

Análise de correlação cruzada das séries temporais de casos e mortes de COVID-19 e as variações de preço do IFIX

Palabras clave: FII - IFIX - COVID19

Abstract:

The Brazilian real estate funds market has been a popular choice among individual investors, but the COVID-19 crisis has significantly affected it, raising questions about the connection between the pandemic and the performance of these funds. This study aimed to investigate the correlation between the performance of Brazilian real estate funds, as measured by the IFIX index, and COVID-19 cases, deaths, and vaccination in the country, using the RhoDCCA coefficient. The results indicated a positive correlation between IFIX prices and COVID-19 cases and deaths during the pandemic and highlighted the vaccination factor for market recovery. This work contributes to the diffusion of the concepts related to RhoDCCA as a research methodology applied in the case of a class of financial assets and other variables such as pandemic numbers.

Resumen:

El mercado de fondos inmobiliarios en Brasil ha sido una opción popular entre los inversores individuales, pero la crisis de COVID-19 ha afectado significativamente, planteando preguntas sobre la conexión entre la pandemia y el desempeño de estos fondos. Este estudio tuvo como objetivo investigar la correlación entre el desempeño de los fondos inmobiliarios brasileños, medido por el índice IFIX, y los casos, muertes y vacunación de COVID-19 en el país, utilizando el coeficiente RhoDCCA. Los resultados indicaron una correlación positiva entre los precios del IFIX y los casos y muertes de COVID-19 durante la pandemia, y resaltaron el factor de la vacunación para la recuperación del mercado. Este trabajo contribuye a la difusión de los conceptos relacionados con RhoDCCA como una metodología de investigación aplicada en el caso de una clase de activos financieros y otras variables como los números de la pandemia.

1 - Introdução

O mercado de Fundos de Investimento Imobiliários (FIIs) se tornou uma opção interessante aos investidores devido aos benefícios associados à democratização e acesso ao investimento em imóveis, além da liquidez e da valorização das cotas pré-fixadas, bem como a distribuição de rendimentos isentos de impostos.

Existe uma ampla variedade de FIIs, que permitem uma diversificação do mercado imobiliário com o mercado de capitais, uma vez que são negociados na bolsa de valores (Yokoyama 2014). Essa variedade inclui fundos de tijolos, fundos de papéis, fundos de desenvolvimento e fundos híbridos. Portanto, é evidente que os FIIs são uma opção de investimento altamente relevante, especialmente diante do crescente número de pequenos investidores (Ivantes Dias and Carlos Magalhães Da Silva 2021). Contudo, diante do panorama mundial pós-pandemia, é difícil prever o impacto da crise da COVID-19 no desempenho dos investimentos em FIIs.

Em 2019, ocorreu um incremento significativo de investidores nesse mercado devido à redução experimentada da taxa SELIC, de acordo com o Banco Central do Brasil, oscilou entre 6,40% a 4,15% no período de 2019 a 2020, antes da pandemia. A redução na taxa SELIC durante esse período foi uma estratégia do Banco Central do Brasil para estimular a economia e tentar conter os impactos da desaceleração econômica global tendo um efeito positivo no âmbito comercial, visto que existe uma correlação entre uma baixa taxa de juros e o valor negociado as cotas imobiliárias (Netto 2019). Isso impulsionou empresas a expandirem seus negócios por meio da construção e locação de mais imóveis, o que, por sua vez, agregou ao mercado de FIIs. No entanto, ainda é incerto como a crise da COVID-19 afetou essa dinâmica e quais serão os efeitos a longo prazo.

O IFIX (Índice de Fundos Imobiliários) é um índice que acompanha o desempenho de uma carteira teórica composta por fundos imobiliários negociados na B3 (Bolsa de Valores do Brasil) (Oliveira and Milani 2020). Durante a pandemia da COVID-19, o IFIX foi impactado, assim como a maioria dos índices de bolsas de valores. Houve uma queda significativa nos preços dos fundos imobiliários, causada pela incerteza econômica e pelo fechamento de muitas atividades comerciais e empresariais em função das medidas de distanciamento social, o que ocasionou uma baixa na demanda de bens e serviços e, conseqüentemente, nas receitas das empresas (Costa, Silva, and Matos 2022).

A partir do exposto, a pergunta de pesquisa que se coloca é se existe correlação de longo prazo entre o mercado de fundos de investimento imobiliário representado pelo IFIX durante a pandemia e os casos e mortes por COVID-19 considerando o contexto da crise sanitária. Para tanto, este trabalho analisou através do coeficiente de correlação cruzada, para séries não estacionárias, ρ_{DCCA} (*Detrended Cross Correlation Coefficient*) (Zebende 2011), se houve alguma conexão entre os preços do IFIX e os casos e mortes por COVID-19 durante a pandemia, visando. Tal verificação é justificada pelo fato de que durante a crise sanitária, diversos imóveis comerciais precisaram fechar as portas a medida em que o número de infecções e mortes pelo corona vírus aumentava. Com base nas análises realizadas, foi possível estabelecer a existência de uma correlação cruzada entre as séries de preços do IFIX, casos e mortes por COVID-19, e demonstrar a aplicabilidade da metodologia DCCA de Zebende (Zebende 2011) em estudos financeiros com variáveis relacionadas a saúde pública. Esses resultados contribuem para ampliar o conhecimento acerca do uso dessa metodologia em análises de séries de ativos financeiros e outras variáveis, podendo também ser utilizada em estudos de pair trading e correlação entre ativos.

2 - Referencial e Metodologia

Todos os cálculos e gráficos presentes neste trabalho foram feitos usando a linguagem de programação R ("R: The r Project for Statistical Computing" 2023) e os pacotes tidyverse (Wickham et al. 2019), htmr (Wickham, Posit, and PBC 2023), jasonlite (Ooms [aut et al. 2022]), timetk (Dancho and Vaughan 2023), PerformanceAnalytics (Peterson et al. 2020), rio (Becker et al. 2021), quantmod (Ryan et al. 2023), xts (Ryan et al. 2020) e DCCA (Prass and Pumi 2020).

Para responder a pergunta de pesquisa primeiro foram obtidas as séries temporais de interesse, a série histórica de preços do IFIX desde o início da pandemia, a série temporal de casos e mortes por corona vírus e a série de vacinas aplicadas por dia a partir do início da campanha de vacinação. Os dados do IFIX foram

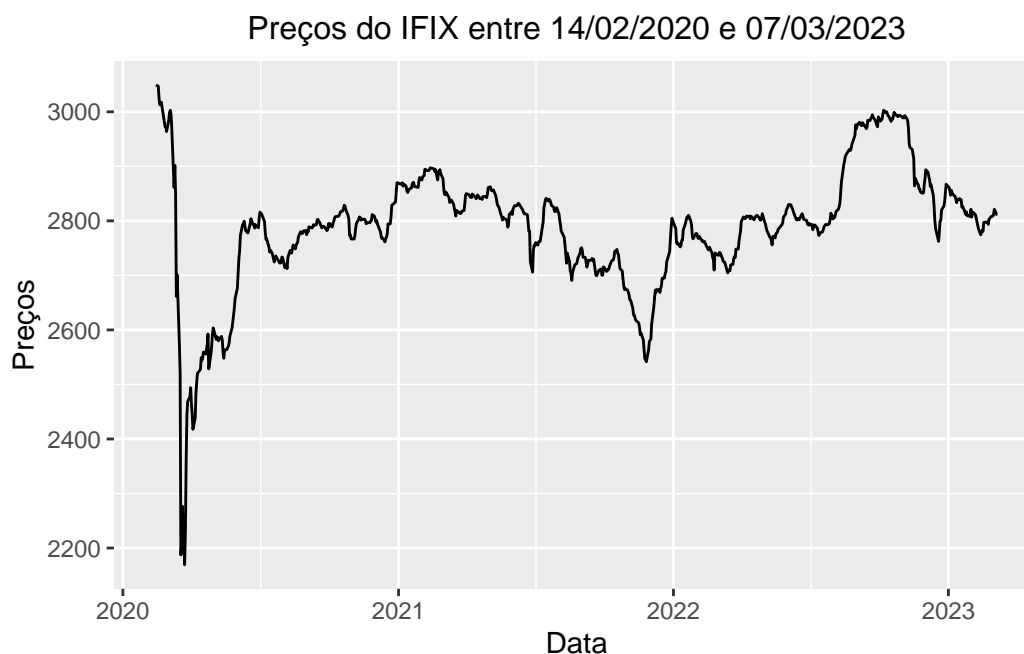


Figure 1: Elaboração própria - fonte: ProfitPro

baixados do software ProfitPro (Nelógica 2023) e compreendem os preços ajustados diários no período de fevereiro de 2020 até março de 2023. O gráfico 1 apresenta a série de preços diários.

As tabelas com os casos e mortes de corona vírus foram baixados do repositório de COVID-19 do *Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University* usando a api (Application Programming Interface) pública covid19api ("COVID19 API" 2023) em um script em R ("R: The r Project for Statistical Computing" 2023), a série obtida continha dados acumulados, para obter os dados diários foi aplicada a seguinte fórmula: $y_i = x_i - x_{i-1}$ para $i = 2, 3, \dots, n$.

No gráfico 2 são apresentadas as séries temporais obtidas de casos e mortes.

Já os dados de vacinas aplicadas por dia foram obtidos a partir de um script em R usando a API do DataSUS, disponibilizada gratuitamente, o banco de dados bruto contém informações de cada vacina aplicada, para obter o banco de dados usado nesse trabalho as observações foram agrupadas por data, assim foi possível obter o número de vacinas aplicadas por dia durante a campanha de vacinação. O gráfico 3 mostra os dados agregados a partir do início da campanha em janeiro de 2021.

A partir das séries citadas este estudo buscou analisar as correlações cruzadas entre os preços do IFIX e as series de casos e mortes por COVID-19 partir do ρ_{DCCA} (*Detrended Cross Correlation Coefficient*) (Zebende 2011), este método de análise tem sido aplicado para verificação de correlação cruzada em diversos tipos de séries temporais de processos fisiológicos, climatológicos e financeiros. Para seu cálculo é importante conhecer também os conceitos de DFA (*Detrended Fluctuation Analysis*) e DCCA (*Detrended Cross-Correlation Analysis*)

Peng(1994) apresentou uso da DFA . A técnica DFA é usada para avaliar a presença de autocorrelação de longo prazo em séries temporais não estacionárias, removendo tendências e avaliando as flutuações em diferentes escalas de tempo. O desvio padrão das flutuações é calculado em cada escala e a inclinação da reta resultante é usada como medida do expoente de flutuação. Valores próximos a 0,5 indicam aleatoriedade, enquanto valores maiores ou menores indicam autocorrelação positiva ou negativa de longo prazo, respectivamente.(Peng et al. 1994)

A partir da DFA Podobnik & Stanley (Podobnik and Stanley 2008) desenvolveram o DCCA, que permite analisar a relação de correlação cruzada entre duas séries temporais, levando em consideração as possíveis tendências em ambas as séries. O resultado é uma medida do coeficiente de correlação cruzada de longo

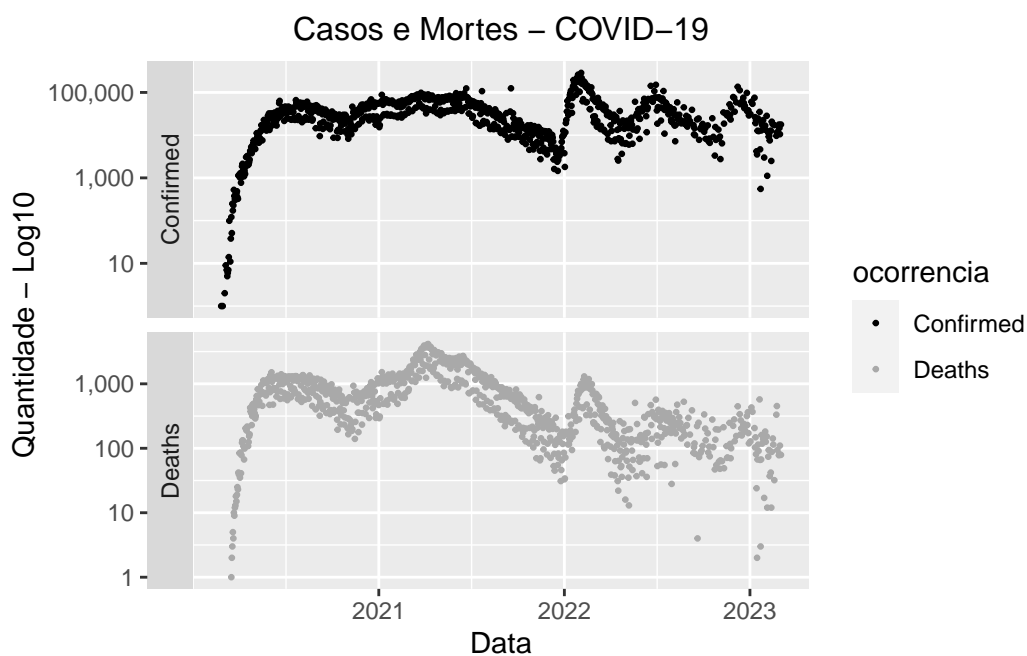


Figure 2: Elaboração própria - fonte: Johns Hopkins University

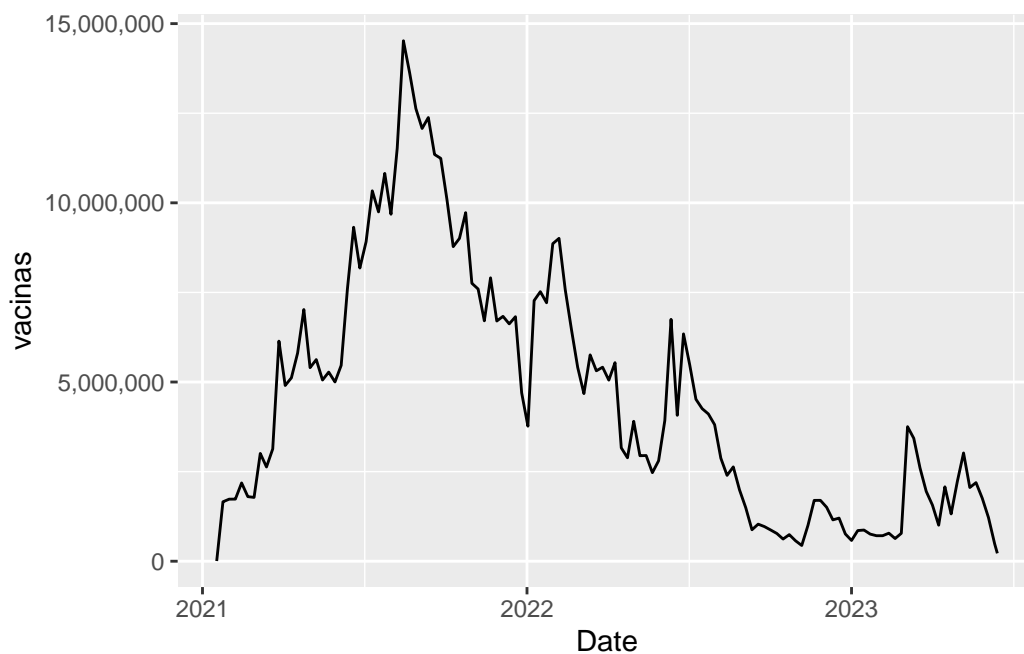


Figure 3: Elaboração própria - fonte: DataSUS

prazo entre as duas séries, que pode ser usada para identificar possíveis relações de causa e efeito entre elas.(Podobnik and Stanley 2008)

A partir dos trabalhos de C.-K. Peng e Podobnik & Stanley, G.F., Zebende criou o ρ_{DCCA} com o objetivo de quantificar o nível de correlação cruzada entre duas séries temporais não estacionárias. Este coeficiente se mostra mais robusto ao tratar series temporais não estacionárias do que outros como o índice de correlação de Pearson que pode levar a conclusões erradas na presença de outliers(Zebende 2011), por este motivo, ele se mostra um bom indicador para analisar dados em períodos de crise econômica por exemplo, onde observações fora da média podem se tornar mais comuns. De acordo com(Da Silva et al. 2015) o cálculo do coeficiente segue os seguintes passos:

Considerando 2 séries temporais, $\{x_t\}$ e $\{y_t\}$ com t variando de 1 até N, onde N é o tamanho da série, as duas séries são integradas.

$$xx_k = \sum_{t=1}^k x_t \text{ e } yy_k = \sum_{t=1}^k y_t, \text{ onde } k = 1, 2, \dots, N.$$

Em seguida as series integradas são divididas em $(N - s)$ caixas sobrepostas de comprimento s, respeitando a inequação:

$$4 \leq s \leq \frac{N}{4}$$

O próximo passo consiste no cálculo da tendência local de cada caixa através de uma regressão linear de mínimos quadrados para cada uma das séries temporais x e y. Em seguida, é calculada a covariância dos resíduos de cada caixa.

$$F_{xy}^2(s, i) = \frac{1}{s+1} \sum_{k=i}^{i+s} (xx_k - xP_i(k))(yy_k - yP_i(k))$$

Após, é calculada a media sobre todas as caixas sobrepostas para obter uma nova função de covariância e o coeficiente de correlação cruzada ρ_{DCCA} respectivamente.

$$F_{xy}^2(s) = \frac{1}{N-s} \sum_{i=1}^{N-s} F_{xy}^2(s, i)$$

$$\rho_{DCCA}(s) = \frac{F_{xy}^2(s)}{F_{xx}(s)F_{yy}(s)}$$

Seus resultados variam de 1 a -1, denotando respectivamente correlação cruzada positiva e negativa entre as séries analisadas. O valor de $\rho_{DCCA} \sim 0$ indica que não há correlação cruzada entre as séries. Assim para series correlacionadas positivamente $\rho_{DCCA} > 0$ e para séries com anticorrelação $\rho_{DCCA} < 0$ (Pessoa et al. 2021)

Neste trabalho os cálculos do coeficiente de correlação cruzada ρ_{DCCA} foram feitos usando o pacote DCCA(Prass and Pumi 2020) com a linguagem de programação R("R: The r Project for Statistical Computing" 2023). Porém, antes foi necessário fazer a manipulação das séries temporais em questão.

Os dados de casos e mortes por covid que também estavam registrados aos finais de semana ou feriados foram somados aos números do dia útil seguinte, assim foi possível ajustá-las a série de preços do IFIX cujos registros ocorrem em dias úteis obtendo 3 series temporais com 709 observações(dias), considerando o período de 26/02/2020 até 29/12/2022. Tendo as séries com mesmo comprimento, o ρ_{DCCA} foi calculado considerando m=1(grau do polinômio usado para remover a tendência local) com caixas sobrepostas.

3 - Resultados

A Tabela 1 mostra as estatísticas descritivas das 3 series estudadas, a partir dela é possível verificar que o preço do IFIX teve assimetria negativa indicando nesse caso a presença de valores extremos na série, facilmente identificáveis pela crise que se seguiu no mercado após o anúncio da crise sanitária.

Já os resultados de ρ_{DCCA} para todo o período indicam uma correlação cruzada do IFIX com casos e mortes ao redor de 0 no início da pandemia com crescimento até os primeiros 200 dias, que marcam a primeira onda de casos e mortes. Após os primeiros 200 dias acontece uma mudança na aderência da correlação cruzada, quando IFIX-mortes passa a ser mais forte que a correlação IFIX-casos, isso se intensifica até a região dos 300 dias quando começa a aplicação da primeira dose de vacinas. A partir da aplicação da segunda dose, passada a segunda onda de casos e mortes, nota-se uma mudança no sinal do coeficiente de correlação de longo prazo, porém, ela permanece positiva como pode ser visto no gráfico 4.

Também foi analisado o coeficiente correlação cruzada entre preço do IFIX e número de vacinados para o

Table 1: Elaboração própria

Estatística	Estatística descritiva - Preço IFIX, Casos e Mortes diários de COVID19		
	Preço IFIX	Casos diários de covid19	Mortes diárias por covid19
Média	2782.44	51202.28	978.47
Desvio padrão	114.68	48461.85	1068.53
Mediana	2794.18	40979.00	661.00
Média aparada	2789.46	43681.39	791.33
Desvio absoluto da mediana	72.35	35616.50	738.33
Mínimo	2169.26	-136.00	-81.00
Máximo	3002.83	412929.00	7864.00
Amplitude	833.57	413065.00	7945.00
Assimetria	-1.20	2.36	2.10
Curtose	4.28	9.55	6.20
Erro padrão	4.31	1820.02	40.13

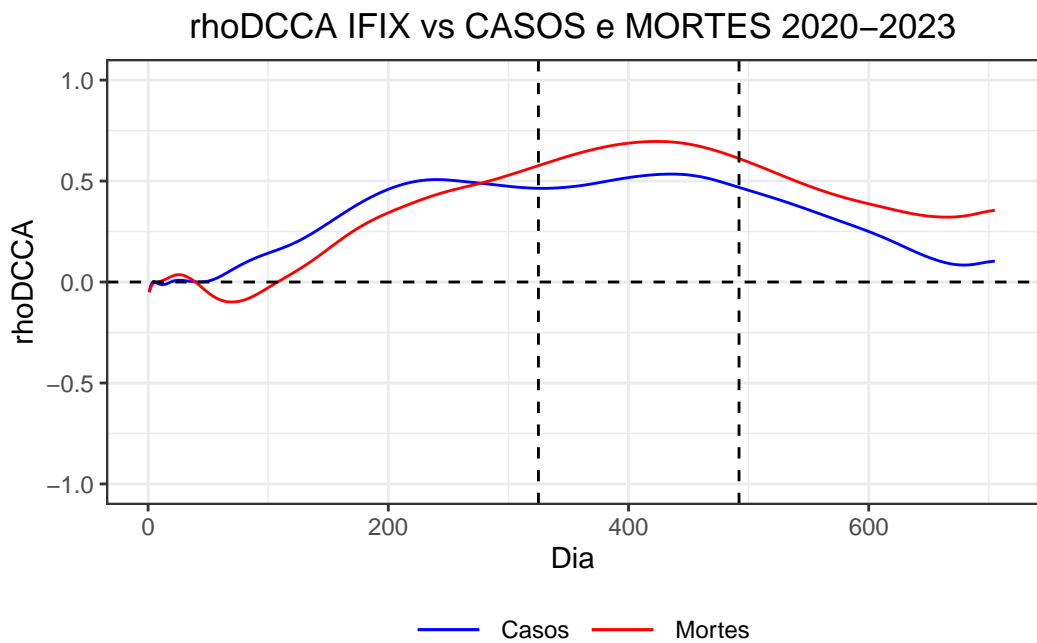


Figure 4: Elaboração própria a partir dos dados do SUS e ProfitPro

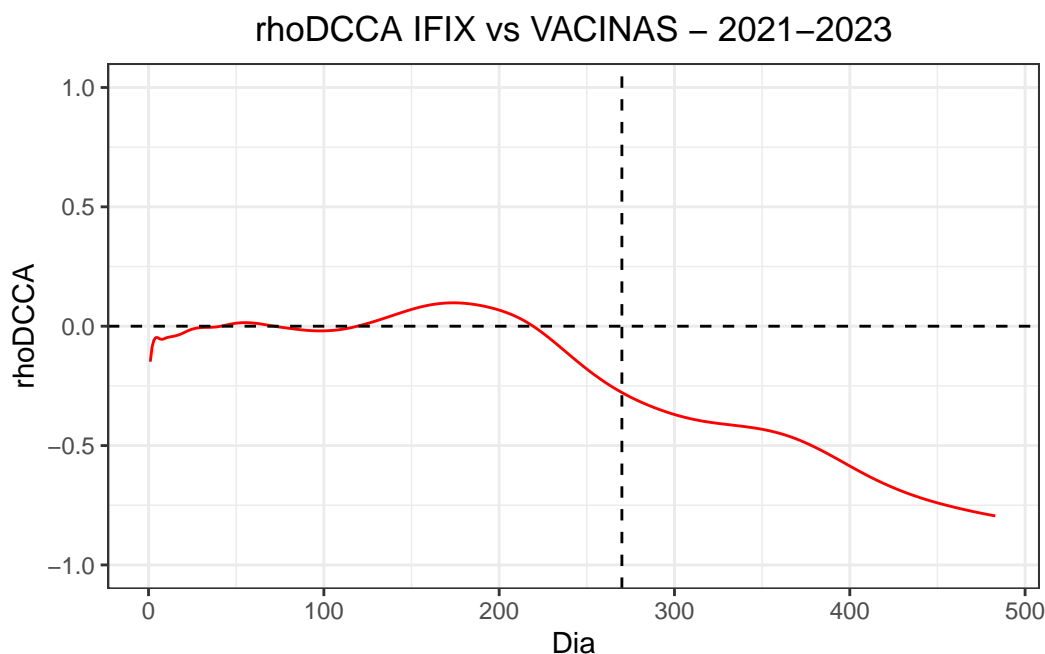


Figure 5: Elaboração própria a partir dos dados do SUS e ProfitPro

período que se seguiu após a introdução da primeira dose da vacina até o final de 2022, como pode ser visto no gráfico 5.

Durante o auge da campanha de vacinação, nos primeiros 200 dias, obteve-se um $\rho_{DCCA} \sim 0$, denotando a ausência de correlação cruzada. Após este período nota-se uma alteração no sinal do coeficiente que passa a indicar anticorrelação entre as séries. Porém, esta anticorrelação pode ser explicada pelo fato de que neste segundo momento (2022), após a aplicação da segunda dose das vacinas houve um decréscimo no número de vacinados por dia, enquanto os preços do IFIX estavam se recuperando da última queda ocorrida no final de 2021.

4 - Conclusão

Os resultados da análise ρ_{DCCA} indicaram uma correlação cruzada positiva e significativa entre o desempenho do mercado de fundos imobiliários brasileiro, medido pelo índice de mercado IFIX, e os casos e mortes por COVID-19 durante a pandemia. No entanto, após os primeiros 200 dias, essa relação mudou, com a correlação IFIX-mortes se tornando mais forte que a correlação IFIX-casos. Além disso, a partir da aplicação da segunda dose da vacina, houve uma mudança no sinal do coeficiente de correlação de longo prazo, que permaneceu positivo.

Embora seja irrefutável a existência da correlação cruzada positiva entre as séries é notória a presença de outras variáveis latentes externas ao escopo deste estudo. A recuperação dos preços do IFIX após a aplicação da segunda dose da vacina contra a COVID-19 apresenta o impacto da aplicação das vacinas como significativo nas expectativas de preços de ativos corroborando com as hipóteses de eficiência dos mercados (Fama 1970), que sugere que as informações disponíveis são rapidamente incorporadas aos preços dos ativos.

Este trabalho estabeleceu evidências de correlação cruzada entre as séries de preço do IFIX, mortes e casos de COVID-19 e contribui para a difusão dos conceitos do ρ_{DCCA} de Zebende (Zebende 2011) como metodologia de pesquisa aplicada no caso a uma classe de ativos financeiros, que poderá ser aplicada a *pair tradings* ou entre séries de ativos e outras variáveis.

Sugere-se como pesquisa futura a análise de outras variáveis que possam ter influenciado o desempenho do mercado de fundos imobiliários, como a política monetária, a situação econômica do país e a taxa de juros

SELIC. Além disso, poderia ser interessante investigar a relação entre o desempenho do mercado de fundos imobiliários e outras variáveis relacionadas à pandemia, como a adesão às medidas de distanciamento social e a disponibilidade de recursos médicos.

Bibliografia

10 Becker, Jason, Chung-hong Chan, Geoffrey CH Chan, Thomas J. Leeper, Christopher Gandrud, Andrew MacDonald, Ista Zahn, et al. 2021. *Rio: A Swiss-Army Knife for Data i/o*. <https://CRAN.R-project.org/package=rrio>.

Costa, Antonio, Cristiano da Silva, and Paulo Matos. 2022. "The Brazilian Financial Market Reaction to COVID-19: A Wavelet Analysis." *International Review of Economics & Finance* 82 (November): 13–29. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2022.05.010>.

"COVID19 API." 2023. <http://covid19api.com>.

Da Silva, Marcus Fernandes, Éder Johnson De Area Leão Pereira, Aloisio Machado Da Silva Filho, Arleys Pereira Nunes De Castro, José Garcia Vivas Miranda, and Gilney Figueira Zebende. 2015. "Quantifying Cross-Correlation Between Ibovespa and Brazilian Blue-Chips: The DCCA Approach." *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 424 (April): 124–29. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.01.002>.

Dancho, Matt, and Davis Vaughan. 2023. *Timetk: A Tool Kit for Working with Time Series*. <https://CRAN.R-project.org/package=timetk>.

Fama, Eugene F. 1970. "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work." *The Journal of Finance* 25 (2): 383. <https://doi.org/10.2307/2325486>.

Ivantes Dias, Eric, and Antonio Carlos Magalhães Da Silva. 2021. "Análise do desempenho dos Fundos Imobiliários no Brasil de 2017 a pandemia Covid-19." *Revista Vianna Sapiens* 12 (2): 22. <https://doi.org/10.31994/rvs.v12i2.813>.

Nelógica. 2023. *ProfitPro*. <https://www.nelogica.com.br/produtos/profit-pro>.

Netto, Adalmiro. 2019. "Sensibilidade dos Fundos Imobiliários à taxa de juros e à inflação." *São Paulo*.

Oliveira, Janaína Moraes De, and Bruno Milani. 2020. "VARIÁVEIS QUE EXPLICAM O RETORNO DOS FUNDOS IMOBILIÁRIOS BRASILEIROS." *Revista Visão: Gestão Organizacional* 9 (1): 17–33. <https://doi.org/10.33362/visao.v9i1.2051>.

Ooms [aut, Jeroen, cre, Duncan Temple Lang, and Lloyd Hilaiel (author of bundled libyajl). 2022. *Jsonlite: A Simple and Robust JSON Parser and Generator for r*. <https://CRAN.R-project.org/package=jsonlite>.

Peng, C.-K., S. V. Buldyrev, S. Havlin, M. Simons, H. E. Stanley, and A. L. Goldberger. 1994. "Mosaic Organization of DNA Nucleotides." *Physical Review E* 49 (2): 1685–89. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.49.1685>.

Pessoa, Ruben Vivaldi Silva, Ikaro Daniel De Carvalho Barreto, Lidiane Da Silva Araújo, Guilherme Rocha Moreira, Tatijana Stosic, and Borko Stosic. 2021. "Correlações em séries temporais de preços de frango, soja e milho." *Research, Society and Development* 10 (4): e20610414019. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14019>.

Peterson, Brian G., Peter Carl, Kris Boudt, Ross Bennett, Joshua Ulrich, Eric Zivot, Dries Cornilly, et al. 2020. *PerformanceAnalytics: Econometric Tools for Performance and Risk Analysis*. <https://CRAN.R-project.org/package=PerformanceAnalytics>.

Podobnik, Boris, and H. Eugene Stanley. 2008. "Detrended Cross-Correlation Analysis: A New Method for Analyzing Two Non-Stationary Time Series." *Physical Review Letters* 100 (8): 084102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.084102>.

Prass, Taiane Schaedler, and Guilherme Pumi. 2020. *DCCA: Detrended Fluctuation and Detrended Cross-Correlation Analysis*. <https://CRAN.R-project.org/package=DCCA>.

"R: The r Project for Statistical Computing." 2023. <https://www.r-project.org/>.

Ryan, Jeffrey A., Joshua M. Ulrich, Ross Bennett, and Corwin Joy. 2020. *Xts: eXtensible Time Series*. <https://CRAN.R-project.org/package=xts>.

Ryan, Jeffrey A., Joshua M. Ulrich, Ethan B. Smith, Wouter Thielen, Paul Teetor, and Steve Bronder. 2023. *Quantmod: Quantitative Financial Modelling Framework*. <https://cran.r-project.org/web/packages/quantmod/index.html>.

Wickham, Hadley, Mara Averick, Jennifer Bryan, Winston Chang, Lucy D'Agostino McGowan, Romain

François, Garrett Grolemond, et al. 2019. “Welcome to the Tidyverse.” *Journal of Open Source Software* 4 (43): 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.

Wickham, Hadley, Posit, and PBC. 2023. *Httr: Tools for Working with URLs and HTTP*. <https://CRAN.R-project.org/package=httr>.

Yokoyama, Karen Yukari. 2014. “Os Fundos De Investimento Imobiliário Listados Em Bolsa E As Variáveis Que Influenciam Seus Retornos.”

Zebende, G. F. 2011. “DCCA Cross-Correlation Coefficient: Quantifying Level of Cross-Correlation.” *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 390 (4): 614–18. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2010.10.022>.