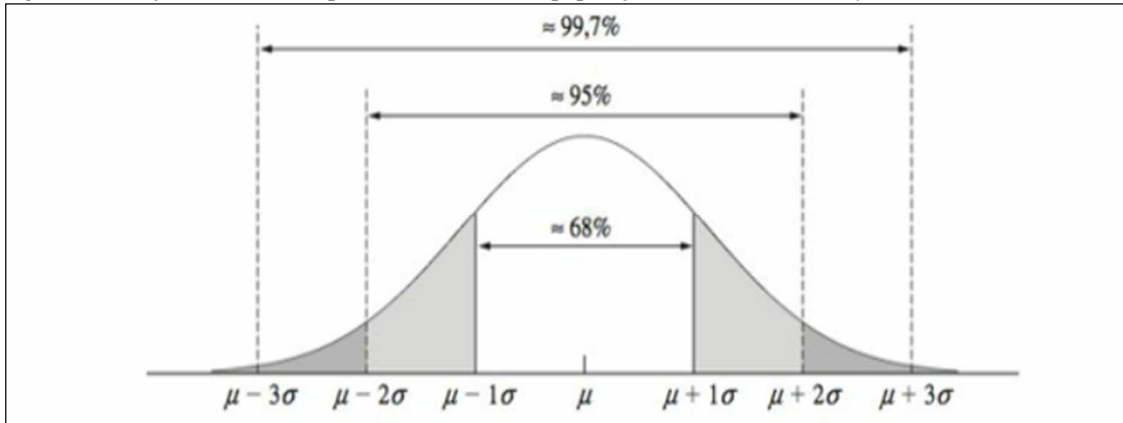
n = número de dias corridos do período.

Conforme destacado acima, foi assumido que os dados seguem uma distribuição normal, o que é uma hipótese comum em modelos financeiros clássicos, como o modelo de Black-Scholes,

e permite a aplicação direta de conceitos estatísticos como o desvio padrão para a construção de intervalos de confiança. Nesse contexto, adotou-se a medida de um desvio padrão (1σ), que, segundo a teoria da distribuição normal, abrange aproximadamente 68,2% das observações em torno da média. Essa escolha fornece uma base probabilística clara para a análise preditiva. No entanto, reconhece-se que eventos extremos — conhecidos como riscos de cauda — podem ocorrer com maior frequência do que o previsto pela distribuição normal. Essa limitação é abordada na análise específica de risco de cauda apresentada neste trabalho.

Na figura abaixo, observa-se que aproximadamente 68% das ocorrências estão dentro de um desvio padrão em torno da média. Para dois desvios padrões, há 95%, e para três desvios padrões, 99,7% das ocorrências.

Figura 2 – Função densidade de probabilidade de uma população normal com média μ e variância σ^2



Fonte: Navidi (2012)

Com os dados de fechamento do Ibovespa e VXBR obtidos anteriormente no exemplo do tópico anterior, é calculado a amplitude de oscilação para cada período, conforme cálculos (5);(6) e (7) abaixo.

- **P_{D+45} (período de 45 dias)**

$$AO_{45} = 126216 \times 0,2101 \times \sqrt{\frac{45}{365}} \cong \pm 9311 \quad (5)$$

- **P_{D+30} (período de 30 dias)**

$$AO_{30} = 129259 \times 0,2157 \times \sqrt{\frac{30}{365}} \cong \pm 7993 \quad (6)$$

- **P_{D+15} (período de 15 dias)**

$$AO_{15} = 125666 \times 0,2331 \times \sqrt{\frac{15}{365}} \cong \pm 5938 \quad (7)$$

Após obter o valor da amplitude de oscilação, utiliza-se as fórmulas (8) e (9) para encontrar os limites superior e inferior de previsão do intervalo de oscilação.

$$Lim_{sup_{xx}} = IBOV_{xx} + AO_{xx} \quad (8)$$

$$Lim_{inf_{xx}} = IBOV_{xx} - AO_{xx} \quad (9)$$

onde:

- Lim_{sup xx} = Limite superior de previsão da oscilação para 1σ para o período;
- Lim_{inf xx} = Limite inferior de previsão da oscilação para 1σ para o período;
- IBOV_{xx} = Valor de fechamento do Ibovespa em pontos na data de início do período;
- AO_{xx} = Amplitude de Oscilação do período para 1σ.

A TABELA 2 apresenta o resultado da amplitude e dos limites superior e inferior de previsão da oscilação para os respectivos períodos.

TABELA 2 – Resultados da amplitude e dos limites superior e inferior de previsão da oscilação, calculadas a partir da data de referência 16/07/2021.

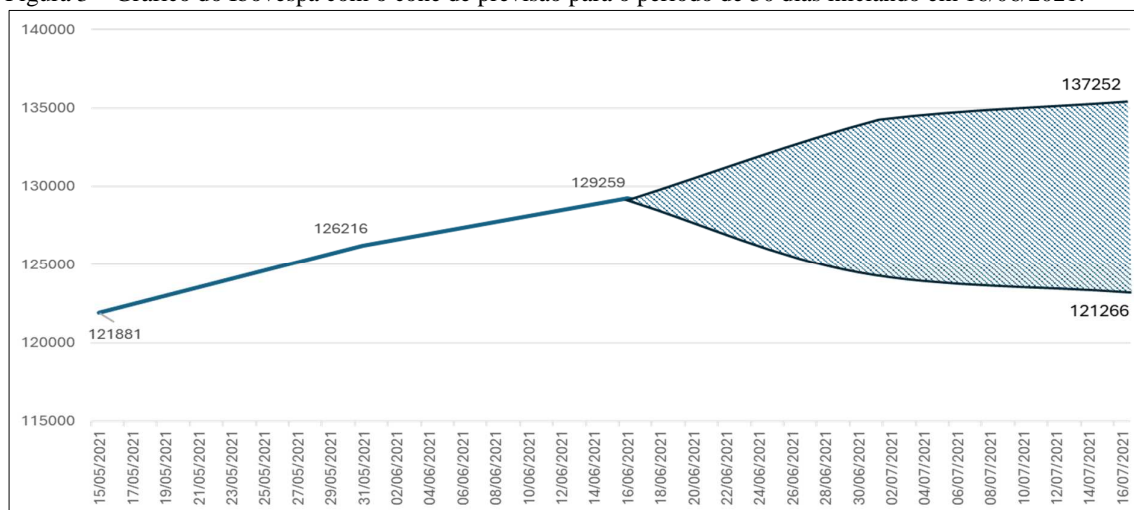
Período de previsão	Amplitude de oscilação (pontos)	Limite (pontos)	
		Superior	Inferior
P _{D+45}	±9311 (±7,4%)	135527	116905
P _{D+30}	±7993 (±6,2%)	137252	121266
P _{D+15}	±5938 (±4,7%)	131604	119728

Fonte: O autor (2024)

Nota: Amplitude de oscilação é obtida multiplicando-se o valor do índice Ibovespa pelo valor do VXBR e pela raiz quadrada da razão entre o número de dias corridos do período analisado e 365, conforme fórmula (4). O limite inferior e superior da previsão de oscilação é calculado a partir do valor obtido da amplitude, conforme fórmulas (8) e (9). P_{D+15} = Período de 15 dias; P_{D+30} = Período de 30 dias; P_{D+45} = Período de 45 dias.

Para facilitar a compreensão dos resultados, o intervalo de oscilação previsto para cada período analisado pode ser representado graficamente. Devido ao formato que essa representação assume — com os limites de variação que se expandem ao longo do tempo —, essa visualização é denominada cone de previsão do intervalo de oscilação do Ibovespa. Na Figura 3 apresenta o cone correspondente para o período de previsão de 30 dias.

Figura 3 – Gráfico do Ibovespa com o cone de previsão para o período de 30 dias iniciando em 16/06/2021.



Fonte: O autor (2024)

Nota: No dia 16/06/2021, o índice Ibovespa fechou em 129.259 pontos, enquanto o VXBR registrou 21,57%. Com base nesses valores, foi calculada a amplitude de oscilação (4) e os limites superior e inferior de previsão de oscilação (fórmulas (8) e (9)) para o período de previsão de 30 dias. O resultado foi um intervalo estimado, com

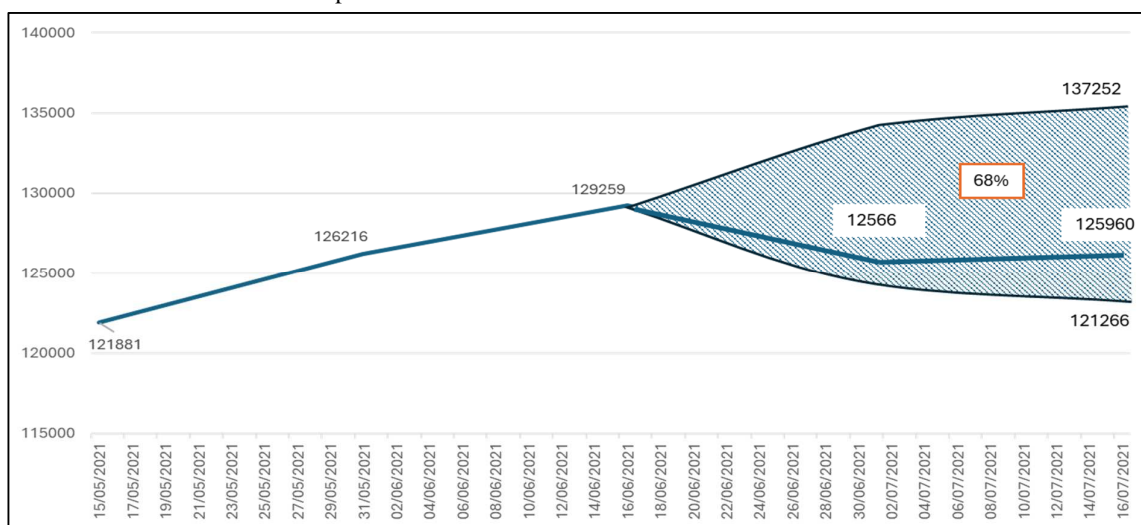
um desvio padrão, entre 121.266 e 137.252 pontos na data de 16/07/2021. Esse intervalo é representado graficamente como o cone de previsão, destacado com hachuras na figura.

3.1.4 Critérios de avaliação

Após a definição dos períodos de previsão e o cálculo dos intervalos de oscilação esperados com base na volatilidade implícita do VXBR, o próximo passo consiste em avaliar a assertividade dessas projeções. Para isso, foi verificado se o valor de fechamento do índice Ibovespa, na data de referência (terceira sexta-feira de cada mês), permaneceu dentro dos limites superior e inferior estimados para cada um dos períodos analisados: 15, 30 e 45 dias.

Essa verificação permite quantificar a frequência com que o comportamento real do mercado esteve alinhado com as expectativas derivadas da volatilidade implícita, além de comparar essa frequência com a probabilidade teórica de 68,2% associada a um desvio padrão em uma distribuição normal. A análise foi conduzida de forma independente para cada horizonte temporal, possibilitando a comparação entre os períodos e a identificação daquele que apresenta maior precisão preditiva.

Figura 4 – Gráfico do Ibovespa com o cone de previsão para o período de 30 dias iniciando em 16/06/2021 e os valores de fechamento do Ibovespa



Fonte: O autor (2024)

Nota: No dia 16/06/2021, o índice Ibovespa fechou em 129.259 pontos, enquanto o VXBR registrou 21,57%. Com base nesses valores, foi calculada a amplitude de oscilação (4) e os limites superior e inferior de previsão de oscilação (fórmulas(8 e(9) para o período de previsão de 30 dias. O resultado foi um intervalo estimado, com um desvio padrão, entre 121.266 e 137.252 pontos na data de 16/07/2021. Esse intervalo é representado graficamente como o cone de previsão, destacado com hachuras na figura. Os valores de fechamento após a data do dia 16/06/2021 também foram plotados, e observa-se que permanecem dentro dos limites do cone de previsão.

Na Figura 4, observa-se que o valor de fechamento do índice Ibovespa, na data de referência (16/07/2021), permaneceu dentro dos limites superior e inferior estimados, indicando que o comportamento real do mercado esteve alinhado com as expectativas derivadas do VXBR. Além disso, conforme apresentado na tabela a seguir, os valores de fechamento para os períodos de 15 e 45 dias também se mantiveram dentro dos respectivos intervalos projetados.

TABELA 3 – Resultado da análise para os períodos de previsão de 15, 30 e 45 dias na data 16/07/2021.

Período de previsão	Limites (pontos)		Valor de fechamento do Ibovespa em 16/07/2021 (pontos)	Resultado da análise (dentro ou fora do cone de previsão)
	Superior	Inferior		
P _{D+45}	135527	116905	125960	<i>Dentro</i>
P _{D+30}	137252	121266		<i>Dentro</i>
P _{D+15}	131604	119728		<i>Dentro</i>

Fonte: O autor (2024)

Nota: No dia 16/07/2021, o índice Ibovespa fechou em 125960 pontos ficando dentro do cone de previsão para os três períodos analisados (15,30 e 45 dias). P_{D+15} = Período de 15 dias; P_{D+30} = Período de 30 dias; P_{D+45} = Período de 45 dias.

Dando continuidade à análise, os resultados também foram segmentados de acordo com diferentes faixas de valores do VXBR. Foram consideradas três categorias, classificando os mercados como: calmos ($VXBR < 20$), com estresse moderado ($20 \leq VXBR < 25$) e com alto estresse ($VXBR \geq 25$). Essa segmentação foi definida com base na média do VXBR observada nos dados analisados, que foi de 22,24%, adotando-se uma variação aproximada de $\pm 10\%$ em torno desse valor. No exemplo apresentado, os três períodos de previsão se enquadram na faixa de estresse moderado, uma vez que os valores de VXBR registrados foram 21,01%, 21,57% e 23,31%, respectivamente.

Nos casos em que o valor de fechamento do Ibovespa ultrapassou os limites do cone de previsão, foram avaliados tanto o número de ocorrências quanto a magnitude desses desvios. Essa abordagem permitiu mensurar o chamado risco de cauda — a probabilidade de ocorrência de eventos extremos que não são capturados pela variação esperada teórica, assumida com base em uma distribuição normal. Ao quantificar esses desvios, é possível compreender melhor a intensidade do risco associado a movimentos inesperados do mercado.

Para realizar a análise, foi calculada a diferença, em pontos, entre o valor de fechamento do Ibovespa e o limite mais próximo do intervalo de previsão (superior ou inferior). Essas diferenças foram então agrupadas em faixas de 1.000 pontos, variando de 0 a 10.000, com o objetivo de identificar a frequência de ocorrência de diferentes magnitudes de desvios. Os dados foram organizados em um gráfico de barras, permitindo visualizar a distribuição dos desvios e, conseqüentemente, a intensidade do risco de cauda para cada período de previsão (45, 30 e 15 dias).

3.2 Dados utilizados

Para esse estudo, foi utilizado os dados diários do índice S&P/B3 Ibovespa VIX e índice Ibovespa do período de maio 2021 a setembro de 2024. A escolha desse intervalo se deve à disponibilidade de dados históricos do VXBR, que, embora tenha sido oficialmente lançado em 18 de março de 2024, possui uma série histórica retroativa disponibilizada pela S&P Dow Jones Índices em parceria com a B3.

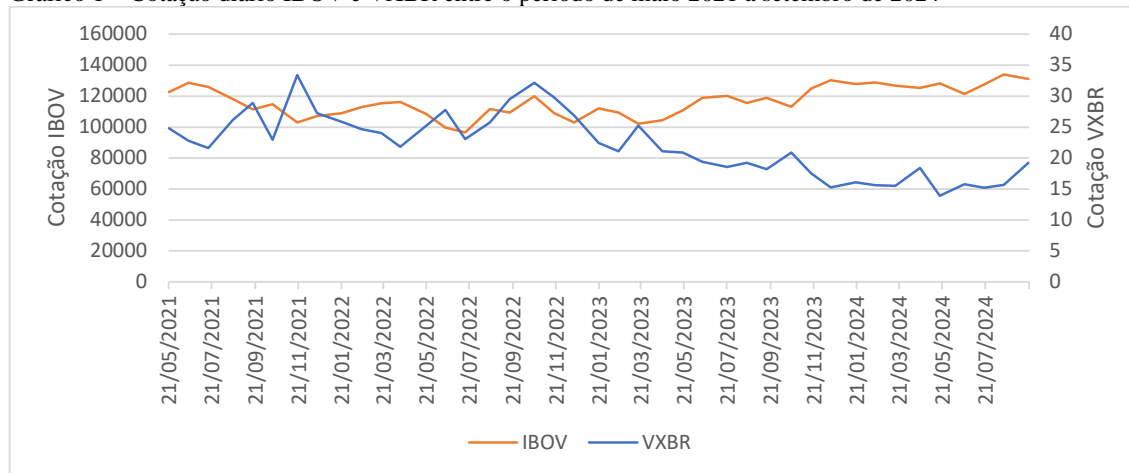
É importante destacar que o S&P Dow Jones Índices LLC informa que os valores antes da data de lançamento são submetidos a um *back-test* de desempenho hipotético, e não de desempenho real, e são baseadas na metodologia do índice em vigor na data de lançamento aplicada retroativamente.

Os dados foram obtidos por meio de fontes oficiais e confiáveis, garantindo a integridade e a consistência das informações utilizadas. A base de dados contempla as cotações diárias de fechamento do índice Ibovespa, em pontos. E os valores diários do VXBR, expressos em percentual anualizado.

A análise descritiva revela que o VXBR apresentou uma média de 22,24% no período analisado, com desvio padrão de 4,70%, indicando variações moderadas na percepção de risco do mercado. Já o Ibovespa apresentou média de 116.632 pontos, com uma dispersão significativa, refletindo os diferentes ciclos econômicos e eventos que impactaram o mercado brasileiro entre 2021 e 2024.

Gráfico 1 – Cotação diária IBOV e VXBR entre o período de maio 2021 a setembro de 2024, a seguir, apresenta a cotação do IBOV e do VXBR entre os períodos analisados, permitindo observar a relação entre seus movimentos.

Gráfico 1 – Cotação diária IBOV e VXBR entre o período de maio 2021 a setembro de 2024



Fonte: O autor (2024)

Nota-se no gráfico que, à medida que o VXBR aumenta — refletindo maior percepção de risco e incerteza no mercado — o Ibovespa tende a apresentar queda. Essa relação inversa é coerente com a literatura financeira, que associa aumentos na volatilidade implícita a movimentos de aversão ao risco por parte dos investidores.

4 RESULTADOS

4.1 Desempenho geral das previsões

Com os dados coletados, foram realizadas 39 análises para cada um dos três períodos de previsão, totalizando 117 observações. Inicialmente, analisou-se a amplitude dos valores projetados, que pode ser compreendida como a abertura do cone de previsão — ou seja, a distância entre os limites superior e inferior estimados para o índice Ibovespa. A TABELA 4 apresenta os valores máximos, médios e mínimos dessa amplitude para cada período analisado.

TABELA 4 – Amplitude do valor projetado dos dados encontrados

	Pd+15	Pd+30	Pd+45
Máximo	±6771 (±6,3%)	±10001 (±8,7%)	±13268 (±12,1%)
Média	±5184 (±4,5%)	±7282 (±6,4%)	±9041 (±7,9%)
Mínimo	±3563 (±2,8%)	±5335 (±4,2%)	±6513 (±5,2%)

Fonte: O autor (2024)

Nota: A amplitude dos valores projetados pode ser compreendida como a abertura do cone de previsão — ou seja, a distância entre os limites superior e inferior estimados para o índice Ibovespa. A tabela apresenta os valores máximo, médio e mínimo dessa abertura para cada período de previsão analisado.

Observa-se na TABELA 4 que, à medida que o período de previsão aumenta, a amplitude projetada — tanto máxima quanto média e mínima — também se eleva. Esse comportamento indica uma maior variação esperada do Ibovespa em horizontes temporais mais longos.

4.2 Comparação entre os períodos de previsão

Dando continuidade à análise, verificou-se a quantidade de ocorrências em que o valor do Ibovespa permaneceu dentro ou fora dos limites de previsão. Os casos fora da faixa foram classificados em dois grupos: acima do limite superior e abaixo do limite inferior. A TABELA 5 – Resultado da quantidade de ocorrências que ficaram dentro e fora dos limites de previsão apresenta os resultados obtidos.

TABELA 5 – Resultado da quantidade de ocorrências que ficaram dentro e fora dos limites de previsão

	P_{D+15}	P_{D+30}	P_{D+45}
Quantidade dentro do limite de previsão	30	33	26
Quantidade fora e acima do limite superior	6	5	7
Quantidade fora e abaixo do limite inferior	3	1	6
Frequência da assertividade da previsão	77%	85%	67%

Fonte: O autor (2024)

Nota: P_{D+15} = Período de 15 dias; P_{D+30} = Período de 30 dias; P_{D+45} = Período de 45 dias.

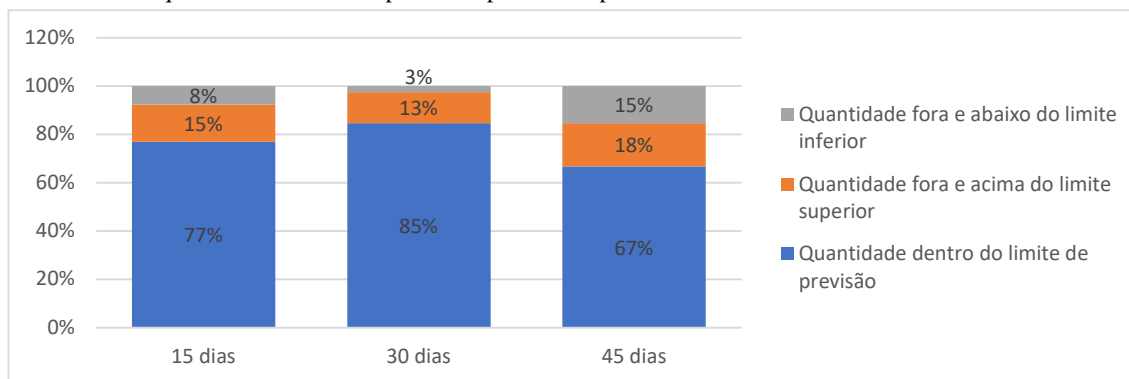
Os resultados da TABELA 5 indicam que a precisão das previsões varia conforme o período analisado. No entanto, para todos os períodos analisados, a frequência de assertividade ficou superior ou bem próximos de 68,2%, conforme a teoria da distribuição normal. Com isso, pode-se dizer que o VXBR é um bom preditor para o índice Ibovespa, pois, para os dados utilizados, a frequência de assertividade ficou superior da frequência teórica esperada.

Para o período de 15 dias, a previsão foi precisa em 77% dos casos, com 30 valores dentro dos limites de previsão. Houve 6 casos em que os valores ficaram acima do limite superior e 3 casos em que ficaram abaixo do limite inferior. Isso sugere que, para previsões de curto prazo, o mercado tende a prever variações maiores do que as que realmente ocorrem.

Para o período de 30 dias, a previsão foi ainda mais precisa, com uma taxa de 85% de valores dentro dos limites de previsão. Apenas 5 valores ficaram acima do limite superior e 1 valor ficou abaixo do limite inferior. Este período apresentou a maior precisão entre os três analisados, tendo uma precisão 17% maior do que a teoria nos sugere.

Para o período de 45 dias, a precisão diminuiu para 67%, com 26 valores dentro dos limites de previsão. Mesmo tendo para este período uma amplitude maior dos limites projetados, houve 7 casos de valores acima do limite superior e 6 casos de valores abaixo do limite inferior. Isso mostra que, para previsões de longo prazo, a incerteza aumenta, resultando em uma maior quantidade de desvios.

Gráfico 2 – Frequência de ocorrência para cada período de previsão



Fonte: O autor (2024)

Nota: O período de 30 dias foi o período que apresentou a maior precisão entre os três analisados. A frequência de assertividade ficou em 85%.

4.3 Análise por nível de estresse do mercado

Foi separado os períodos quanto ao nível de estresse do mercado de acordo com seu valor de VXBR. Classificando os mercados como calmos ($VXBR < 20$), médios de estresse ($20 \leq VXBR < 25$) e como alto de estresse ($VXBR \geq 25$). As TABELAS 6, 7 e 8 apresentam os resultados encontrados.

TABELA 6 – Resultado da quantidade de ocorrências que ficaram dentro e fora dos limites de previsão para mercados calmos

VIX < 20	P_{D+15}	P_{D+30}	P_{D+45}
Quantidade dentro do limite de previsão	12	11	9
Quantidade fora e acima do limite superior	2	3	2
Quantidade fora e abaixo do limite inferior	0	0	1
Frequência da assertividade da previsão	86%	79%	75%

Fonte: O autor (2024)

Nota: P_{D+15} = Período de 15 dias; P_{D+30} = Período de 30 dias; P_{D+45} = Período de 45 dias.

TABELA 7 – Resultado da quantidade de ocorrências que ficaram dentro e fora dos limites de previsão para mercados de médios de estresse

20 ≤ VIX < 25	P_{D+15}	P_{D+30}	P_{D+45}
Quantidade dentro do limite de previsão	9	10	8
Quantidade fora e acima do limite superior	4	2	3
Quantidade fora e abaixo do limite inferior	1	1	4
Frequência da assertividade da previsão	64%	77%	53%

Fonte: O autor (2024)

Nota: P_{D+15} = Período de 15 dias; P_{D+30} = Período de 30 dias; P_{D+45} = Período de 45 dias.

TABELA 8 – Resultado da quantidade de ocorrências que ficaram dentro e fora dos limites de previsão mercados de alto de estresse

VIX \geq 25	P_{D+15}	P_{D+30}	P_{D+45}
Quantidade dentro do limite de previsão	9	12	9
Quantidade fora e acima do limite superior	0	0	2
Quantidade fora e abaixo do limite inferior	2	0	1
Frequência da assertividade da previsão	82%	100%	75%

Fonte: O autor (2024)

Nota: P_{D+15} = Período de 15 dias; P_{D+30} = Período de 30 dias; P_{D+45} = Período de 45 dias.

Os resultados mostram que a precisão das previsões varia conforme o nível de estresse do mercado. Para mercados calmos (TABELA 6 - VXBR < 20), observou-se uma taxa de acerto alta para todos os períodos analisados, com destaque para o período de 15 dias, que apresentou 86% de assertividade. Também se observa que, para os períodos de 15 e 30 dias, não obteve valores fora e abaixo do limite inferior de previsão, indicando que, para mercados calmos, há possivelmente uma tendência de alta no mercado.

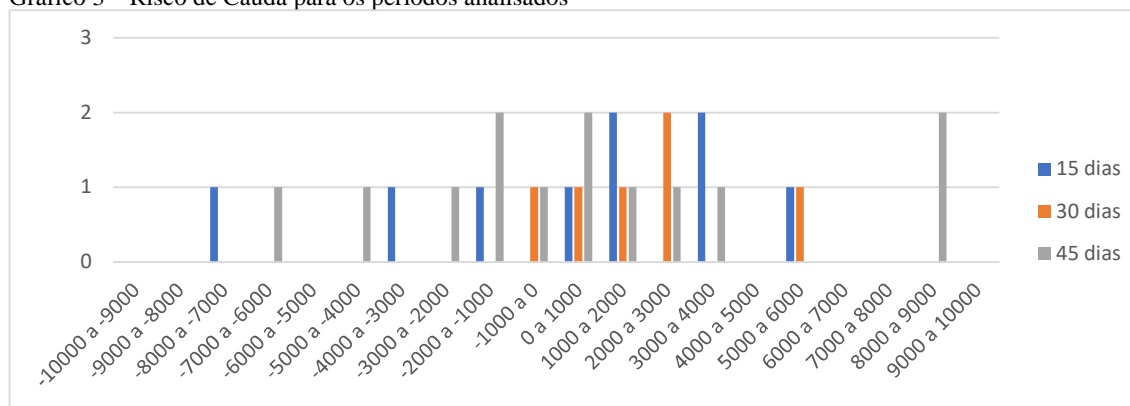
Seria razoável esperar que, à medida que o VXBR aumentasse, a frequência de acertos também se elevasse, uma vez que a ampliação da distância entre os limites superior e inferior ocorre. No entanto, se nota que, quando o VXBR está em um nível médio de estresse (TABELA 7 - $20 \leq \text{VXBR} < 25$), a taxa de acerto é baixa, ficando abaixo da expectativa teórica de 68% nos períodos de 15 e 45 dias. Esse comportamento pode refletir um momento de maior incerteza no mercado, em que as projeções se tornam menos confiáveis.

Em mercados de alto estresse (TABELA 8 - VXBR \geq 25), a precisão encontrada foi muito alta para período de 30 dias, com 100% de acerto. Para período de 15 dias, a precisão se manteve alta, embora ligeiramente inferior à observada em mercados calmos. Já para o período de 45 dias, a taxa de acerto foi equivalente para o mercado com alto estresse e calmo. Com o aumento do medo, representado por um VXBR alto, se observa que, para o período de 15 e 30 dias, não há ocorrências de valores fora e acima do limite superior, o que pode indicar uma postura mais conservadora dos investidores, com retirada de capital do mercado acionário diante de níveis elevados de volatilidade.

4.4 Risco de Cauda

O risco de cauda refere-se à probabilidade de eventos extremos que não são capturados pela variação esperada teórica. Esses eventos podem resultar em desvios significativos dos preços em relação à previsão, indicando um risco maior do que o previsto pela distribuição normal. A seguir, apresenta-se a quantidade de ocorrências que ficaram fora dos limites de previsão, classificadas de acordo com a magnitude da diferença entre o valor de fechamento do Ibovespa e os limites estimados.

Gráfico 3 – Risco de Cauda para os períodos analisados



Fonte: O autor (2024)

Verifica-se que aproximadamente 80% das variações observadas situam-se na faixa entre -5.000 e +5.000 pontos, totalizando 22 ocorrências. Os 20% restantes correspondem a variações mais acentuadas, com 6 registros. No período de 45 dias, três dessas ocorrências concentraram-se nas faixas mais extremas: duas entre 8.000 e 9.000 pontos e uma entre -7.000 e -6.000 pontos. No período de 15 dias, houve uma ocorrência entre 5.000 e 6.000 pontos e outra entre -8.000 e -7.000 pontos. Já no período de 30 dias, foi registrada apenas uma ocorrência na faixa de 5.000 a 6.000 pontos.

A maioria dos eventos extremos se apresentou no período de 45 dias, sugerindo que quanto maior o período, maior a chance de variações significativas, reforçando a importância de considerar o risco de cauda em análises de longo prazo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, analisou-se se a volatilidade implícita, medida pelo índice S&P/B3 Ibovespa VIX, constitui uma ferramenta eficaz para a previsão do intervalo de oscilação do índice Ibovespa B3. Utilizando dados diários do período de maio de 2021 a setembro de 2024, avaliou-se a precisão das previsões em diferentes horizontes temporais: 15, 30 e 45 dias.

Os dados históricos mostram que a incerteza percebida no mercado, representada pelo VXBR, tende a superestimar os movimentos realizados do Ibovespa com mais frequência do que o previsto pela teoria. De acordo com a distribuição normal, espera-se que os preços permaneçam dentro dos limites de previsão em aproximadamente 68,2% das vezes. No entanto, para o período de 30 dias, observou-se que 85% dos movimentos permaneceram dentro desses limites entre 2021 e 2024. Isso indica que o mercado superestimou a volatilidade, e o Ibovespa se manteve, com maior frequência, dentro dos limites previstos. Movimentos superiores aos limites ocorreram em apenas 15% dos casos, sugerindo que o VXBR raramente subestima o risco realizado. Para os períodos de 15 e 45 dias, as taxas de acerto foram de 77% e 67%, respectivamente — valores próximos da expectativa teórica —, o que evidencia que a precisão das previsões varia conforme o horizonte temporal analisado.

Além disso, as análises indicam que a precisão das previsões também varia conforme nível de estresse do mercado. Em cenários de mercados calmos ($VXBR < 20$), a assertividade é elevada, com destaque para o período de 15 dias, que apresentou uma taxa de acerto de 85%. Nesses casos, quando ocorrem desvios, observa-se uma tendência de os valores de fechamento do Ibovespa superarem o limite superior da faixa prevista, sugerindo uma tendência de alta em mercados calmos.

Por outro lado, em mercados de médio estresse ($20 \leq \text{VXBR} < 25$), a taxa de acerto é baixa, ficando abaixo da expectativa teórica para os períodos de previsão de 15 e 45 dias. Esse resultado pode refletir maior incerteza no mercado. Já em mercados de alto estresse ($\text{VXBR} \geq 25$), a assertividade foi muito alta para o período de 30 dias, atingindo 100% de acerto, o que reforça a robustez do modelo em cenários de maior aversão ao risco.

O estudo também destacou a importância de considerar o risco de cauda, que representa a probabilidade de eventos extremos não capturados pela variação esperada teórica. Observou-se que a maioria dos eventos extremos ocorreu no período de 45 dias, sugerindo que quanto maior o período, maior a chance de variações significativas.

Os resultados indicam que o índice VXBR é uma ferramenta valiosa para prever o intervalo de oscilação do índice Ibovespa e pode auxiliar investidores e analistas na tomada de decisões. No entanto, deve-se considerar alguns fatores que podem ter afetado os resultados.

Em 2021, a pandemia de COVID-19 continuou a impactar a economia global, e o Brasil enfrentou desafios como a crise hídrica e energética, além de incertezas políticas e econômicas. Nesse ano, o Ibovespa encerrou com uma queda de aproximadamente 12%. Em 2022, eventos como a guerra na Ucrânia e as eleições presidenciais no Brasil influenciaram o mercado, resultando em uma alta de 4,69% no Ibovespa. O ano de 2023 foi marcado pela recuperação econômica global, com o Ibovespa fechando em uma alta robusta de 22,28%. Já em 2024, a economia brasileira enfrentou inflação alta e incertezas fiscais.

Outro fator é a utilização de dados de fechamento de mercado, cujo resultado pode diferir quando se utilizam dados intradiários, por exemplo. Além disso, os valores do VXBR anteriores à data de seu lançamento foram submetidos a um *back-test* de desempenho hipotético e estão disponíveis apenas até a data de maio de 2021, limitando o tamanho de nossa amostra.

Portanto, sugerimos que futuros estudos considerem o contexto macroeconômico e geopolítico, utilizem uma amostra maior e apenas dados do VXBR com desempenho real. Também recomendamos a utilização de dados de mercado intradiários como opção.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Sandro C.; TABAK, Benjamin M. Is it Worth Tracking Dollar/Real Implied Volatility? Banco Central do Brasil, Working Papers Series, n. 15, p. 1-25, mar. 2001.

B3. Perfil pessoa física. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/consultas/mercado-a-vista/perfil-pessoas-fisicas/perfil-pessoa-fisica/. Acesso em: 5 nov. 2024.

BANDI, Federico; PERRON, Benoit. Long memory and the relation between implied and realized volatility. *Journal of Financial Economics*, 4(4), 636–670, 2006.

BARUNÍK, J.; HLÍNKOVÁ, M. Revisiting the long memory dynamics of the implied–realized volatility relation: New evidence from wavelet band spectrum regression. *Economic Modelling*, 52, 636-651, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.10.024>

BECKER, R.; CLEMENTS, A.; WHITE, S. On the informational efficiency of S&P 500 implied volatility. *North American Journal of Economics and Finance*, 17, 139–153, 2006.

BECKER, R.; CLEMENTS, A.; WHITE, S. Does implied volatility provide any information beyond that captured in model-based volatility forecasts? *Journal of Banking and Finance*, 31, 2535–2549, 2007.

BECKER, R.; CLEMENTS, A. E.; McCLELLAND, A. The jump component of S&P 500 volatility and the VIX index. *Journal of Banking and Finance*, 33(6), 1033-1038, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2008.10.015>

CANINA, L.; FIGLEWSKI, S. The informational content of implied volatility. *Review of Financial Studies*, 6, 659–681, 1993.

CHRISTENSEN, B.J.; HANSEN, C.H.S. New evidence on the implied-realized volatility relation. *European Journal of Finance*, 8(2), 187–205, 2002.

CHRISTENSEN, B.J.; PRABHALA, N.R. The relation between implied and realized volatility. *Journal of Financial Economics*, 50(2), 125–150, 1998.

COCENTINO, J. F. Volatilidade implícita e histórica: Um estudo acerca do conteúdo informacional em opções de ações. Monografia de Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2021.

DAY, T.; LEWIS, C. Stock market volatility and the information content of stock index options. *Journal of Economics*, 52, 267–287, 1992.

FERRIS, S. P.; KIM, W.; PARK, K. The informational quality of implied volatility and the volatility risk premium. *Applied Economics Letters*, 1-6, 2008. <https://doi.org/10.1080/13504850801935356>

FLEMING, J. The quality of market volatility forecasts implied by S&P 100 index option prices. *Journal of Empirical Finance*, 5, 317–345, 1998.

GABE, J. Volatilidade implícita versus volatilidade estatística: uma avaliação para o mercado brasileiro a partir dos dados de opções e ações da Telemar S.A. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2003.

GOMES, F. P. Volatilidade Implícita e Antecipação de Eventos de Stress: Um Teste para o Mercado Brasileiro. Working Paper Series do Banco Central, n. 38, p. 1–36, 2002.

HULL, John C. Opções, futuros e outros derivativos. 9th ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. E-book. p.366. ISBN 9788582603932.

JORION, P. Predicting volatility in the foreign exchange market. *Journal of Finance*, 50, 507–528, 1995.

MELLO, A. R. de A. F. Volatilidade implícita das opções de ações: Uma análise sobre a capacidade de previsão do mercado sobre a volatilidade futura (Dissertação de Mestrado). Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 2009.

NAVIDI, William. Probabilidade e Estatística para Ciências Exatas. Porto Alegre: AMGH, 2012. E-book. p.148. ISBN 9788580550740.

POON, S.-H.; GRANGER, C. W. J. Forecasting volatility in financial markets: A review. *Journal of Economic Literature*, 41(2), 478-539, 2003. <https://doi.org/10.1257/002205103765762743>

S&P Dow Jones Indices; B3. Metodologia do índice S&P/B3 Ibovespa VIX. Julho 2024. Disponível em: <https://www.spglobal.com/spdji/pt/documents/methodologies/methodology-sp-b3-ibovespa-vix-portuguese.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2024.

S&P Dow Jones Indices; B3. S&P Dow Jones Índices e B3 lançam o primeiro índice de volatilidade implícita para o mercado doméstico brasileiro com base na metodologia do índice VIX da Cboe. Nova York, 19 mar. 2024. Disponível em: <https://www.spglobal.com/spdji/pt/documents/index-news-and-announcements/20240319-spdji-b3-bovespa-vix-pr-pt.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2024.

SEO, Sung.Won; KIM, Jun.Sik. The information content of option-implied information for volatility forecasting with investor sentiment. *Journal of Banking and Finance*, 50, 106–120, 2015.

SIMLAI, P. What drives the implied volatility of index options? *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 16, 85-99, 2010. <https://doi.org/10.1057/jdhf.2009.20>

SPINA, Julia. O guia do investidor azarado para o trade de opções: um guia acessível para investimentos sustentáveis com uma necessidade mínima de sorte! Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2024. E-book. p.38. ISBN 9788550820231.

VICENTE, M. et al. A Volatilidade implícita contém informações sobre a volatilidade futura? Evidências do mercado de opções de ações da Petrobras. *BBR - Brazilian Business Review*, 28v. 7, n. 1, p. 48–65, 2010.