



08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

Análise da eficiência dos mercados emergentes durante o conflito da Rússia-Ucrânia e da COVID-19: Um estudo multifractal

LUIZ EDUARDO GAIO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP)

TABAJARA PIMENTA JUNIOR

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

NELSON OLIVEIRA STEFANELLI

FUCAPE BUSINESS SCHOOL

Análise da eficiência dos mercados emergentes durante o conflito da Rússia-Ucrânia e da COVID-19: Um estudo multifractal

1. Introdução

Há décadas o mercado financeiro busca encontrar a fórmula mágica para “bater o mercado” e criar uma carteira perfeita que proporcione ganhos anormais. No entanto, isso implica em prever o futuro dos ativos e escolher aqueles que provavelmente se valorizarão no curto ou longo prazo. A ideia de ser prever o mercado não é nova na literatura internacional. Fama (1970) em sua pesquisa seminal levantou diversos estudos sobre essa temática e criou o que se chamou de Hipótese de Mercados Eficientes (HME). Fama (1970) classificou os mercados como eficientes se eles refletem totalmente as informações disponíveis. O preço de um ativo se move de acordo com as informações que surgem sobre esse ativo. Logo, a ideia de se prever um preço só será possível se o agente antecipar alguma informação que ainda não está disponível publicamente. O que demanda informações privilegiadas. Neste caso, o mercado não seria eficiente. A teoria da HME postula que em um mercado eficiente não é possível prever preços futuros com informações passadas.

Após o trabalho seminal de Fama (1970) os pesquisadores voltaram-se a testar a eficiência de mercado em diversas situações. O fenômeno das crises financeiras globais se tornou uma oportunidade para se avaliar essa eficiência. Geralmente esse tipo de evento causa uma distorção na tomada de decisão dos gestores de fundos e investidores de forma geral. A falta de informações claras pode gerar uma irracionalidade no comportamento dos preços dos mercados. Um exemplo recente disso foi o caso em que empresas que possuem o termo “Corona” no nome tiveram um comportamento distinto durante a crise do Coronavírus (ver Corbet et. al., 2021). Outro exemplo pode ser visto em 2020 onde os contratos futuros de petróleo foram negociados a valores negativos pela primeira vez na história (ver BBC News, 2020). Ambos no período da crise sanitária global.

2. Problema de pesquisa e objetivo

O surto da COVID-19 passou a ser amplamente testada pela literatura internacional (ver Choi, 2021, Alijani et al., 2021, Okorie & Lin, 2021, Ozkan, 2021, Mensi et al., 2020 e Frezza et al., 2021). No entanto, ainda há poucos estudos que investigam os fenômenos que se sucederam à pandemia da COVID-19. Como foi o caso da invasão na Ucrânia pelas tropas Russas em fevereiro de 2022. Fenômeno que desencadeou uma grande crise internacional (ver Barbaro et. al., 2022) e fortes choques de volatilidade no mercado financeiro, principalmente no setor de commodities e energia. A literatura passou a explorar os efeitos no conflito Rússia-Ucrânia nos mercados mundiais. Existem estudos que investigam a conectividade do mercado financeiro (Boubaker et al., 2022; Umar et al., 2022), o impacto nos retornos das ações (Boungou e Yatié, 2022), o risco sistemático (Qureshi et al., 2022) e avaliam decisões (Tosun e Eshraghi, 2022). Na literatura recente não há investigação da eficiência do mercado no durante o conflito. Principalmente nos retornos de ações dos países emergentes, incluindo a Rússia, que foi fortemente afetada pelas sanções internacionais em resposta a invasão (ver Chernova et. al. 2022). Ozkan (2021) e Choi (2021) mostraram a hipótese de Eficiência de Mercado no período da pandemia do COVID-19 pode ser rejeitada, mas no

conflito Rússia-Ucrânia esse fenômeno também pode ser percebido? Essa é uma questão a ser analisada.

O objetivo deste estudo é investigar se a eficiência do mercado mudou no período da crise da COVID-19 e do conflito Rússia-Ucrânia. Para isso, o estudo se propôs analisar essa eficiência nos mercados emergentes pertencentes aos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul). Grupo de países em que a Rússia pertence e exerce influência geopolítica. A eficiência é avaliada usando o método MF-DFA (Multifractal Detrended Fluctuation Analysis).

Este artigo contribui para a literatura empírica sobre a eficiência dos mercados de ações em tempos de crise. A principal contribuição deste estudo é a avaliação da eficiência no período do conflito Rússia-Ucrânia e a comparação com o período recente do surto da COVID-19 em mercados emergentes. Choi (2021), Alijani et al. (2021), Okorie & Lin (2021), Ozkan (2021), Mensi et al. (2020) e Frezza et al. (2021) avaliaram a eficiência no período da crise do COVID-19, mas não há estudos que analisem o aspecto do conflito Rússia-Ucrânia.

Este estudo é organizado da seguinte forma. Na seção 3 tem-se a fundamentação teórica do estudo, explorando a literatura sobre o tema. Na seção 4 a metodologia e dados da pesquisa. Seção 5 os resultados da investigação e discussão. Na seção 6 as conclusões.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Eficiência do Mercado

A literatura sobre eficiência de mercado não é recente. Os primeiros estudos, nas décadas de 50 e 60, investigaram o comportamento dos preços dos ativos (Osborne, 1959; Alexander, 1961; Cootner, 1964; Godfrey, Granger e Morgenstern, 1964). O argumento da época era que os preços seguiam um caminho aleatório e se aproximavam do movimento browniano (Osborne, 1959). Já Fama (1965) discutiu em detalhes a teoria subjacente ao modelo de passeio aleatório e testou empiricamente o mercado de ações americano buscando avaliar se as teorias passadas se aplicavam.

Em 1970 Eugene Fama (Fama, 1970) apresenta um dos estudos mais influentes de análise de eficiência de mercado. Fama (1970) revisa a literatura teórica e empírica sobre o modelo de mercado eficiente. De acordo com Fama (1970), um mercado eficiente é aquele em que os preços dos ativos fornecem sinais precisos para alocação de recursos. Os preços dos ativos refletem todas as informações disponíveis. O artigo lista estudos empíricos em três subconjuntos relevantes de informações. A primeira discute testes de “forma fraca” em que as informações são apenas preços históricos. A segunda discute os testes de “forma semi-forte”, onde os preços se ajustam a outras informações publicamente disponíveis (por exemplo, demonstrações financeiras, anúncios de lucros, desdobramentos de ações, etc.). Por fim, os testes de “forma forte” que consideram o acesso às informações privilegiadas por parte de determinados investidores. Os resultados mostraram que os mercados se comportam como eficientes. Existem apenas algumas exceções.

Fama (1991) apresentou uma nova revisão de pesquisas sobre eficiência de mercado ao longo dos 20 anos. Neste estudo Fama (1991) mostra que evidências de eficiência de mercado são facilmente observadas em estudos de eventos com dados de retornos diários. Por outro lado, o acesso à informação privada por parte dos gestores de investimento implica a obtenção de retornos anormais durante o período. A controvérsia sobre a eficiência do mercado é facilmente encontrada em estudos que buscam testar a previsibilidade dos retornos das ações, retornos passados e outras variáveis.

Após os trabalhos seminais de Eugene Fama, muitos pesquisadores se interessaram em investigar o efeito das crises financeiras na eficiência do mercado. Existem estudos que analisaram a crise asiática de 1997 (Lim, Brooks e Kim, 2008), a crise de 2008 no mercado cambial (Yamani, 2021), nos mercados cambiais europeus (Bush e Stephens, 2015) nos mercados futuros de crude palm oil (CPO) (Go e Lau, 2020) e mercado de ações (Ma, Li e Li, 2016, Sabbaghi e Sabbaghi, 2018), crise do Bitcoin (Yaha et. al, 2020).

3.2 Eficiência do mercado na crise da COVID-19

O anúncio de que havia uma pandemia global por COVID-19 resultou em incerteza para os investidores do mercado financeiro. As ações governamentais afetaram diretamente a dinâmica do mercado de ações. Os impactos dramáticos do COVID no mercado se espalharam rapidamente pelo mundo (Zhang, Hu e Ji, 2020; Akhtaruzzaman, Boubaker e Sensoy, 2021). Os mercados de países emergentes e desenvolvidos foram fortemente afetados. Mckibbin e Fernando (2021) analisaram os resultados da pandemia do coronavírus (COVID-19) na macroeconomia global.

Como resultado da COVID-19, muitos estudos foram realizados para medir os resultados dessa crise nos mercados globais. O trabalho de Zhang, Hu e Ji (2020) mapeou os padrões gerais de riscos específicos de cada país e riscos sistêmicos nos mercados financeiros globais. Aslan et ai. (2020) examinou o impacto do COVID-19 no mercado de câmbio. Mensi et al., (2020) e Sharif, Aloui e Yarovaya (2020) avaliaram os impactos da epidemia nos mercados de commodities. Mensi et ai. (2020) examinaram o mercado de ouro e petróleo enquanto Sharif, Aloui e Yarovaya (2020) fizeram um amplo estudo empírico em diferentes mercados. Eles incluíram o mercado de petróleo. Baker et ai. (2020), Machmuddah et al. (2020), Ramelli e Wagner (2020), Harjoto e Rossi (2021) e Parveen et al. (2021) investigou a reação do mercado à pandemia de COVID-19. Baker et ai. (2020), Machmuddah et al. (2020) e Ramelli e Wagner, (2020) analisaram mercados desenvolvidos e Harjoto e Rossi (2021) e Parveen et al. (2021) analisaram mercados emergentes.

Existem estudos que investigam e testam a hipótese de eficiência do mercado no período da COVID-19. Dima, Dima e Iona (2021) investigaram a eficiência da informação no período da crise da COVID-19 no Chicago Board Option Exchange Volatility Index ('VIX'). Os resultados não mostraram mudanças significativas na eficiência durante o ano de 2020. Choi (2021) e Ozkan (2021) analisaram mudanças na eficiência do mercado em países desenvolvidos. Os resultados de Ozkan (2021) indicaram uma chance crescente de previsões e retornos anormais de preços de ações durante a pandemia de COVID-19. Os mercados desenvolvidos não foram eficientes no período analisado. Choi (2021) mostrou que os setores de consumo discricionário e utilidades apresentaram os maiores e menores níveis de eficiência, respectivamente.

Os estudos de Alijani et al. (2021) e Frezza, Bianchi e Pianese, (2021) analisaram a eficiência durante o COVID nos mercados do Irã e do mundo, respectivamente. Alijani et ai. (2021) examinou os efeitos fatoriais do COVID-19 nos mercados de capitais iranianos. O trabalho utilizou o expoente de Hurst para identificar as dimensões fractais dos dados da série temporal. Os resultados indicaram ineficiência durante o período de crise. Frezza, Bianchi e Pianese, (2021) analisaram o impacto da pandemia na eficiência de quinze mercados na Europa, Estados Unidos e Ásia. A análise foi feita utilizando o movimento browniano multifractal como modelo dinâmico de preços. Os resultados mostraram que os mercados asiáticos recuperaram totalmente a eficiência, enquanto os mercados europeu e americano não recuperaram ao nível pré-crise.

Apesar da literatura sobre eficiência de mercado no período da COVID-19 ainda existir, mesmo que com poucos estudos, no período do conflito entre a Rússia e Ucrânia ainda não foi possível identificar nenhum estudo sobre eficiência dos mercados. Talvez por ser recente os acontecimentos.

De forma geral, os estudos apontam para a rejeição da hipótese de eficiência de mercado em períodos de alta volatilidade. As informações em períodos de crise tendem a ser assimétricas e não atingem com regularidade todos os investidores de mercado. O que gera distorções nas alocações dos ativos. O nível de incerteza, frente aos acontecimentos futuros atrapalham na precificação dos ativos.

4. Metodologia

4.1 Dados

Para análise da eficiência foi considerado os retornos diários dos principais índices do mercado acionário dos países emergentes pertencentes ao grupo dos BRICS. Foram considerados os índices Ibovespa (Brasil), MOEX (Rússia). BSE Sensex (Índia), SSE (China), JSE FTSE (África do Sul) e o índice de Mercado Emergente da MSCI. Os dados foram adquiridos pela base de dados da Refinitiv Eikon e os retornos diários foram calculados conforme expressão 01.

$$R_t = \ln(P_t - P_{t-1}) \quad (01)$$

onde R_t é o retorno diário, P_t é o preço (valor do índice) no dia t .

4.2 Análise dos dados

A eficiência de mercado é analisada por meio do método MF-DFA (*Multifractal Detrended Fluctuation Analysis*) proposto por Kantelhardt et al. (2002) e aplicado por Choi (2021). De acordo com Kantelhardt et al. (2002) o método MF-DFA consiste em cinco etapas conforme segue:

Etapa 1: Determinar a série $Y(i)$, ($i = 1, 2, \dots, N$), como uma soma cumulativa.

$$Y(i) = \sum_{k=1}^i (r_k - \bar{r}) \quad (02)$$

onde r_k é uma série temporal dos retornos dos índices com tamanho n e \bar{r} é a média dos retornos.

Etapa 2: Dividir a série $Y(i)$ em N sub-amostras não sobrepostas de comprimento s . Para isso $N_s = \text{int}(n/s)$. O comprimento da série N pode não ser um múltiplo de s . Neste caso, para considerar o restante da série, se repete o mesmo procedimento no final da amostra até o início. Assim, tem-se $2N_s$ séries. Cada sub-amostra é chamado de v .

Etapa 3: Estime a tendência linear para cada um dos segmentos de v . Utiliza-se um ajuste de mínimos quadrados (MQO) na série. A função de variância é determinada da seguinte forma.

$$F^2(s, v) = \begin{cases} \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{Y[(v-1)s+i] - \hat{Y}_v^m(i)\}^2, & v = 1, 2, \dots, N_s \\ \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{Y[(N-(v-N_s)s+i] - \hat{Y}_v^m(i)\}^2, & v = N_s + 1, N_s + 2, \dots, 2N_s \end{cases} \quad (03)$$

onde $\hat{Y}_v^m(i)$ é um polinômio de ajuste de ordem m no segmento v . Neste estudo foi utilizado um polinômio linear ($m = 1$).

Etapa 4: Determina-se a média de todos os segmentos e estima-se a função de flutuação de ordem q . Para $q \neq 0$ a função é determinada como segue.

$$F_q(s) = \left\{ \frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} [F^2(v, s)]^{q/2} \right\}^{1/q} \quad (04)$$

Etapa 5: Calcula-se a função escalar da função de flutuação por média (expressão 04) da relação log-log de $F_q(s)$ versus s para cada valor de q . A função de escala é obtida para diferentes tamanhos de s . Se os retornos forem correlacionados no longo prazo, $F_q(s)$ aumentará à medida que o tamanho da janela s aumenta, de acordo com a lei de potência. Neste trabalho o gráfico log-log de $F_q(s)$ versus s não será reportado.

$$F_q(s) \sim s^{h(q)} \quad (05)$$

Calcula-se a relação entre log-log de $F_q(s)$ para cada valor de q .

$$\log(F_q(s)) = h(q) \cdot \log(s) + c \quad (06)$$

De acordo com Kantelhardt et al. (2002), para $q = 2$, $h(2)$ é idêntico ao conhecido expoente de Hurst de Mandelbrot e Wallis (1968). A série seguirá um passeio aleatório se $h(2) = 0,5$. A série é persistente quando $h(2) > 0,5$ e anti-persistente para $h(q) < 0,5$. As grandes e pequenas flutuações de preços são indicadas por expoentes de escala q . Neste estudo utilizou-se o intervalo $q \in [-10, 10]$, mesmo utilizado por Kakinaka e Umeno (2022).

Zhuanga e Wei (2022) mostra que a avaliação da eficiência de mercado de forma fraca ocorre quando os movimentos dos preços são difíceis de prever pois mudam sem nenhum padrão ou limite no longo prazo. Ou seja, os preços se movimentam como um passeio aleatório. Para $h(2) = 0,5$ a série segue um caminho aleatório, o que confirma a eficiência dos retornos.

Outra medida para testar a eficiência de mercado pode ser observada pelo grau de multifractalidade Δh . Como descreve Choi (2021), o grau de multifractalidade Δh é definido conforme segue:

$$\Delta h = \max(h(q)) - \min(h(q)) \quad (07)$$

Níveis maiores do Δh indicam alto grau de multifractalidade, correspondente a uma baixa eficiência de mercado. Para um mercado eficiente espera-se Δh e a diferença entre $h(10)$ e $h(-10)$ igual a zero.

A medida de eficiência de mercado (MDM) utilizada por Wang et. al. (2009) e Kakinaka e Umeno (2022) é também calculada (ver expressão 08) para quantificar o grau de multifractalidade e ineficiência das séries.

$$D = \frac{1}{2} (|h(-10) - 0.5| + |h(10) - 0.5|) \quad (08)$$

O valor de D ilustra o nível de eficiência no mercado avaliando o desvio de um processo de passeio aleatório em termos das escalas grandes ($q=10$) e pequenas ($q = -10$). O valor $D = 0$ indica que não há variação entre os expoentes generalizados de Hurst

e eles convergem para 0,5. A série tem estrutura monofractal e seguem um caminho aleatório. Neste caso, para $D = 0$ a série de retornos pode ser considerada eficiente. Para $D > 0$ a série não será eficiente.

Há também a possibilidade de estimar um expoente de escala multifractal. De acordo com Kantelhardt (2002) este expoente é denominado de $\tau(q)$, como segue:

$$\tau(q) = qh(q) - 1 \quad (09)$$

A multifractalidade da série será obtida pelo espectro $f(\alpha)$ que é relacionado ao $\tau(q)$ por uma transformação de Legendre, conforme aponta Kantelhardt (2002) na expressão 09:

$$\alpha = \tau'(q) \text{ e } f(\alpha) = q\alpha - \tau(q) \quad (10)$$

onde α é a primeira derivada de $\tau(q)$, denominada de força da singularidade ou expoente Hölder, e $f(\alpha)$ é o espectro de singularidade ou espectro multifractal.

O espectro multifractal $f(\alpha)$ e a força de singularidade α são parâmetros para avaliar a eficiência do mercado por meio da força de multifractalidade. Séries monofractais os parâmetros do espectro tendem ao $\alpha = h(2)$ e $f(\alpha) = 1$. A relação entre as duas medidas mostra o nível de complexidade de cada parte da série temporal. Se o gráfico $f(\alpha)$ e α apresentar forma parabólica inversa dos espectros confirma a existência de multifractalidade para a série. Séries com multifractalidade apresentam baixa eficiência de mercado.

A largura do espectro multifractal $\Delta\alpha$ é dado pela expressão 11.

$$\Delta\alpha = \max(\alpha) - \min(\alpha) \quad (11)$$

Choi (2021) sugere também o cálculo do parâmetro de assimetria espectral, estimado conforme expressão 12.

$$\theta = \frac{(\alpha_0 - \alpha_{min}) - (\alpha_{max} - \alpha_0)}{(\alpha_0 - \alpha_{min}) + (\alpha_{max} - \alpha_0)} \quad (12)$$

onde α_0 é o valor de α para o valor máximo da $f(\alpha)$.

O parâmetro de assimetria θ determina a dominância das flutuações para o espectro multifractal. Se $\theta = 0$, observa-se que grandes ou pequenas flutuações contribuem para a multifractalidade. O parâmetro $\theta > 0$ implica que grandes flutuações contribuem substancialmente para o espectro multifractal. O espectro exibe assimetria para o lado esquerdo. Para $\theta < 0$, flutuações menores constituem uma fonte de multifractalidade dominante. O espectro exibe assimetria para o lado direito. Todos os dados foram rodados no pacote “MFDFA” do software *r*.

5. Análise dos resultados

A Figura 1 mostra o gráfico dos retornos e preços dos índices de ações dos seis países analisados e índice de mercado emergente MSCI. Os valores dos índices foram ajustados ao dólar corrente. Os clusters de volatilidade em 2020 e 2022 correspondem aos períodos da pandemia da COVID-19 e do conflito Rússia-Ucrânia, respectivamente. Nota-se pela figura que o conflito teve um impacto muito maior no índice da Rússia do

que em outros países. O surto da COVID-19 foi um fenômeno intenso para os demais mercados.

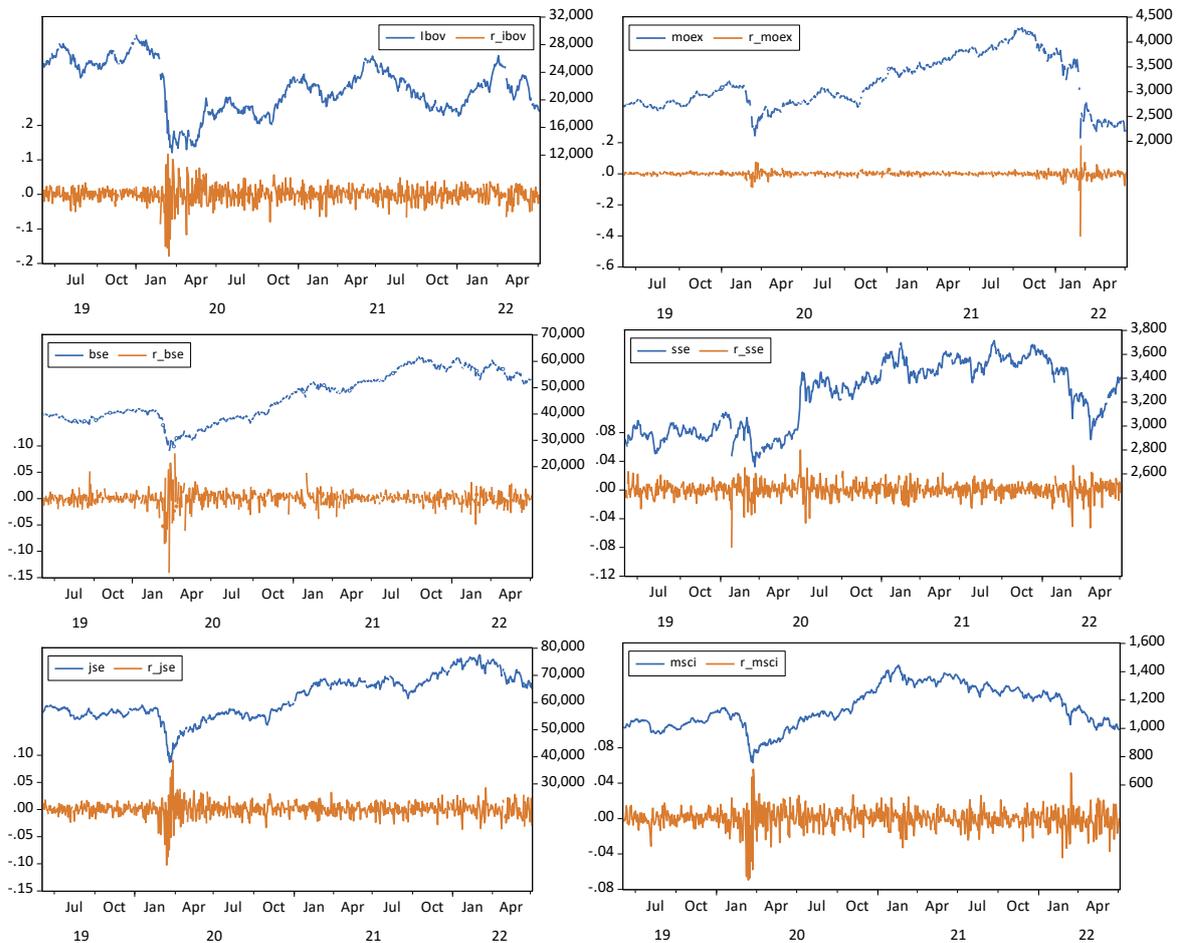


Figura 1. Preços e retornos diários dos índices de ações dos mercados emergentes.

A eficiência dos retornos do índice é medida no período da pandemia da COVID-19 e do conflito Rússia-Ucrânia. A amostra é dividida em quatro subperíodos: (i) amostra completa, de 3 de junho de 2019 a 31 de dezembro de 2019, (ii) período da COVID-19, de 1º de janeiro de 2020 a 31 de julho de 2020, (iii) antes do Conflito Rússia-Ucrânia, de 1º de agosto de 2020 a 23 de fevereiro de 2022, e (iv) durante o conflito Rússia-Ucrânia, de 24 de fevereiro de 2022 a 5 de julho de 2022. A escolha do período da amostra da pandemia da COVID-19 foi o mesmo de Choi (2021). O início do período do conflito Rússia-Ucrânia seguiu Boungou e Yatié (2022) até as informações mais recentes.

A Tabela 1 apresenta estatísticas descritivas dos retornos dos índices de ações. Os resultados mostram que os retornos são assimétricos e há leptocurtose. Há a presença de caldas pesadas. O que já era esperado em séries financeiras. Também se nota que os retornos são mais voláteis durante o período da COVID-19 e o conflito Rússia-Ucrânia. O resultado do teste Jarque e Bera (1980) rejeita a hipótese nula de retornos normalmente distribuídos em todos os períodos. Os resultados do teste de raiz unitária ADF (Augmented Dickey-Fuller) mostram que as séries de retornos são estacionárias em todos os períodos.

Tabela 1 – Estatística Descritiva

Estatística	Obs.	Média	Max	Min	Desv.		Curt.	JB	ADF	Q(10)
					Pad.	Assim.				
<i>Amostra toda</i>										
Brasil (Ibovespa)	762	-0,00041	0,116	-0,179	0,026	-1,062	10,39	1874,9*	-18,77*	48,75*
Rússia (Moex)	762	-0,00027	0,183	-0,405	0,022	-7,498	152,38	715574,9*	-32,39*	33,13*
Índia (BSE Sensex)	767	0,00036	0,086	-0,141	0,015	-1,505	20,28	9832,1*	-9,11*	54,90*
China (SSE Composite)	751	0,00022	0,056	-0,080	0,011	-0,871	9,18	1288,2*	-26,72*	8,3328
África do Sul (FTSE/JSE)	774	0,00019	0,090	-0,102	0,014	-0,677	13,07	3328,9*	-10,05*	63,19*
Mercados Emerg. (MSCI)	807	-0,00002	0,056	-0,069	0,012	-0,748	8,77	1194,89*	-26,16*	22,97**
<i>Durante a COVID-19</i>										
Brasil (Ibovespa)	146	-0,00259	0,116	-0,179	0,045	-0,869	5,89	69,3*	-14,57*	24,09*
Rússia (Moex)	143	-0,00032	0,074	-0,086	0,020	-0,770	8,75	210,8*	-11,99*	12,857
Índia (BSE Sensex)	146	-0,00063	0,086	-0,141	0,025	-1,354	10,75	410,1*	-14,00*	36,91*
China (SSE Composite)	140	0,00058	0,056	-0,080	0,015	-1,144	9,08	246,5*	-11,02*	6,539
África do Sul (FTSE/JSE)	147	-0,00016	0,090	-0,102	0,024	-0,628	7,93	158,3*	-14,57*	43,66*
Mercados Emerg. (MSCI)	153	-0,00021	0,056	-0,069	0,018	-0,946	6,54	102,5*	-12,55*	22,36**
<i>Antes do conflito</i>										
Brasil (Ibovespa)	384	0,00033	0,057	-0,079	0,021	-0,380	3,65	16,1*	-22,64*	15,07
Rússia (Moex)	399	0,00015	0,035	-0,111	0,014	-2,046	15,91	3047,4*	-18,57*	17,76
Índia (BSE Sensex)	391	0,00107	0,049	-0,039	0,010	-0,404	5,13	84,5*	-18,33*	17,53
China (SSE Composite)	378	0,00014	0,026	-0,026	0,009	-0,114	3,30	2,28	-19,80*	14,15
África do Sul (FTSE/JSE)	393	0,00076	0,031	-0,036	0,010	-0,276	3,65	11,8*	-18,45*	12,62
Mercados Emerg. (MSCI)	408	0,00028	0,027	-0,033	0,009	-0,231	3,54	8,5**	-17,83*	21,16**
<i>Durante o conflito</i>										
Brasil (Ibovespa)	89	-0,00227	0,037	-0,066	0,022	-0,467	2,82	3,36	-7,60*	13,30
Rússia (Moex)	71	-0,00459	0,183	-0,405	0,058	-4,134	33,84	3016,8*	-11,12*	7,29
Índia (BSE Sensex)	89	-0,00084	0,029	-0,048	0,014	-0,348	3,75	3,87	-9,54*	6,98
China (SSE Composite)	88	-0,00028	0,034	-0,053	0,014	-1,102	5,61	42,8*	-9,29*	2,13
África do Sul (FTSE/JSE)	88	-0,00162	0,040	-0,035	0,015	0,090	2,77	0,32	-7,90*	11,89*
Mercados Emerg. (MSCI)	94	-0,00209	0,051	-0,044	0,015	0,185	4,37	7,8**	-8,30*	9,478

Notas: JB indica o teste Jarque-Bera. ADF indica o teste de raiz unitária Augmented Dickey Fuller. Q(10) indica o teste Ljung-Box paramo lag 10. (*) denota p-valor menor que 0,01, (**) denota p-valor menor que 0,05

A Figura 2 apresenta o gráfico da estimativa de $h(q)$ para os diferentes valores de q no intervalo $[-10, 10]$. Foram estimados o expoente h para os retornos dos índices de ações nas quatro amostras analisadas (amostra toda, período da COVID, antes conflito Ucrânia e durante o conflito da Ucrânia).

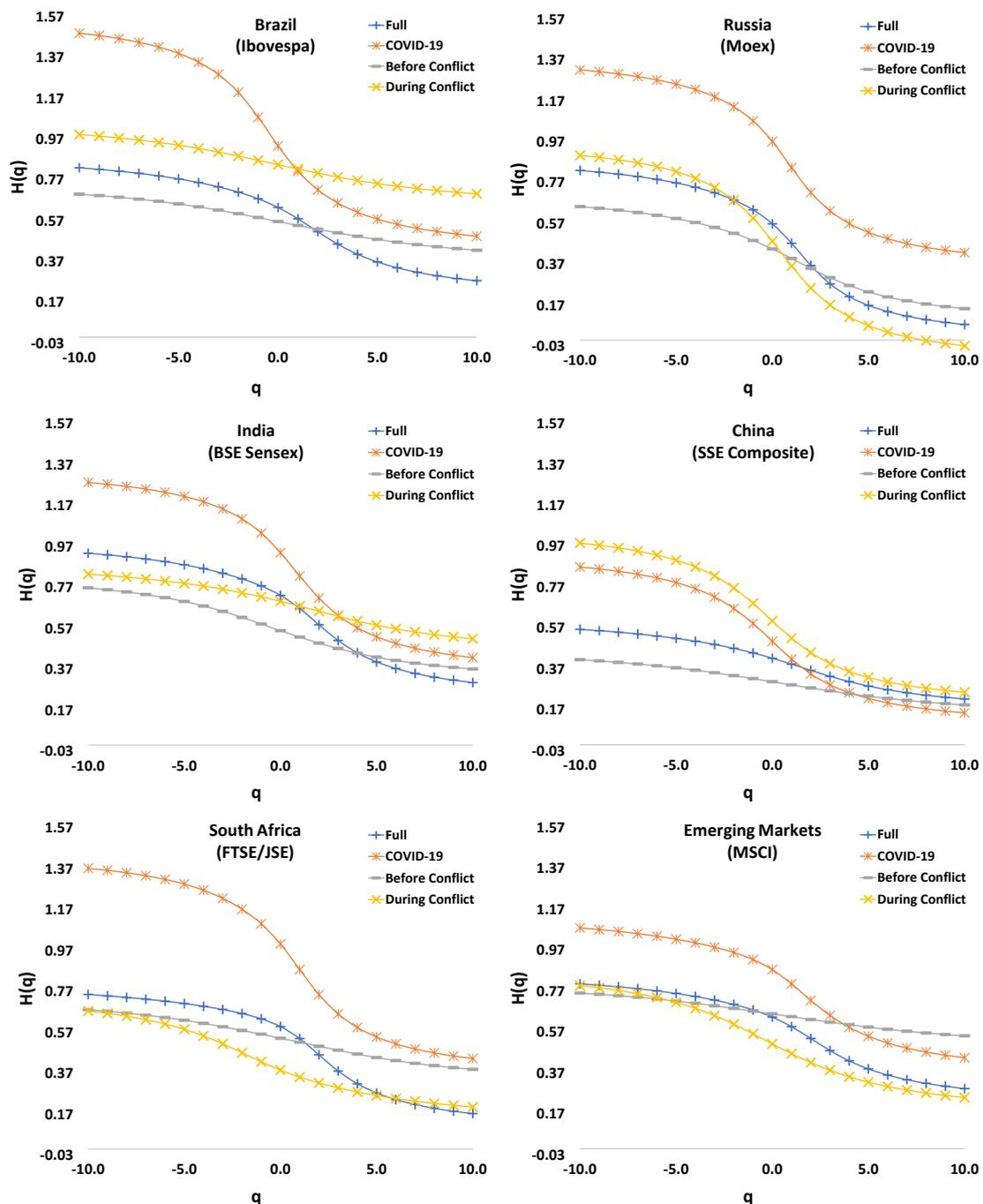


Figura 2. Expoente de Hurst Generalizado $h(q)$ dos índices de ações dos países emergentes durante o período do conflito da Rússia e Ucrânia, antes do conflito, durante a COVID-19 e o período todo.

Os gráficos (Figura 2) mostram que as séries apresentam sinais de multifractalidade. Os valores de $h(q)$ não são lineares em relação a q . Os valores de $h(q)$ caem enquanto q aumenta. Isso mostra que as séries não são monofractais. Tais evidências é mais presente no período da COVID-19 onde há maior variabilidade de $h(q)$. As variações de $h(q)$ podem ser percebidas também pelo grau de multifractalidade Δh apresentado na tabela 2. Note que os valores de Δh são superiores em períodos de alta volatilidade do mercado (COVID-19 e conflito Rússia-Ucrânia). O único país em que o período da COVID-19 não apresentou maior multifractalidade dos dados foi na Rússia. O que já era esperado. Diferentemente dos demais países, o conflito com a Ucrânia causou

um maior grau de multifractalidade ($\Delta h = 0,9325$) em relação ao período da COVID-19 ($\Delta h = 0,8952$). A Índia foi o único país em que a multifractalidade teve menor grau no período do conflito da Rússia-Ucrânia em comparação aos demais períodos. As evidências de que os mercados possuem maior grau de multifractalidade em períodos de alta volatilidade sugerem que os mercados não são eficientes em períodos de crise. O que é consistente com os achados de Kakinaka e Umeno (2022) que investigaram criptomoedas e Choi (2021) e Zhuanga e Wei (2022) para o mercado de ações nos Estados Unidos.

A tabela 2 e Figura 3 apresentam os resultados dos parâmetros do espectro multifractal para os retornos dos índices de ações dos mercados emergentes nos períodos analisados. Os resultados confirmam as evidências da Figura 1. Nota-se na tabela 2 que os valores do expoente de Hurst $h(q=2)$ foram superiores que 0,5 no surto de COVID-19 e menores durante o conflito Rússia-Ucrânia. Com exceção do Brasil e da Índia, em que ambos foram superiores a 0,5. Isso indica que a autocorrelação no período da COVID-19 é persistente no longo prazo. A previsibilidade de preços é maior no período COVID-19 do que nos demais períodos. Por outro lado, a série no período do conflito da Rússia-Ucrânia provou ser anti-persistência. Os valores do expoente de Hurst $h(q=2) \neq 0,5$ mostram que os mercados não são eficientes em tempos de crise. Os mercados se aproximaram da eficiência antes do conflito da Rússia-Ucrânia. O que sugere que os investidores são mais irracionais em períodos de alta volatilidade.

Os valores D da medida de eficiência de mercado (MDM) de Wang et. al. (2009) confirmaram que as séries não seguem o passeio aleatório. Valores elevados de D em épocas de crise reforçam que as séries não são eficientes. Kakinaka e Umeno (2022) afirmam que após o surto da COVID os investidores mudam suas estratégias para horizontes mais curtos, o que indica um forte comportamento de manada no curto prazo.

Os parâmetros da largura do espectro multifractal (ver $\Delta\alpha$) confirmaram os resultados do grau de multifractalidade (Δh). Maior variabilidade do parâmetro α no período da COVID-19 evidencia que as séries de retornos são mais correlacionadas em períodos de crise financeira global. Os valores de assimetria (Θ) foram negativos no período do surto de COVID-19 para os mercados. Pequenas flutuações contribuem mais do que grandes flutuações. Evidência semelhante aos achados de Choi (2021). Por outro lado, os resultados para o conflito Rússia-Ucrânia foram diferentes nos países da Rússia e Índia. Os valores de assimetria foram positivos para os retornos dos índices desses países e negativo para os demais.

Tabela 2 - Parâmetro de espectro multifractal para os retornos os índices de ações

	α_{Max}	α_{Min}	α_0	$\Delta\alpha$	$H(q=2)$	ΔH	θ	D
<i>Brasil (Ibovespa)</i>								
Amostra toda	0,8998	0,1773	0,6295	0,7225	0,5169	0,5542	0,2518	0,2771
Durante a COVID-19	1,5971	0,4004	0,94645	1,1967	0,7224	0,996	-0,0874	0,4980
Antes do conflito da Rússia	0,7652	0,355	0,56725	0,4102	0,5294	0,2752	0,0349	0,1376
Durante o conflito da Rússia	1,0617	0,6362	0,8458	0,4255	0,8042	0,2905	-0,0148	0,3480
<i>Russia (Moex)</i>								
Amostra toda	0,9042	-0,0223	0,5562	0,9265	0,3655	0,7546	0,2488	0,3773
Durante a COVID-19	1,4061	0,321	0,9586	1,0851	0,7229	0,8952	0,1752	0,4476
Antes do conflito da Rússia	0,7275	0,0609	0,4438	0,6666	0,3512	0,5001	0,1487	0,2500
Durante o conflito da Rússia	0,9926	-0,1325	0,4796	1,1251	0,2548	0,9325	0,0880	0,4662
<i>Índia (BSE Sensex)</i>								
Amostra toda	1,0092	0,2002	0,7230	0,8090	0,588	0,6326	0,2925	0,3163
Durante a COVID-19	1,3645	0,3187	0,9316	1,0458	0,7188	0,8568	0,1721	0,4284
Antes do conflito da Rússia	0,8505	0,3007	0,5599	0,5498	0,4984	0,3968	-0,0571	0,1984
Durante o conflito da Rússia	0,8981	0,4362	0,7021	0,4619	0,6545	0,3161	0,1513	0,1779
<i>China (SSE Composite)</i>								
Amostra toda	0,6219	0,1472	0,4217	0,4747	0,364	0,3406	0,1565	0,1703
Durante a COVID-19	0,9569	0,0749	0,5061	0,8820	0,3466	0,7137	-0,0222	0,3568
Antes do conflito da Rússia	0,4711	0,1351	0,30825	0,3360	0,2779	0,2217	0,0307	0,1946
Durante o conflito da Rússia	1,0818	0,1748	0,60665	0,9070	0,451	0,7297	-0,0477	0,3648
<i>África do Sul (FTSE/JSE)</i>								
Amostra toda	0,8151	0,0676	0,5884	0,7475	0,4605	0,5828	0,3934	0,2914
Durante a COVID-19	1,4601	0,3318	0,9893	1,1283	0,7549	0,9303	0,1655	0,4651
Antes do conflito da Rússia	0,7504	0,3148	0,5417	0,4356	0,5026	0,2916	0,0418	0,1458
Durante o conflito da Rússia	0,7797	0,1296	0,38905	0,6501	0,3229	0,4701	-0,2018	0,2350
<i>Mercados Emergentes (MSCI)</i>								
Amostra toda	0,8678	0,1908	0,63805	0,677	0,5394	0,5123	0,3213	0,2561
Durante a COVID-19	1,1509	0,3316	0,8657	0,8193	0,7256	0,6348	0,3038	0,3174
Antes do conflito da Rússia	0,8151	0,4915	0,65925	0,3236	0,6321	0,2093	0,0368	0,1564
Durante o conflito da Rússia	0,8953	0,1586	0,51355	0,7367	0,4217	0,5477	-0,0364	0,2738

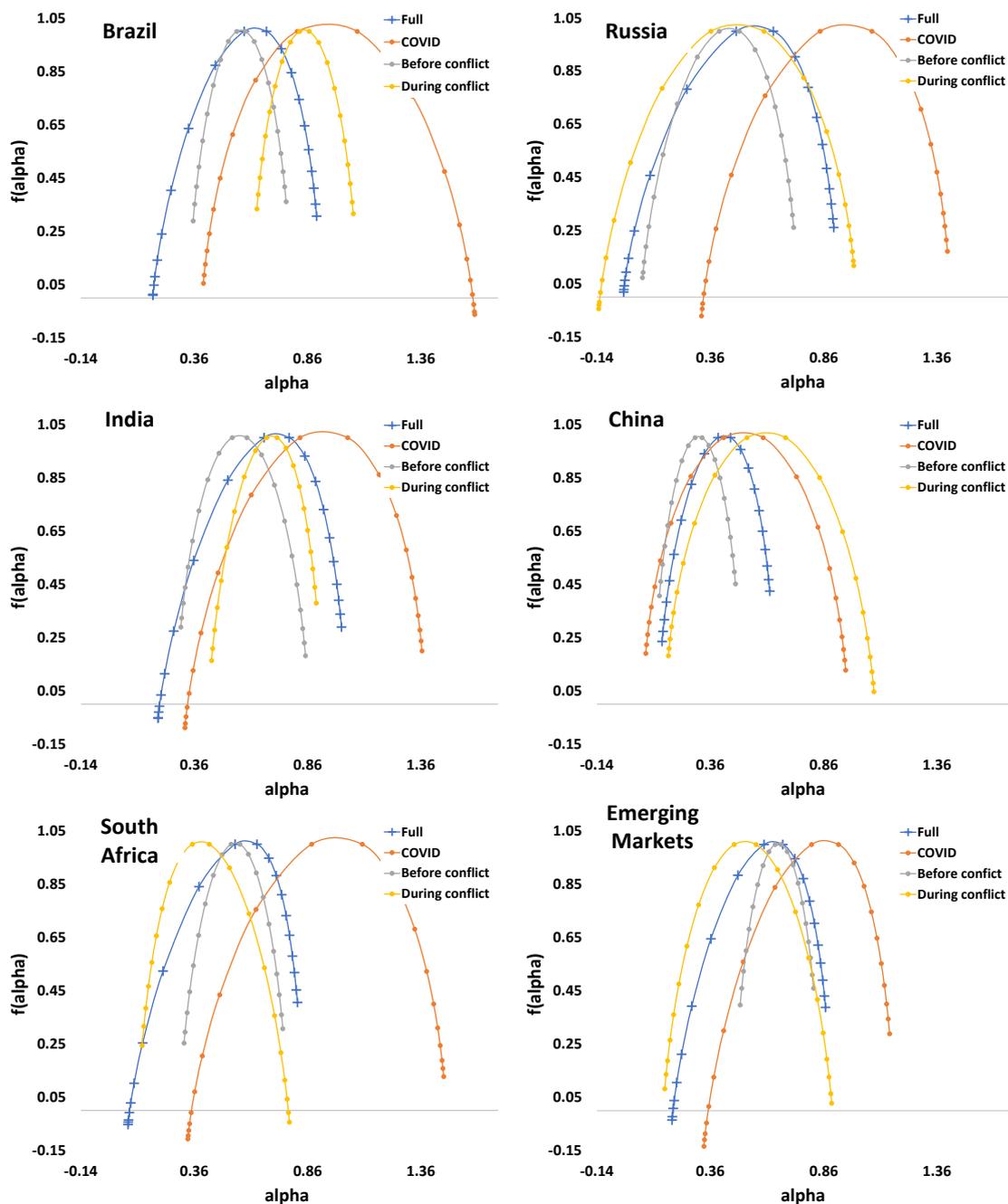


Figura 3. Espectro Multifractal dos retornos dos índices de ações.

Frezza, Bianchih e Pianese (2021) afirmam que a autocorrelação entre os mercados durante o período de crise é comum. Os resultados deste estudo mostram que a hipótese de eficiência de mercado nos períodos investigados é rejeitada. Principalmente após o surto da COVID-19. No então, os resultados do impacto do conflito da Rússia-Ucrânia no mercado financeiro emergente mostraram ser de menor impacto quando comparado ao período da pandemia. Com exceção do mercado financeiro da Rússia, país envolvido no conflito. As diferentes características entre o surto de COVID-19 e o conflito Rússia-Ucrânia podem ser explicadas pela característica do choque no mercado. O surto de COVID-19 afetou diretamente a economia global. As incertezas geradas pelo surto de COVID-19 causam assimetrias de informação no mercado financeiro. Por outro lado, o conflito Rússia-Ucrânia não é um caso recente. Houve anos em que já haviam ocorrido atritos diplomáticos. A invasão foi o gatilho para o conflito.

6. Conclusões

Este estudo investiga a eficiência de mercado de ações de países emergentes no período da pandemia de COVID-19 e conflito da Rússia-Ucrânia. Foram considerados na análise os principais índices de ações dos países emergentes pertencentes aos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) e um índice de mercados emergentes (MSCI). A eficiência de mercado foi investigada utilizando métodos multifractais.

Os achados da pesquisa mostraram que os mercados não são eficientes nos períodos de alta volatilidade decorrente do surto da COVID-19 e conflito da Rússia-Ucrânia. O que já apontava a literatura sobre o tema. As evidências da pesquisa possuem implicações teóricas e práticas. Teoricamente, os resultados evidenciam que a hipótese de mercado eficiente (HME) de Fama (1970) é rejeitada, o que lança luz ao que alguns pesquisadores (ver Blackledge e Lamphiere, 2021) denominam de Hipótese de Mercados Fractais. Na prática, os resultados mostram que os investidores devem ficar atentos aos períodos de crise para tomada de decisão. Nos momentos de forte instabilidade, as evidências apontaram para a irracionalidade na tomada de decisão e o efeito manada.

O estudo limitou-se em analisar os índices de ações de 5 países emergentes em um período de conflito e pandemia. A ideia de se utilizar o índice de mercados emergentes da MSCI buscou proporcionar uma análise comparativa dos mercados dos países pertencentes aos BRICS. No entanto, o índice MSCI é apenas uma proxy. Entende-se que uma análise mais ampla de economias emergentes necessitaria de uma investigação específica para cada país. Outra limitação é o tamanho da amostra no período do conflito da Rússia-Ucrânia. Como o conflito ainda não se encerrou, foi utilizado uma base de dados mais recente. Entende-se que não se pode generalizar os achados uma vez que o conflito poderá ter outros desdobramentos que causem excesso de volatilidade.

Sugere-se para uma agenda futura de pesquisa a avaliação da eficiência de mercado em países com economia desenvolvida, como Estados Unidos, Alemanha, França, Itália, Japão, Canadá e demais. Os países desenvolvidos concentram um percentual maior do capital financeiro do mundo. Além do impacto no mercado de ações, o mercado futuro de grãos e commodities também poderia ser analisado. Principalmente no contexto do conflito da Rússia-Ucrânia. Um dos maiores impactos do conflito na economia foi nas commodities que a Rússia e a Ucrânia são produtoras. Os preços do petróleo, soja, trigo e milho sofreram uma alta da volatilidade após a invasão Russa e início dos embargos econômicos.

References

Akhtaruzzaman, M., Boubaker, S. and Sensoy, A. (2021) 'Financial contagion during COVID-19 crisis', *Finance Research Letters*. Elsevier, 38, p. 101604. doi: 10.1016/J.FRL.2020.101604.

Alexander, S. S. (1961) 'Price Movements in Speculative Markets: Trends or Random Walk?', *Industrial Management Review*, pp. 7–26. Available at: <http://www.citeulike.org/group/2384/article/1204374>.

Alijani, M. et al. (2021) 'Fractal analysis and the relationship between efficiency of capital market indices and COVID-19 in Iran', *Results in Physics*. 25, p. 104262. doi: 10.1016/J.RINP.2021.104262.

Aslam, F. et al. (2020) 'On the efficiency of foreign exchange markets in times of the COVID-19 pandemic', *Technological Forecasting and Social Change*. 161, p. 120261. doi: 10.1016/J.TECHFORE.2020.120261.

Baker, S. R. et al. (2020) 'The Unprecedented Stock Market Reaction to', *The Review of Asset Pricing Studies*, 10, pp. 742–758. doi: 10.1093/rapstu/raaa008.

Barbaro, M. et al. (2022). "How the War in Ukraine is Creating a Global Food Crisis". The New York Times. ISSN 0362-4331. Retrieved 15 June 2022.

BBC News (2020) "US oil prices turn negative as demand dries up". <https://www.bbc.com/news/business-52350082>

Boubaker, S. et al. (2022) 'Heterogeneous impacts of wars on global equity markets: Evidence from the invasion of Ukraine', *Finance Research Letters*. 48, p. 102934. doi: 10.1016/j.frl.2022.102934.

Boungou, W., Yatié, A. (2022) 'The impact of the Ukraine–Russia war on world stock market returns', *Economics Letters*. 215, p. 110516. doi: 10.1016/j.econlet.2022.110516.

Blackledge, J., Lamphiere, M. (2022) "A Review of the Fractal Market Hypothesis for Trading and Market Price Prediction" *Mathematics*,10(17): p. 117. doi: 10.3390/math10010117

Bush, P.J., Stephens J.E. (2015) "The Return of the Monday Effect in European Currency Markets: An Empirical Analysis of the Impact of the Economic Crisis on Market Efficiency" *International Journal of Finance & Economics*. 21(3), pp. 241-246. doi: 10.1002/ijfe.1534

Cajueiro, D. O. and Tabak, B. M. (2004) 'The Hurst exponent over time: testing the assertion that emerging markets are becoming more efficient', *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 336(3–4), pp. 521–537. doi: 10.1016/J.PHYSA.2003.12.031.

Chernova, Anna; Cotovio, Vasco; Thompson, Mark (28 February 2022). "Sanctions slams Russian economy". CNN. Archived from the original on 28 February 2022. Retrieved 28 May 2022.

Choi, S. Y. (2021) 'Analysis of stock market efficiency during crisis periods in the US stock market: Differences between the global financial crisis and COVID-19 pandemic', *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 574, p. 125988. doi: 10.1016/J.PHYSA.2021.125988.

Cootner, P. H. (1964) 'Cootner-1964.Pdf', *Industrial Management Review*, pp. 231–252.

Corbet, S., Hou, Y., Hu, Y., Lucey, B., Oxley, L. (2021) "Aye Corona! The contagion effects of being named Corona during the COVID-19 pandemic" *Finance Research Letters*, 38: 101591. doi: 10.1016/j.frl.2020.101591

Dima, B., Dima, Ş. M. and Ioan, R. (2021) 'Remarks on the behaviour of financial market efficiency during the COVID-19 pandemic. The case of VIX', *Finance Research Letters*. Elsevier, p. 101967. doi: 10.1016/J.FRL.2021.101967.

Fama, E. F. (1970) 'Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work', *The Journal of Finance*, 25(2), pp. 383–417.

Fama, E. F. (1991) 'Efficient Capital Markets: II', *The Journal of Finance*, 46(5), pp. 1575–1617.

Fama, E. F. (1965) 'The Behavior of Stock-Market Prices Author (s): Eugene F . Fama Published by : The University of Chicago Press Stable', *The Journal of Business*, 38(1), pp. 34–105.

Frezza, M., Bianchi, S. and Pianese, A. (2021) 'Fractal analysis of market (in)efficiency during the COVID-19', *Finance Research Letters*. 38, p. 101851. doi: 10.1016/J.FRL.2020.101851.

Go, Y.H, Lau, W.Y. (2020) "The impact of global financial crisis on informational efficiency: Evidence from price-volume relation in crude palm oil futures market"

Journal of Commodity Markets. 17: 100081. doi: 10.1016/j.jcomm.2018.10.003

Godfrey, M. D., Granger, C. W. J. and Morgenstern, O. (1964) 'The random-walk hypothesis of stock market behavior', *Kyklos*, 17(1), pp. 1–30.

Harjoto, M. A. and Rossi, F. (2021) 'Market reaction to the COVID-19 pandemic: evidence from emerging markets', *International Journal of Emerging Markets*. doi: 10.1108/IJOEM-05-2020-0545.

Jarque, C. M.; Bera, A. K. (1980). "Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals". *Economics Letters*. 6 (3): 255–259. doi:10.1016/0165-1765(80)90024-5.

Kakinaka, S. and Umeno, K. (2022) 'Cryptocurrency market efficiency in short- and long-term horizons during COVID-19: An asymmetric multifractal analysis approach', *Finance Research Letters*. 46(PA), p. 102319. doi: 10.1016/j.frl.2021.102319.

Kantelhardt, J. et al. (2002) 'Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series', *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 316, pp. 87–114.

Lim, K. P., Brooks, R. D. and Kim, J. H. (2008) 'Financial crisis and stock market efficiency: Empirical evidence from Asian countries', *International Review of Financial Analysis*, 17(3), pp. 571–591. doi: 10.1016/j.irfa.2007.03.001.

Ma, P., Li, D., Li, S. (2016) "Efficiency and cross-correlation in equity market during global financial crisis: Evidence from China" *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Vol. 444 No. 15, pp. 163-176, doi: 10.1016/j.physa.2015.10.019

Machmuddah, Z. et al. (2020) 'Stock Market Reaction to COVID-19 : Evidence in Customer Goods Sector with the Implication for Open Innovation', *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(April 2020), pp. 1–13.

Mandelbrot, B.B.; Wallis, J.R. (1968). "Noah, Joseph, and operational hydrology". *Water Resources Research*. 4 (5): 909–918.

Mckibbin, W. and Fernando, R. (2021) 'The Global Macroeconomic Impacts of COVID-19: Seven Scenarios', *Asian Economic Papers*, 20(2), pp. 1–30.

Mensi, W. et al. (2020) 'Impact of COVID-19 outbreak on asymmetric multifractality of gold and oil prices', *Resources Policy*. 69, p. 101829. doi: 10.1016/J.RESOURPOL.2020.101829.

Okorie, D. I. and Lin, B. (2021) 'Adaptive market hypothesis: The story of the stock markets and COVID-19 pandemic', *The North American Journal of Economics and Finance*. 57, p. 101397. doi: 10.1016/J.NAJEF.2021.101397.

Osborne, M. F. M. (1959) 'Brownian Motion in the stock market', *Operations Research*, 7(2), pp. 145–173. doi: 10.4271/580217.

Ozkan, O. (2021) 'Impact of COVID-19 on stock market efficiency: Evidence from developed countries', *Research in International Business and Finance*. 58, p. 101445. doi: 10.1016/J.RIBAF.2021.101445.

Parveen, S. et al. (2021) 'Examining investors' sentiments, behavioral biases and investment decisions during COVID-19 in the emerging stock market: a case of Pakistan stock market', *Journal of Economic and Administrative Sciences*, ahead-of-p(ahead-of-print). doi: 10.1108/jeas-08-2020-0153.

Qureshi, A. et al. (2022) 'Russia-Ukraine War and systemic risk: Who is taking the heat?', *Finance Research Letters*, 48(June), p. 103036. doi: 10.1016/j.frl.2022.103036.

Ramelli, S. and Wagner, A. F. (2020) 'Feverish Stock Price Reactions to', *The Review of Corporate Finance Studies*, 9, pp. 622–655. doi: 10.1093/rcfs/cfaa012.

Sabbaghi, O. and Sabbaghi, N. (2018), "Market efficiency and the global financial crisis: evidence from developed markets", *Studies in Economics and Finance*, 35(3), pp.

362-385. <https://doi.org/10.1108/SEF-01-2014-0022>

Sharif, A., Aloui, C. and Yarovaya, L. (2020) ‘COVID-19 pandemic, oil prices, stock market, geopolitical risk and policy uncertainty nexus in the US economy: Fresh evidence from the wavelet-based approach’, *International Review of Financial Analysis*. 70, p. 101496. doi: 10.1016/J.IRFA.2020.101496.

Tosun, O. K. and Eshraghi, A. (2022) ‘Corporate decisions in times of war: Evidence from the Russia-Ukraine conflict’, *Finance Research Letters*. 48(April), p. 102920. doi: 10.1016/j.frl.2022.102920.

Umar, Z. et al. (2022) ‘The impact of the Russia-Ukraine conflict on the connectedness of financial markets’, *Finance Research Letters*. Elsevier Inc., 48(May), p. 102976. doi: 10.1016/j.frl.2022.102976.

Wang, Y., Liu, L., Gu, R. (2009) “Analysis of efficiency for Shenzhen stock market based on multifractal detrended fluctuation analysis” *International Review of Finance Analysis*. 18(5), pp. 271-276. doi: 10.1016/j.irfa.2009.09.005

Yaya, O.S., Ogbonna, A.E., Mudida, R., Abu, N. (2020) “Market efficiency and volatility persistence of cryptocurrency during pre- and post-crash periods of Bitcoin: Evidence based on fractional integration” *International Journal of Finance & Economics*. 26(1), pp. 1318-1335. doi: 10.1002/ijfe.1851

Zhang, D., Hu, M. and Ji, Q. (2020) ‘Financial markets under the global pandemic of COVID-19’, *Finance Research Letters*. 36(April), 01528. doi: 10.1016/j.frl.2020.101528.

Zhuanga, X., Wei, D. (2022) “Asymmetric multifractality, comparative efficiency analysis of green finance markets: A dynamic study by index-based model” *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. Pre-proof. doi: 10.1016/j.physa.2022.127949