

---

# HIPÓTESE DOS MERCADOS ADAPTATIVOS: UMA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE TÍTULOS DO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO

---

## ADAPTIVE MARKETS HYPOTHESIS: AN ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF SECURITIES IN THE BRAZILIAN STOCK MARKET

---

### **Lara Ferreira de Almeida Gomes**

Bacharel em Ciências Contábeis pela Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF. Cep: 70910-900. – Brasil;

Telefone: (61) 3107-0795

E-mail: larafagomes@gmail.com

### **Paulo Vitor Souza de Souza**

Doutorando em Ciências Contábeis pela Universidade de Brasília (UnB)

Professor Assistente da Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá, Belém, PA. Cep: 66075-110. – Brasil;

Telefone: (91) 3201-8049

E-mail: paulosouzx@gmail.com

Recebido: 20/07/2019    Aprovado: 02/12/2019

Publicado: 30/12/2019

### **César Augusto Tibúrcio Silva**

Doutor em Controladoria e Contabilidade pela Universidade de São Paulo (USP);

Professor Titular da Universidade de Brasília (UnB);

Endereço: Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília, DF. Cep: 70910-900. – Brasil;

Telefone: (61) 3107-0812

E-mail: cesaraugustotiburciosilva@gmail.com

---

## RESUMO

Este estudo objetivou verificar se os títulos negociados no mercado acionário brasileiro apresentam comportamento compatíveis com a Hipótese dos Mercados Adaptativos de Lo (2004). Portanto, foram estimados os níveis de eficiência dos 11 títulos de maior liquidez pertencentes ao Ibovespa da B3. A eficiência foi estimada por meio do uso do Expoente de Hurst, com uso de dados diários pertencentes aos títulos das empresas entre o período de 1995 a 2018, compreendendo um recorte temporal de 23 anos. Por meio dos resultados do Hurst, foram feitas análises das estatísticas descritivas, correlação entre eficiência e risco, análise da eficiência sob a ótica da variação do mercado e o estudo dos níveis de eficiência por mandatos presidenciais. Os achados deste estudo fornecem evidências de que o mercado brasileiro apresenta comportamento dinâmico, pois os níveis de eficiência dos títulos variam de acordo com o risco. As ações são influenciadas pelas variações do mercado de formas e intensidades distintas. Em relação aos títulos das empresas sob influência governamental, nota-se que crises políticas influenciam nos níveis de previsibilidade das ações. Estes comportamentos observados estão de acordo com a Hipótese dos Mercados Adaptativos, pois a eficiência apresentada não é uma condição de “tudo ou nada”, pois a previsibilidade do retorno das ações denota uma adaptabilidade individual, de acordo com o ambiente e situação que divergem no mercado e entre as empresas.

**Palavras-chave:** Hipótese dos Mercados Adaptativos. Eficiência de Ações. Coeficiente de Hurst. Mercado acionário brasileiro.

## **ABSTRACT**

---

*This study aimed to verify whether the securities traded in the Brazilian stock market behave in a manner compatible with Lo's Adaptive Markets Hypothesis (2004). Therefore, the efficiency levels of the 11 most liquid securities belonging to B3's Ibovespa were estimated. Efficiency was estimated through the use of Hurst's exponent, using daily data pertaining to company titles from 1995 to 2018, comprising a 23-year time frame. Through the results of Hurst, analyzes of descriptive statistics, correlation between efficiency and risk, analysis of efficiency from the perspective of market variation and the study of efficiency levels by presidential terms were made. The findings of this study provide evidence that the Brazilian market presents a dynamic behavior, as the levels of efficiency of the securities vary according to the risk. The shares are influenced by market variations in different forms and intensities. Regarding the securities of companies under government influence, it is noted that political crises influence the levels of predictability of actions. These observed behaviors are in accordance with the Adaptive Markets Hypothesis, since the presented efficiency is not an "all or nothing" condition, since the predictability of the return on the stock denotes an individual adaptability, according to the environment and situation that diverge in the market and between companies.*

**Keywords:** Adaptive Markets Hypothesis. Efficiency of Actions. Hurst Coefficient. Brazilian Stock Market.

## **1 INTRODUÇÃO**

Existem diversas hipóteses que buscam explicar como se dá o comportamento das ações, questionando se é possível ou não “bater o mercado”, tomar proveito das ondas de otimismo sem sofrer das dores da inevitável queda. A mais famosa destas, a Hipótese dos Mercados Eficientes de Fama (1970), afirma que o mercado reflete em seus valores as informações disponíveis, conforme as reações às informações pelos indivíduos racionais, levando a um comportamento condizente com um “passeio aleatório”.

Porém, se o mercado é realmente racional e eficiente, como explicar bolhas especulativas, manias e crashes? Tais eventos são provenientes da insanidade especulativa, não sendo anomalias externas, e sim partes do comportamento do mercado. A Hipótese dos Mercados Eficientes (HME, a partir de agora) não apresenta explicação para tais fenômenos, diante de sua afirmação onde racionalidade agregada sempre será imposta por forças de mercado, de forma a haver um conflito entre a racionalidade prevista pela HME e a irracionalidade do ser humano, o que leva a diversas críticas do ponto de vista comportamental (GALBRAITH, 1994; LO, 2004).

A fim de proporcionar uma melhor explicação de como se dá o comportamento do mercado, considerando tanto a aleatoriedade quanto a insanidade especulativa, Lo (2004) elabora a Hipótese dos Mercados Adaptativos (HMA), afirmando que, o motivo pelo qual a HME falha ao explicar tais comportamentos do mercado se encontra na base de suas conjecturas, na qual o mercado é eficiente devido às decisões racionais tomadas pelos indivíduos. A HMA trata do mercado como um ambiente que apresenta sua própria ecologia, em que a seleção natural e a evolução influenciam os vieses comportamentais, como otimismo e aversão ao risco, levando a decisões financeiramente irracionais que ditam as flutuações nos preços (LO, 2005).

Tal hipótese abre novas portas para o estudo do mercado, tornando-se possível prever certos aspectos deste, pois as flutuações das ações não refletem um comportamento totalmente eficiente, o que condiz com o crescente número de estudos que encontram previsibilidade no comportamento das ações,

e também com a maioria dos pesquisadores em finanças, os quais consideram que o mercado possui eficiência em sua forma fraca (HIREMATH, 2016; GHAZANI; ARAGHI, 2014).

Diante do exposto, esta pesquisa objetiva verificar se o comportamento das ações do mercado acionário brasileiro relaciona-se com a HMA, a partir da análise da eficiência das onze ações de maior liquidez do Ibovespa. Além disso, realizam-se três análises adicionais: o estudo da correlação entre o risco e a eficiência; a análise da eficiência considerando a variação do mercado; e o comportamento da eficiência de acordo com os mandatos presidenciais, para as empresas governamentais. A pesquisa visa contribuir assim com a crescente literatura de estudos que tratam sobre a HMA, bem como estudos sobre a previsibilidade do mercado. Sendo que, pelas análises serem realizadas com títulos e não com o mercado em si, tem-se ainda novas perspectivas para investidores.

Além desta introdução, a pesquisa está estruturada em mais quatro seções: a revisão de literatura, que trata da HMA e como se estima a eficiência; a metodologia utilizada; a análise dos resultados, descritiva e adicionais; e por fim, a conclusão, com as considerações finais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A HME trata o indivíduo como um “*Homo Economicus*” racional, tomando decisões ótimas, que contribuem para a formação de um mercado eficiente. Tal visão do ser humano é utópica, de forma a influenciar Andrew Lo a apresentar uma hipótese que trata o indivíduo como “*Homo Sapiens*”, o qual, devido a evolução e a heurística, se comporta adequadamente em seu ambiente não econômico, tomando decisões que não condizem com aquilo que é requerido pela racionalidade e eficiência de mercado e, exibindo vieses comportamentais contraproducentes a uma perspectiva financeira (LO, 2004; LO 2005; LO 2018). Surge assim a HMA, a qual possui como base a convergência da HME com a neurociência cognitiva e psicologia evolucionária, uma interseção entre psicologia e economia (LO, 2003; LO, 2004).

Lo (2004) trata os indivíduos, que influenciam o mercado, como seres humanos que apresentam vieses comportamentais. O que o leva a utilizar das ciências comportamentais a fim de verificar quais vieses levam a tomada de decisões irracionais pelos indivíduos, levando-os a apresentar um comportamento mal adaptativo. Lo (2004) se baseia no estudo de Kahneman e Tversky (1979), os quais afirmam que, ao se tratar de situações onde há maior ganho, indivíduos tendem a possuir aversão ao risco, já para situações de maior perda, tendem à propensão ao risco, levando a tomada de decisões financeiras não satisfatórias. Tem-se ainda a pesquisa de 1955 de Simon, que afirma que o ser humano toma decisões meramente satisfatórias, sendo que Lo (2004) sugere que os indivíduos alcançam tais decisões a partir de tentativa e erro, de forma que decisões satisfatórias para certa situação só surgirão após o desenvolvimento de heurística para tal ambiente.

Dessa forma, levando em consideração o caráter dinâmico do comportamento humano e, as influências dos vieses comportamentais na tomada de decisões. A HMA de Lo (2005) sugere que:

(1) O prêmio de risco não é constante durante o tempo, mas varia de acordo com o mercado de ações e com a demografia dos investidores durante um determinado período; (2) Alocação de ativos pode adicionar valores ao explorar a dependência da série histórica do mercado, assim como mudanças sistemáticas no comportamento; (3) Todos os produtos de investimentos tendem a experimentar ciclos de melhor e pior performance; (4) Eficiência de mercado não é uma condição “tudo ou nada”, mas sim uma característica que varia continuamente durante o tempo e pelo mercado; e (5) Preferências de risco individual e institucional não são prováveis de se manter estáveis durante o tempo.

Conforme o estabelecido pela HMA, tanto o risco quanto a eficiência são determinados pelas alterações no ambiente, com oportunidades de arbitragem existindo periodicamente. Tal hipótese afirma ainda que a eficiência de mercado é definida pelos fatores: ecologia do mercado; número de competidores; magnitude das oportunidades de lucro disponíveis; e adaptabilidade dos integrantes do

mercado, com o nível de aleatoriedade apresentado estando diretamente relacionado com a forma com que os integrantes do ambiente (mercado) se comportam diante das informações apresentadas (LO, 2005). Sugere-se assim que a eficiência é extremamente dependente e dinâmica, com a convergência para um ponto de equilíbrio sendo improvável em qualquer ponto do tempo (LO, 2004).

Considerando a relação entre o comportamento do mercado e o comportamento do ser humano, Lo (2005, p. 18) define os principais componentes da HMA, sendo: “indivíduos agem de acordo com seus próprios interesses; indivíduos cometem erros; indivíduos aprendem e se adaptam; competição traz adaptação e inovação; seleção natural molda a ecologia de mercado; e evolução determina a dinâmica de mercado”.

Desta forma, de acordo com tal hipótese, o mercado é um ambiente que apresenta sua própria ecologia, com os investidores sendo os indivíduos que moldam e são moldados por tal ambiente. Onde as decisões que, devido a heurística, não são ótimas para o ambiente mercado, impactando o nível de eficiência. Com vieses comportamentais como aversão e propensão ao risco influenciando o número de competidores do mercado. Em que a adaptabilidade dos integrantes está relacionada a tentativa e erro, o qual leva de decisões meramente satisfatórias, a decisões ótimas.

## 2.1 Pesquisas relacionadas

Diversos estudos já foram realizados a fim de investigar se os mercados apresentam comportamento condizente com a HMA, utilizando de diversos testes estatísticos para monitorar a previsibilidade das ações, e averiguando o comportamento da eficiência ao longo do tempo.

Ghazani e Araghi (2014) utilizaram de cotações diárias do mercado de Teerã, Irã, para o período de 28 de março de 1999 a 18 de março de 2013 e, a partir de quatro testes estatísticos, lineares e não lineares, analisaram se os retornos são independentes. Verificou-se que, o resultado de todos os testes sugere um comportamento dinâmico por parte do mercado, condizente com a HMA.

Hiremath e Narayan (2016), averiguam a presença da HMA ao analisarem se o mercado de ações da Índia se tornou mais eficiente durante o tempo. A partir da análise dos índices Sensex e Nifty, para o período de Janeiro de 1991 a Dezembro de 2013, utilizando-se o Coeficiente de Hurst. Hiremath e Narayan (2016) concluíram que o mercado indiano é ineficiente em termos da HME, com a dependência de longo prazo variando ao longo do tempo para ambos os índices.

Urquhart e McGroarty (2016) e Kim, Shamsuddin e Lim (2011) também verificaram comportamentos condizentes com a HMA ao verificarem flutuações na previsibilidade de retorno do mercado. Urquhart e McGroarty (2016) utilizaram dos retornos diários, de 1990 a 2014, dos índices S&P500, FTSE100, NIKKEI225 e EURO STOXX50, se baseando em testes lineares, e não lineares. Já Kim et al. (2011) utilizam dos retornos diários do índice *Dow Jones Industrial Average* (DJIA), para o período de Janeiro de 1900 à Junho de 2009, com base em diversos testes estatísticos (teste de razão de variância, teste de portmanteau, teste espectral generalizado e estatística. Ambos os estudos mostram que a eficiência não é uma condição “tudo ou nada”, encontrando evidência da HMA para cada mercado. Kim, Shamsuddin e Lim (2011) ainda mostram que o índice DJIA apresenta alterações no nível de previsibilidade de acordo com mudanças nas condições do mercado, com comportamentos distintos para crashes, bolhas, e crises econômicas e políticas.

Hull e McGroarty (2014), com a amostra de 22 países e, período de 30/06/1995 à 30/06/2011, estimam a análise de reescalonamento de Hurst–Mandelbrot–Wallis (MANDELBROT; WALLIS, 1969), com janelas temporais de quatro em quatro anos. Khazali e Mirzaei (2017) estudam as anomalias calendário no *Dow Jones Islamic Indices* (DJII) utilizando de análise de variância média e dominância estocástica, do período de 1996 a 2015.

Charles, Darné e Kim (2012) analisam a previsibilidade de das principais taxas cambiais, com retornos diários e semanais de 1975 a 2009, utilizando de testes lineares e não lineares. Todos os três

estudos mencionados encontraram resultados consistentes com a HMA, ao encontrarem presença de memória de longo prazo, o que não condiz com o passeio aleatório da HME.

Já as pesquisas realizadas para o mercado acionário brasileiro não trazem evidências fortes para a HMA. Dourado e Tabak (2013) analisaram os dados diários do Ibovespa para o período de janeiro de 1995 a dezembro de 2012. Com base em testes lineares, razão de variância automática com *wild bootstrap*; e não lineares, teste espectral generalizado. Dourado e Tabak (2013) verificam a eficiência do mercado para quase todos os períodos, de forma a haver uma não rejeição tanto para a HME, quanto para a HMA, com esta última sendo reafirmada devido a correlação encontrada entre os testes de resultados e a volatilidade encontrada.

Por fim, Goulart e Silveira (2018) analisam a previsibilidade dos retornos no mercado acionário brasileiro, para o período de 1995 a 2016. Com base em análises de regressão e testes da hipótese de independência serial, tal estudo verifica a aleatoriedade para a série de retornos, exceto para períodos da crise do *subprime* e para portfólios de empresas menores. Com os resultados não **sendo** propriamente explicados pela HME.

### 2.3 Estimativa de eficiência

É impossível prever os valores das ações de um mercado eficiente, visto que este possui um comportamento de acordo com um “passeio aleatório”, onde os valores apresentam uma medida de correlação serial caracterizada por dependência de curto prazo, de forma a não possuir memória e, apresentando uma distribuição independente e aleatória (FAMA, 1970; LO, 1999; MALKIEL, 2003).

A dependência de curto prazo apresentada pelo mercado pode ser definida pelo conceito de “*strong-mixing*”, que de acordo com Lo (1989):

Rosenblatt (1956), uma medida do declínio em dependência estatística de dois eventos separados por sucessivos maiores espaços de tempo. Heuristicamente, uma série temporal é *Strong-mixing* se a dependência máxima entre quaisquer dois eventos se torna trivial quanto mais tempo se passa entre elas.

Entretanto, diversos estudos afirmam que as séries temporais financeiras possuem, geralmente, volatilidade, de forma a apresentarem desvios da normalidade na forma de movimentos sucessivos na mesma direção (LO, 1999; MALKIEL, 2003). Porém, Mandelbrot (1999) reconhece que o mercado apresenta um número substancial de grandes alterações súbitas, com a magnitude da movimentação dos preços se mantendo consideravelmente constante durante certo período, até aumentar abruptamente. Esse comportamento diverge do modelo gaussiano de distribuição normal que, de acordo com Hull e McGroarty (2014), serve como molde para a HME. Segundo Mandelbrot (1999):

Segundo a teoria do portfólio, a probabilidade dessas grandes flutuações seria de alguns milionésimos de milionésimo de milionésimo de milionésimo. (As flutuações são maiores que 10 desvios-padrão.) Mas, na verdade, observa-se picos regularmente - sempre que todos os meses - e sua probabilidade é de alguns centésimos.

Considerando a presença de *strong-mixing* e dependência de curto prazo (LO, 1989), tem-se que o mercado apresenta um comportamento condizente com o movimento browniano. O qual foi estabelecido por Albert Einstein, em 1905, ao estudar a trajetória aleatória de partículas, sendo definido como o crescimento do deslocamento de acordo com a raiz quadrada do tempo. Caracterizado por ser um “passeio aleatório”, em que os resultados são uma distribuição probabilística gaussiana (MANDELBROT, 1999; KLAFTER; SHLESINGER; ZUMOFEN, 1996).

Mandelbrot (1999) ainda afirma que, as flutuações do mercado são caracterizadas por possuírem um comportamento multifractal. Sendo fractal uma forma geométrica em que, cada parte equivale à uma

versão em escala reduzida do todo. Peters (1989) reconhece que, a geometria fractal identifica padrões consistentes, fornecendo meios de descrever as séries geradas por sistemas não lineares dinâmicos.

Estabelece-se que o mercado apresenta um comportamento característico do movimento fractal browniano, um processo contínuo, que incorpora autossimilaridade, cuja característica básica é a infinidade da amplitude de interdependência entre seus incrementos (KLAFTER; SHLESINGER; ZUMOFEN, 1996; MANDELROT; VAN NESS, 1968).

Dessa forma, sugere-se a utilização da análise de reescalonamento de Hurst, para estimar o nível de eficiência, aleatoriedade, no mercado (LO, 1989).

Harold Edwin Hurst, ao realizar estudos de determinação do tamanho ideal para o reservatório do rio Nilo, descobriu que tal fenômeno exibe um comportamento aleatório tendencioso, caracterizado como um movimento browniano fractal, significando a existência de dependência de longo prazo entre as observações (PETERS, 1989). Dessa forma, Hurst estabelece a análise de reescalonamento, estatística  $R/S$ , que de acordo com Di Matteo (2005), é um método de revelar correlações de longo prazo em processos aleatórios, permitindo distinguir séries temporais aleatórias de séries temporais correlacionadas. Tal análise serve de base para a constituição do Coeficiente de Hurst que, segundo Qian (2004), fornece uma medida para memórias de longo prazo em séries temporais fractais, sendo amplamente utilizada como medida de eficiência.

### 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Seleção da Amostra

Utilizou-se das empresas de maior liquidez da bolsa B3 em 31 de dezembro de 2018, com dados diários obtidos na base de dados Economática, considerando somente aquelas de liquidez superior à 1,55.

Tabela 1 – Lista de Empresas com maior liquidez na bolsa em 31 de dezembro de 2018

Nome da Empresa	Classe	Código	Liquidez 31 Dez 18 1 Mês - Em moeda original
<b>Petrobras PN</b>	PN	PETR4	8,94
<b>Vale</b>	ON	VALE3	5,25
<b>Itau Unibanco</b>	PN	ITUB4	4,00
<b>Bradesco</b>	PN	BBDC4	3,12
<b>Banco do Brasil</b>	ON	BBAS3	2,38
<b>Ambev</b>	ON	ABEV3	2,26
<b>B3</b>	ON	B3SA3	2,21
<b>Itaú AS</b>	PN	ITSA4	2,10
<b>Petrobras ON</b>	ON	PETR3	2,00
<b>Kroton</b>	ON	KROT3	1,58
<b>Gerdau</b>	PN	GGBR4	1,57

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019. Nota: Lista das onze empresas com maior liquidez na bolsa em 31 de dezembro de 2018. Em moeda original, com base nos dados retirados do sítio Economática.

A partir desta amostra inicial, selecionou-se a cotação diária de cada título, no período de 01/01/1995 à 31/12/2018. Filtra-se para cada conjunto de dados somente os dias em que aquela determinada ação foi negociada, com a data início escolhida em razão de ser o primeiro ano completo em que o país teve uma estabilidade nos preços, com redução da inflação pelo Plano Real. Já a data final coincide com o último ano completo, de acordo com o calendário gregoriano, até a data de realização desta pesquisa. No caso das empresas estatais (Petrobras e Banco do Brasil), em razão da influência da mudança governamental, optou-se por também calcular o Coeficiente por períodos de governo, quais

sejam: governo Fernando Henrique, Lula, Dilma e Temer. Com o objetivo de analisar as alterações no comportamento da eficiência destes títulos em função das mudanças governamentais.

Os dados faltantes, em razão da não negociação da ação diária no mercado, não foram considerados. Dessa forma, a data de fechamento só considerou a variação entre dias com negociação. Como as ações selecionadas possuíam elevada liquidez, este aspecto não influenciou o resultado. Duas ações, B3 e Kroton, somente começaram a ser negociadas após a data de início da série, em 2008 e 2013, nesta ordem. Por este motivo, os cálculos destas duas empresas consideraram somente parte do horizonte temporal. Isto inclui a correlação entre uma destas empresas e outra empresa com a série temporal completa (Tabela 5, mas adiante).

Ao se determinar a base para o cálculo, foram utilizados tanto os valores de abertura das cotações quanto os de fechamento e média, realizando-se três cálculos separados para cada ação. Observou-se que a eficiência não variou significativamente (Apêndice A). Por esta razão, utilizou-se os valores de fechamento como base. Já para o cálculo da eficiência do mercado, utilizou-se os valores diários do índice Ibovespa.

Optou-se na utilização de títulos do mercado acionário para a realização do estudo, uma vez que a ecologia do mercado é formada por estes. Desta forma, a pesquisa busca analisar o comportamento da eficiência das ações em si, verificando se estas apresentam um comportamento uniforme. Com tendência a uma maior eficiência ao longo do tempo, conforme a HME, ou se cada ações apresenta seu próprio ambiente, sendo independentes entre si, e entre o mercado.

### 3.2 Coeficiente de Hurst

Para fins de estimativa de eficiência, utiliza-se do Coeficiente de Hurst. O qual estabelece uma medida de memórias de longo prazo em séries temporais fractais. De forma a refletir, em um valor único, a média da aleatoriedade de certa série temporal para determinado período. Tal análise possui diversas versões, por ser inicialmente utilizada para determinar o tamanho ideal da represa do rio Nilo. Assim, para fins da utilização de tal cálculo para o mercado, utiliza-se o método de acordo com o apresentado por Qian et al. (2004) em que:

Série temporal  $X$  estimada a partir do valor de fechamento das ações:

$$X = \text{Log}(F_{(n)} / F_{(n-1)}) \quad (1)$$

Sendo  $F_{(n)}$  o valor do Fechamento da cotação em determinada data, onde:

$$\begin{cases} F_{(n)} = F_{(n-1)}, & \text{Log}(F_{(n)} / F_{(n-1)}) = 0 \text{ e,} \\ F_{(n)} \neq F_{(n-1)}, & \text{Log}(F_{(n)} / F_{(n-1)}) = X. \end{cases}$$

Com os valores de  $X$  para cada data  $n$ , calcula-se o desvio médio acumulado,  $Z$ :

$$Z_n = (X - m) + Z_{n-1} \quad (2)$$

Onde,

$$\begin{aligned} m &= \text{média de } X; \text{ e} \\ Z_0 &= (X - m). \end{aligned}$$

Com os valores  $Z$  para cada dia  $n$  da série, estima-se:

O intervalo dos desvios a partir da média  $R$ :

$$R = \max(Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n) - \min(Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n) \quad (3)$$

Desvio padrão  $S$ :

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(X-m)^2}{n}} \quad (4)$$

Coeficiente de Hurst:

$$H = \frac{\text{Log}(R/S)}{\text{Log}(N)} \quad (5)$$

Sendo que:

$H$  = Coeficiente de Hurst;

$R$  = Intervalo da série (*Máximo* – *Mínimo*);

$S$  = Desvio Padrão; e

$N$  = Número de Observações.

Segundo Peters (1989), quando  $H = 0,5$ , tem-se um comportamento de passeio aleatório puro, com ausência de dependência estatística de longo prazo. Tal qual pode ser observado ao se estimar a dependência entre os valores, onde:

$$C_n = 2^{2H-1} - 1 \quad (6)$$

Onde:

$C_n$  = Correlação durante o período  $n$ .

Quando  $H = 0,5$ , o resultado da correlação é igual a zero; com  $H > 0,5$ , a correlação é positiva, representando uma série persistente; e com  $H < 0,5$ , tem-se correlação negativa, com uma série anti-persistente. De forma que, para a realização deste trabalho, optou-se por subtrair  $\frac{1}{2}$  do Coeficiente de Hurst onde:

Séries temporais anti-persistentes:  $-1/2 > H > 0$ ;

Séries temporais persistentes:  $0 > H > 1/2$ ; e

Séries temporais aleatórias:  $H = 0$ .

Assim, para as análises do Coeficiente de Hurst, utiliza-se como base a aleatoriedade, de forma que, quão mais próximo de zero estiver o coeficiente, melhor a eficiência. Já para a análise da eficiência ao longo tempo, analisa-se os gráficos de  $Z$ , os quais representam os desvios médios acumulados das variações ao longo do tempo. Representando desta forma a eficiência dos títulos. Ressalta-se que para tais gráficos, quanto mais próximo de zero estiver a série  $Z$ , menor a correlação de longo prazo e assim, maior a aleatoriedade e melhor a eficiência.

### 3.3 Métodos Quantitativos Aplicados

Para o cálculo do risco, foi realizada a mensuração pelo Riskmetrics, a qual segue a metodologia desenvolvida pelo J.P. Morgan e detalhadamente exposta por Christoffersen (2003). O risco de um título é dado por uma expressão que relaciona o retorno diário e a variância ao quadrado, ponderado pelos pesos obtidos utilizando programa linear.

Christoffersen (2003) afirma que os pesos são relativamente estáveis, sendo aconselhável usar valores de 94% e 6%. O método de cálculo possibilita que o risco seja medido diariamente, incorporando, rapidamente, as mudanças diárias nos níveis de risco.

Utiliza-se como base para a estimativa do Riskemtrics os valores da série  $X$ , de acordo com os cálculos do Coeficiente de Hurst. De forma que:

Risco, com base na variação  $X$ , para  $n = 1$ :

$$R_1 = \lambda\sigma_X^2 + (1 - \lambda)X_1^2 \quad (7)$$

Risco, com base na variação  $X$ , para momento  $n$ :

$$R_n = \lambda R_{n-1} + (1 - \lambda) X_n^2 \quad (8)$$

Em que:

$R$  = Risco;

$\lambda = 94\%$ ;

$\sigma_X^2$  = Variância da série temporal  $X$ ; e

$(1 - \lambda) = 6\%$ .

Estima-se dessa forma a série temporal  $R$ , com os valores do risco para cada dia  $n$ . Com base em tais dados, tem-se os gráficos de risco, juntamente com os de eficiência, conforme Apêndice B. Já para os cálculos da eficiência dos títulos considerando a variação do mercado, foi utilizado como base para o cálculo de Hurst a variação dos títulos ( $X_a$ ), sendo subtraída a variação mercado ( $X_{Ibov}$ ). De forma que a eficiência ao longo do tempo seja representada por  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ .

Ainda, foram realizados os cálculos de estatística descritiva (média, mediana, máximo, mínimo, desvio padrão, curtose e assimetria) para os valores de fechamento, e os valores de eficiência conforme a série temporal  $Z$ .

Estima-se também a Correlação de Pearson entre: a eficiência  $Z_a$  das empresas entre si;  $Z_a$  e a eficiência do mercado; e  $Z_a$  e  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ . Sendo tais correlações somente para os dias em que todas as empresas tiveram negociação. Verifica-se ainda se tais níveis de correlação apresentaram significância em 1%.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Estatística Descritiva

Com base nos valores diários de Fechamento, calcula-se as principais Estatísticas Descritivas, utilizando-se de máximo, mínimo, média, mediana, desvio-padrão, curtose e assimetria. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatística Descritiva do Fechamento das Ações

	Quantidade	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Curtose	Assimetria
<b>Petrobras PN</b>	5931	38,1779	0,2657	11,0480	10,3132	8,6073	-0,8603	0,4402
<b>Vale</b>	5794	62,2000	0,3409	17,0014	15,7590	14,3574	-0,7338	0,4740
<b>Itaú Unibanco</b>	5935	33,6935	0,1201	7,6466	6,5808	7,4696	1,0428	1,1649
<b>Bradesco</b>	5932	31,4857	0,1436	7,4235	6,3758	7,2091	0,3711	0,9844
<b>Banco do Brasil</b>	5909	44,8809	0,4967	10,0974	7,9567	9,5428	0,3198	0,9010
<b>Ambev</b>	5539	23,5777	0,0649	6,2166	2,6641	6,7453	-0,8153	0,8666
<b>Itaú SA</b>	5928	11,3905	0,0388	2,5332	2,0334	2,5722	0,8982	1,1125
<b>Petrobras ON</b>	5919	50,2999	0,2217	13,2190	12,5531	6,7453	-0,3359	0,6633
<b>Gerdau</b>	5908	34,2568	0,0869	8,6753	8,0847	7,5176	-0,6148	0,5077
<b>B3*</b>	2562	28,0476	2,6468	11,6483	9,5988	5,5143	0,3194	1,1566
<b>Kroton*</b>	1482	20,1592	4,5021	11,1367	10,9447	3,2724	-0,5984	0,1078

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019. Nota: Estatística Descritiva (quantidade, máximo, mínimo, média, mediana, desvio padrão, curtose e assimetria) com base nos dados de Fechamento retirados na base de dados Econômica. Realiza-se os cálculos somente para os dias em que houve cotação, de 02/01/1995 até 31/12/2018. (\*) Quantidade de dados destas empresas é menor em razão de terem aberto o capital após 1995, com B3 entrando na bolsa em 20/08/2008; e Kroton em 02/01/2013.

Todos os valores de fechamento possuem assimetria positiva, indicando que a maioria destes valores são menores do que suas respectivas médias, estando entre as médias e os valores de mínimo. Considerando a curtose de fechamento das ações, verifica-se que Itaú Unibanco, Itaú SA, Bradesco,

Banco do Brasil e a B3 possuem curtose positiva, significando uma maior quantidade de valores que se distanciam da média (função leptocúrtica).

Já as ações da Petrobras PN, Vale, Ambev, Petrobras ON, Gerdau e Kroton possuem uma curtose negativa, apresentando valores que se encontram mais próximos da média (função platicúrtica).

Estima-se ainda a Estatística Descritiva para a eficiência  $Z$ , conforme apresentado no cálculo da estimativa de Hurst, representando assim a série temporal para a eficiência:

Tabela 3 – Estatística Descritiva Série Temporal  $Z$

	Quantidade	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Curtose	Assimetria
<b>Petrobras PN</b>	5930	2,1759	-1,2746	0,6330	0,6857	0,6736	-0,7104	-0,0883
<b>Vale</b>	5793	1,7057	-1,6043	0,9378	0,1094	0,7089	-0,8744	0,0328
<b>Itaú Unibanco</b>	5934	1,3375	-0,4298	0,4819	0,4754	0,4156	-1,0898	0,0792
<b>Bradesco</b>	5931	1,1488	-0,6245	0,2565	0,2238	0,3457	-0,2451	0,4855
<b>Banco do Brasil</b>	5908	0,5882	-1,6084	-0,4170	-0,3210	0,5365	-0,7838	-0,3838
<b>Ambev</b>	5538	1,6231	-0,2186	0,8181	0,8635	0,3359	0,2463	-0,3265
<b>Itaú SA</b>	5927	1,2840	-0,7913	0,3054	0,2184	0,4066	-0,6580	0,4927
<b>Petrobras ON</b>	5918	2,5345	-0,9669	0,8325	0,9515	0,8015	-1,0720	-0,0986
<b>Gerdau</b>	5907	2,7345	-1,0691	0,7585	0,6692	0,9360	-1,0502	0,0509
<b>B3*</b>	2561	0,0991	-1,1016	-0,3031	-0,2623	0,2177	-0,4339	-0,4898
<b>Kroton*</b>	1481	1,0198	-0,0660	0,4943	0,5107	0,2471	-0,8384	0,0134

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Estatística Descritiva (quantidade, máximo, mínimo, média, mediana, desvio padrão, curtose e assimetria) baseados nos valores de eficiência, série temporal  $Z$ , diários, somente para os dias em que houve cotação, de 02/01/1995 à 31/12/2018. (\*) Quantidade de dados destas empresas é menor em razão de terem aberto o capital após 1995, B3 entrando na bolsa em 20/08/2008; e Kroton em 02/01/2013.

Itaú SA, Bradesco e Itaú Unibanco apresentaram assimetria positiva, com a maior parte de seus valores entre a suas respectivas médias (positivas), e valores de mínimo (negativos), fluuando próximos à zero e, devido à curtose negativa, às médias. Já as ações da Petrobras ON, Petrobras PN, Ambev, Banco do Brasil e B3 possuem assimetria negativa, com a maioria de seus valores entre a média e o máximo. De acordo com a curtose, todas exceto a Ambev possuem valores de  $Z$  próximos às respectivas médias. Uma vez que, Petrobras ON, Petrobras PN e Ambev possuem suas médias e máximos elevados, a tendência é de seus valores se encontram distantes de zero. Já Banco do Brasil e B3 possuem médias negativas e os menores valores de máximo, significando que a tendência é de valores próximos à zero.

De acordo com o apresentado, verifica-se que todas as ações de assimetria positiva possuem a maior parte de valores de  $Z$  próximos a zero. Já as de assimetria negativa são divididas entre aquelas de médias elevadas, de pior eficiência, e as de média negativa, de melhor eficiência.

Em relação as ações próximas à simetria de valores, Kroton possui um elevado valor de mínimo, baixo de máximo e com média próxima à zero, caracterizando valores de eficiência próximos à zero. Já Vale e Gerdau apresentam simetria combinada com elevados valores de máximo, baixos valores de mínimo, médias elevadas e curtose positiva, sendo caracterizados por possuírem a maior parte de seus valores próximos a média e distribuídos de forma semelhante, com valores de  $Z$  distantes de zero.

#### 4.2 Análise dos Resultados Específicos

Estima-se o nível de eficiência, Coeficiente de Hurst, para as ações selecionadas a seguir:

Tabela 4 – Valores do Coeficiente Hurst

Ações	Hurst	Ações	Hurst
Banco do Brasil ON	-0,0027	Ambev ON	0,0236
Kroton ON*	0,0051	Petrobras ON	0,0494
Itaú Unibanco PN	-0,0055	Petrobras PN	0,0514
Bradesco PN	-0,0077	Vale ON	0,0526
Itaú SA PN	0,0148	Gerdau PN	0,0603
B3 ON*	-0,0151	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Coeficiente de Hurst para as 11 ações de maior liquidez do Ibovespa em 31/12/2018, para o período de 01/01/1995 a 31/12/2018 (23 anos). Ordenado por nível de eficiência. (\*) Kroton e B3 foram negociadas durante menor período, conforme Tabela 3.

De acordo com a Tabela 4, as ações que apresentaram maior tendência a um passeio aleatório foram Banco do Brasil, Kroton, Itaú Unibanco e Bradesco. Já as ações com menor tendência à aleatoriedade foram Gerdau, Vale, Petrobras PN e Petrobras ON.

Observa-se que  $H < 0$  indica séries anti-persistentes, com mudanças de sinais mais frequentes do que séries aleatórias; e que  $H > 0$  indica séries persistentes, com maior tendência a continuarem positivas ou negativas (KRISTOUFEK, 2012). Tal comportamento pode ser observado pelos gráficos de  $Z$ , presentes no Apêndice B, onde séries anti-persistentes, melhor eficiência, apresentam mais variações ao longo do tempo, enquanto séries persistentes, de pior eficiência, tendem a apresentar um maior reescalamento. Com exceção de Kroton que, apesar de ser a segunda de melhor eficiência, apresenta uma série persistente.

Os gráficos de  $Z$  apontam que as ações não se tornam mais eficientes ao longo do tempo, conforme a HME, apresentando um comportamento dinâmico, previsto pela HMA, com flutuações influenciadas por fatores externos, como o risco. Para as ações mais eficientes, tem-se a série  $Z$  com flutuações próximas à zero.

Uma vez que  $H$  representa a média da eficiência para essa janela temporal de 23 anos, período repleto de crises econômicas e políticas, tal Coeficiente mostra que os bancos reagiram melhor ao longo do tempo às alterações na ecologia do mercado. Kroton iniciou seu período de negociação em 2013, não havendo passado pelas crises de 1999 e 2008, de tal forma que o mesmo não pode ser afirmado para essa ação. Já para as empresas de pior eficiência, todas estas (Gerdau, Vale e Petrobras) apresentaram esquemas de corrupção durante o período selecionado. O que pode ter levado a uma aversão ao risco por parte dos investidores, que perdem confiança em tais empresas, levando a redução no número de competidores, conforme previsto por Horta et al. (2014).

Ressalta-se que Hurst não possui padrão para níveis de significância, o que impossibilita afirmar a partir de qual ponto a ação se torna ineficiente, ou, eficiente, em sua forma fraca; moderada; ou forte, de acordo com as definições de Fama (1970).

### 4.3 Correlação entre Eficiências

A fim de verificar se o comportamento da eficiência  $Z$  das ações são similares, calcula-se a correlação entre esses:

Tabela 5 – Correlação entre eficiências (Z)

	Ibovespa	Petr. PN	Vale	Itaú Uni	Bradesco	B. do Brasil
<b>Ibovespa</b>	1	0,9001	0,6710	0,8699	0,8869	0,3773
<b>Petrobras PN</b>		1	0,8304	0,9061	0,8721	0,4076
<b>Vale</b>			1	0,6690	0,7524	0,7153
<b>Itaú Unibanco</b>				1	0,8574	0,2065
<b>Bradesco</b>					1	0,5508
<b>Banco do Brasil</b>						1
<b>Itaú SA</b>						
<b>Petrobras ON</b>						
<b>Gerdau</b>						
<b>Ambev*</b>						
<b>B3*</b>						
<b>Kroton*</b>						

	Itaú SA	Petr. ON	Gerdau	Ambev*	B3*	Kroton*
<b>Ibovespa</b>	0,8478	0,8663	0,7558	0,3420	0,3193	-0,0525
<b>Petrobras PN</b>	0,9035	0,9862	0,9038	0,4103	0,2013	0,0012
<b>Vale</b>	0,8863	0,8122	0,9313	0,4297	0,2599	-0,2072
<b>Itaú Unibanco</b>	0,8610	0,9165	0,7727	0,3891	0,2512	0,1675
<b>Bradesco</b>	0,9346	0,8361	0,7705	0,3300	0,2663	0,1568
<b>Banco do Brasil</b>	0,6295	0,3326	0,5801	0,1530	0,5145	0,2005
<b>Itaú SA</b>	1	0,8854	0,8932	0,4284	0,2458	0,0551
<b>Petrobras ON</b>		1	0,8901	0,4350	0,1839	-0,0860
<b>Gerdau</b>			1	0,4781	0,2505	-0,1033
<b>Ambev*</b>				1	-0,2502	-0,0775
<b>B3*</b>					1	-0,0276
<b>Kroton*</b>						1

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Correlação de Pearson entre ações para período de 01/01/1995 a 31/12/2018. Em vermelho, valores que não apresentaram significância em 1%. Utilizou-se somente os dias em que todas as ações tiveram cotação, com 5735 dias para todas exceto Ambev, B3 e Kroton. Tais ações tiveram cálculos de correlação separados, com 5399 dias para Ambev; 2561 dias para B3; e 1481 dias para Kroton.

Banco do Brasil apresentou baixos índices de correlação, com maiores valores para Vale, Itaú SA e Gerdau; e menores para Ambev, Kroton e Itaú Unibanco. Apesar de Banco do Brasil ser a ação mais eficiente, seu comportamento de Z é menos similar ao de outras de melhor eficiência, como Kroton e Itaú Unibanco, sendo mais próximo à Vale e Gerdau.

Kroton, apesar de ser a segunda mais eficiente, apresentou os menores índices de correlação, não significativa à 1% para Ibovespa, Petrobras PN, Itaú SA e B3. Com correlações negativos para Vale, Petrobras ON, Gerdau e Ambev, sendo significantes, porém com valores substancialmente inferiores. Tal comportamento pode ser justificado devido a Kroton ter o início de suas negociações na bolsa somente em 2013.

Itaú Unibanco, a terceira ação mais eficiente, apresentou maior correlação com Petrobras ON, Petrobras PN e Ibovespa; e menor correlação com Kroton, Banco do Brasil e B3. Já Bradesco tem como maior correlação Itaú SA, Ibovespa e Petrobras PN; e menor entre Ambev, B3 e Kroton, seguida por Banco do Brasil.

Petrobras PN, tem como melhor correlação Petrobras ON, Itaú Unibanco e Gerdau; Vale com Gerdau, Itaú SA e Petrobras ON; e Gerdau com Petrobras PN, Vale e Itaú SA. Já para o índice Ibovespa, tem-se altos índices de correlação para todas as ações exceto Banco do Brasil, Ambev, B3 e Kroton.

Logo, ações de  $H$  próximos, eficiência média, não apresentam suas séries temporais de eficiência ( $Z$ , série temporal de eficiência), necessariamente similares. Tal comportamento condiz com o apresentado por Urquhart e McGroarty (2016), os quais afirmam que, mercados se adaptam de formas distintas, não apresentando altos níveis de similaridade entre previsibilidades. Assim, as ações aqui apresentadas possuem ambientes distintos entre si, podendo reagir assim formas dissimilares a eventos do mercado.

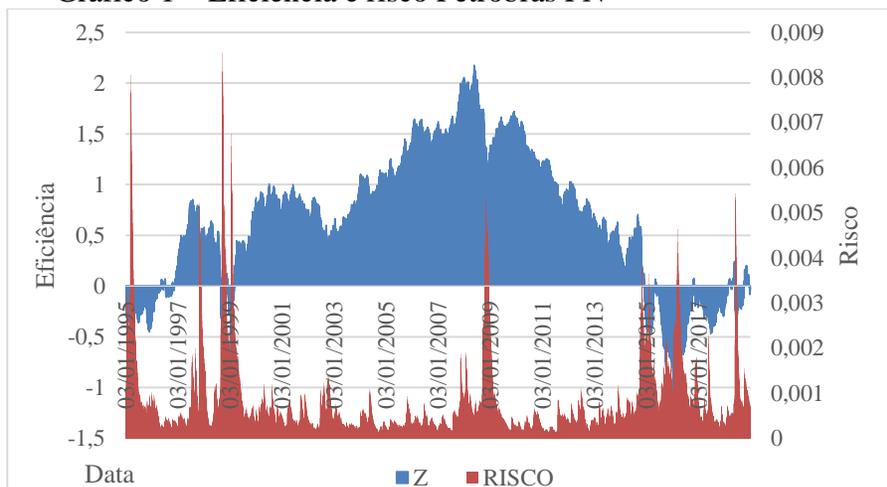
## 4.4 Análises Adicionais

### 4.4.1 Risco e Eficiência

Estima-se os níveis de risco, a partir do *Riskmetrics*, e a correlação de Pearson entre risco e eficiência. Verifica-se que todas as correlações foram negativas das quais, somente Itaú Unibanco não apresentou significância em 1% (Apêndice C). De forma a significar que, quando há um crescimento em uma variável, há um decréscimo da outra.

Pode-se observar a partir do Gráfico 1 que, o risco se comporta de maneira dinâmica, sofrendo alterações ao longo do tempo, com variações negativas da eficiência para períodos de maior risco.

Gráfico 1 – Eficiência e risco Petrobras PN



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Nota: Os dados em azul representam a eficiência  $Z$ , que é relativo ao eixo  $Y$  à esquerda do gráfico. Já os dados em laranja representam o Risco, medidos de acordo com o eixo  $Y$  à direita.

A variação da eficiência pode ser observada tanto a partir de uma análise temporal de  $Z$ , quanto a partir do Coeficiente médio  $H$ . Em relação a série  $Z$  todas as ações (com correlação significativa) apresentaram uma variação negativa nos momentos de maior risco, como pode ser observado no Apêndice B. Tal comportamento não está de acordo com a HME pois, representa um desvio no modelo gaussiano de distribuição normal (HULL; MCGROARTY, 2014). De forma a ser ocasionado pela aversão ao risco, não representando necessariamente uma melhora para a eficiência.

Já em relação ao Coeficiente de Hurst, esse apresenta comportamento inconsistente para os períodos de maior risco. Isso pode ser observado ao se comparar valores entre os períodos pré- crise e os períodos de crise, e entre os períodos de crise e os de períodos pós- crise, analisando-se conforme os anos em que houve elevado risco para cada ação.

Todas as empresas apresentaram um risco elevado ao final de 2008, crise do *Subprime*. Ao se comparar  $H_{2007}$  e  $H_{2008}$ , há uma melhora na eficiência para Banco do Brasil, Itau SA, Petrobras ON e Petrobras PN; e piora para Bradesco, Ambev, Vale e Gerdau. Já entre  $H_{2008}$  e  $H_{2009}$ , há uma melhora para todas as ações exceto Banco do Brasil e Bradesco (Tabela 6).

O período de 1995 e 1999 apresentou altos níveis de risco, com um comportamento diversificado deste entre as empresas. Ressalta-se para tal período a crise cambial de 1999, com a maioria das empresas apresentando um risco elevado no início deste ano, com uma melhora da eficiência entre  $H_{1998}$  e  $H_{1999}$  para Itaú SA, Ambev e Gerdau. No período pós crise, houve uma melhor eficiência para todas essas, exceto Ambev, como pode ser observado pela tabela a seguir:

Tabela 6 – Hurst por ano para períodos de crise

	HURST					
	1998	1999	2000	2007	2008	2009
<b>Banco do Brasil ON</b>	0,0320	0,0020	0,0003	-0,0153	0,0091	<b>0,0291</b>
<b>Bradesco PN</b>	0,0466	<b>0,0865</b>	0,0126	-0,0069	<b>-0,0165</b>	<b>0,0183</b>
<b>Itaú SA PN</b>	0,0681	0,0297	0,0160	-0,0317	0,0245	0,0104
<b>Ambev ON</b>	0,0338	-0,0174	<b>-0,0417</b>	0,0320	<b>-0,0378</b>	0,0177
<b>Petrobras ON</b>	0,0804	<b>0,1099</b>	0,0234	0,0403	0,0340	0,0010
<b>Petrobras PN</b>	0,0646	<b>0,0892</b>	-0,0065	0,0435	0,0426	-0,0281
<b>Vale ON</b>	0,0165	<b>0,0461</b>	0,0108	0,0162	<b>0,0391</b>	-0,0234
<b>Gerdau PN</b>	0,0655	0,0641	0,0345	-0,0189	<b>0,0920</b>	0,0501

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Nota: Estimativa do Coeficiente de Hurst por ano para ações que tiveram negociação durante ambas as crises, e apresentaram significância entre eficiência e risco. Ordem da tabela de acordo com empresa mais eficiente para período de 1995 a 2018.

Banco do Brasil, Bradesco, Petrobras ON e Petrobras PN, apresentaram elevados níveis de risco anterior a 1999, com Banco do Brasil exibindo maior risco em 1996 (com o período de 1996 a 1999 de risco elevado para tal ação), e Bradesco, Petrobras ON e Petrobras PN em 1995. Com exceção de 1996 e 2000, houve inconsistência na performance da eficiência entre os anos, com 1996 e 2000 apresentando melhora em comparação com os respectivos anos anteriores para todas as ações.

Tabela 7 – Hurst por ano para períodos de maior risco

	$H_{1996}$	$H_{1997}$	$H_{1998}$	$H_{1999}$	$H_{2000}$
<b>Banco do Brasil ON</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>M</b>	M
<b>Bradesco PN</b>	M*	P	<b>M</b>	<b>P</b>	M
<b>Petrobras PN</b>	M*	M	<b>P</b>	<b>P</b>	M
<b>Petrobras ON</b>	M*	P	<b>P</b>	<b>P</b>	M

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Nota: Alterações no Coeficiente de Hurst de acordo com o ano. Comparação entre  $H_n$  e  $H_{n-1}$  onde,  $H_{1996}$  representa se houve uma Melhora (M) ou Piora (P) para a eficiência entre  $H_{1995}$  e  $H_{1996}$ . Os valores para Hurst dos anos apresentados podem ser verificados no Apêndice D. M\*/P\* = Período pós ano com alto nível de risco. **M / P** = Período com alto nível de risco.

Tal inconsistências no comportamento das ações durante períodos de maior risco pode ser explicada pela própria HMA, que sugere que durante períodos de crise econômica, há alterações no comportamento dos investidores, devido a adaptabilidade a novas situações, alterando o modo com que estes processam informações para cada ambiente distinto.

Assim, a fim de verificar possíveis motivos para as alterações aqui apresentadas, Kristoufek (2012) afirma que, durante crises financeira, curtos horizontes de investimentos são mais preferíveis por

investidores, de forma a diminuir o reescalonamento, ocasionando queda para Hurst e melhora na eficiência. Já Horta, Lagoa e Martins (2014) apontam maior tendência à memória de longo prazo durante períodos de crise (*Subprime*), devido à diminuição na base de investidores e na liquidez. Ainda, tem-se o conceito de Exuberância Irracional de Shiller (2003), que trata da supervalorização do mercado como indício de ineficiência, pois não representa o valor real, com a crise levando a uma normalização de valores, levando a uma melhora para a eficiência.

Dessa forma, de acordo com a Tabela 6, as ações que apresentaram queda em Hurst e melhora na eficiência, como previsto por Kristoufek (2012) foram: Em 1999, Banco do Brasil, Itaú SA, Ambev e Gerdau; e em 2008, Petrobras ON e Petrobras PN. Já Bradesco e Ambev tiveram queda em Hurst durante a crise do *Subprime*, porém, piora para eficiência, o que está de acordo com Horta et al. (2014). Tal piora em Hurst prevista por Horta et al. (2014) também pode ser observada para: Em 1999, Bradesco, Petrobras ON, Petrobras PN e Vale; e em 2008, Vale e Gerdau. Por fim, Banco do Brasil e Itaú SA obtiveram crescimento de Hurst em 2008, porém, acompanhado com melhora na eficiência, o está de acordo com a Exuberância Irracional de Shiller (2003), conceito que também se aplica para a melhora na eficiência para os períodos de pós-crise.

Itaú Unibanco não apresentou correlação significativa entre eficiência e risco. Assim, de acordo com a HMA, esta ação não apresenta grandes alterações nos comportamentos de seus investidores durante períodos de maior risco, sendo este um fator que não altera significativamente o ambiente para tal título.

#### 4.4.2 Eficiência Considerando a Variação de Mercado

Com as variações das ações,  $X_a$ , possuindo a própria variação de mercado,  $X_{Ibov}$ , embutidos em si. Estima-se o Coeficiente de Hurst das ações considerando a variação de mercado, a fim de se retirar este fator externo. Para o cálculo deste, utiliza-se como base a série de eficiência  $Z$ , estimada a partir da subtração da variação de mercado das variações das respectivas ações,  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ .

Logo, avalia-se a correlação entre as eficiências das ações  $Z_{X_a}$  e as eficiências pós-mercado  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ ; e entre  $Z_{X_a}$  e a eficiência Ibovespa  $Z_{Ibov}$ .

Tabela 8 – Correlações das Eficiências  $Z$

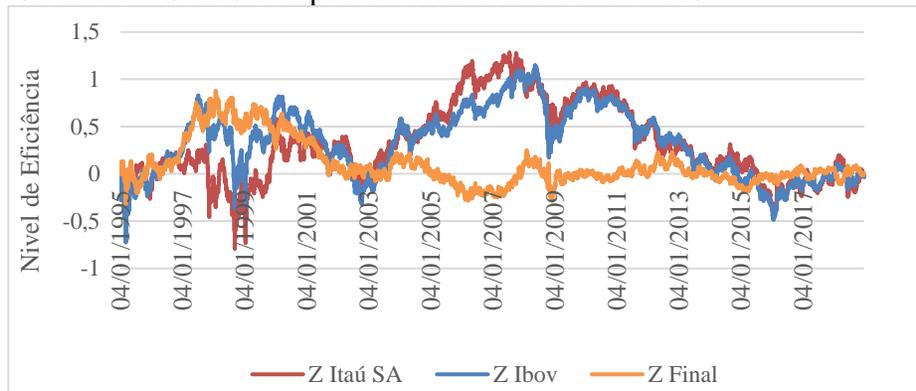
Ação	$Z_{X_a} \times Z_{(X_a - X_{Ibov})}$	$Z_{X_a} \times Z_{X_{Ibov}}$
Banco do Brasil ON	0,7832	0,3773
Kroton ON	0,8508	-0,0525
Itaú Unibanco PN	0,5024	0,8699
Bradesco PN	0,1603	0,8869
Itaú SA PN	-0,4189	0,8470
B3 ON	0,4673	0,3193
Ambev ON	0,2427	0,3419
Petrobras ON	0,9371	0,8663
Petrobras PN	0,9139	0,9001
Vale ON	0,7838	0,6709
Gerdau PN	0,9001	0,7557

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Correlação de Pearson entre valores diários da eficiência das ações ( $Z_{X_a}$ ) e eficiência considerando a variação do mercado ( $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ ); e entre a eficiência das ações ( $Z_{X_a}$ ) e a eficiência do mercado ( $Z_{X_{Ibov}}$ ). Em vermelho, aquelas cuja correlação não foi significativa à 1%. Período utilizado de 01/01/1995 a 31/12/2018.

Itaú SA apresentou correlação negativa  $Z_{X_a} \times Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ , com um comportamento oposto entre essas. De acordo com o Gráfico 2, pode-se observar que a eficiência de Itaú SA é similar à do Ibovespa,

havendo momentos em que o  $Z$  desta ação era somente  $Z$  do próprio mercado, o que também pode ser observado pela alta correlação entre essas na Tabela 8.

Gráfico 2 – Séries Temporais de eficiência  $Z$  - Itaú AS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

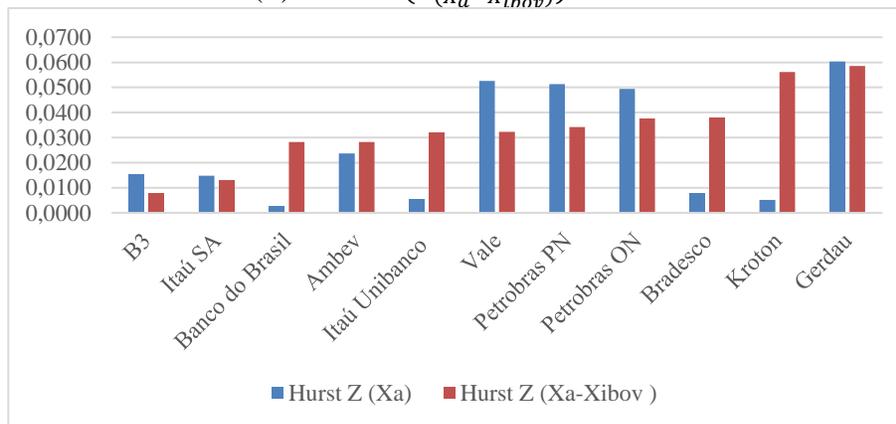
Nota: Gráfico representativo do comportamento das séries temporais:  $Z_{Itaú SA}$ , em laranja;  $Z_{Ibov}$ , em azul; e  $Z_{(X_{Itaú} - X_{Ibov})}$ , em verde. Período apresentado de 01/01/1995 a 31/12/2018.

Ao retirar a variação do Ibovespa da base de cálculo,  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$  se aproxima de zero se tornando a segunda ação mais eficiente em  $H_{Z_{(X_a - X_{Ibov})}}$  (Gráfico 3).

Bradesco e Itaú Unibanco apresentaram baixos níveis de correlação  $Z_{X_a} \times Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ , alta correlação entre  $Z_{X_a} \times Z_{(X_{Ibov})}$ , e piora na eficiência  $H_{Z_{(X_a - X_{Ibov})}}$ . Desta forma, tem-se que a variação do mercado era parte significativa de tais ações, com a aleatoriedade do mercado contribuindo diretamente na eficiência destas.

Vale, Petrobras PN, Petrobras ON e Gerdau apresentaram altos índices de correlação, com tanto  $Z_{X_a} \times Z_{(X_a - X_{Ibov})}$  quanto  $Z_{X_a} \times Z_{(X_{Ibov})}$ , com um  $\Delta H$  negativo, conforme Gráfico 3, significando melhora na eficiência. Tais ações se comportam de maneira similar ao mercado, de forma que, ao se considerar a variação deste, essas continuam apresentando altos índices de correlação, e, melhora na eficiência, pois a influência do mercado alavancava as variações destas.

Gráfico 3 – Hurst ( $Z$ ) x Hurst ( $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ )



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Nota: Valores apresentados representam o módulo para ambos os Coeficientes. Ordenado de acordo com a mais eficiente em  $H_{Z_{(X_a - X_{Ibov})}}$ . Valores de  $H_{Z_{(X_a)}}$  negativos para: B3; Banco do Brasil, Itaú Unibanco e Bradesco. Já para  $H_{Z_{(X_a - X_{Ibov})}}$ , tem-se Hurst negativo para: B3; Itaú SA; Itaú Unibanco e Bradesco. Período utilizado para cálculo de 01/01/1995 a 31/12/2018. Valores dos coeficientes presentes no Apêndice E.

Kroton, originalmente a segunda mais eficiente, torna-se em  $H_{Z(X_a-X_{Ibov})}$  uma das de menor eficiência. Isso se dá, pois, a variação do mercado deslocava  $Z$  da Kroton para baixo, o que a tornava mais eficiente. Esse efeito do Ibovespa nessa ação também pode ser observado pela correlação  $Z_{X_a} \times Z_{X_{Ibov}}$  ser negativa e não significativa, que reflete o comportamento oposto entre Kroton e o mercado.

Banco do Brasil se torna menos eficiente em  $H_{Z(X_a-X_{Ibov})}$ . Observa-se que a variação do mercado alavancava  $Z$  desta ação, de forma que ao se retirar  $X_{Ibov}$ , a eficiência  $Z$  de Banco do Brasil se torna ainda mais negativa, se distanciando de zero e se tornando uma série persistente. Isso pode ser observado pelo  $H_{Z(X_a-X_{Ibov})}$  positivo no Gráfico 3.

Destaca-se que há limitações para essa análise devido ao fato de  $X_{Ibov}$  ter embutido em seu valor  $X_a$ ; ter-se-ia assim que remover de  $X_{Ibov}$  a parcela que representa  $X_a$  para cada ação individualmente, considerando as alterações na proporção desta parcela ao decorrer do tempo.

#### 4.4.3 Eficiência das Empresas Governamentais por Mandato

Utilizando-se de  $Z_{(X_a-X_{Ibov})}$ , foram estimados os valores de  $H_{Z(X_a-X_{Ibov})}$ , para as empresas governamentais considerando o mercado, de acordo com as janelas temporais dos mandatos presidências de 1995 a 2018.

Tabela 9 – Hurst (Considerando o Ibovespa) por Mandato Presidencial

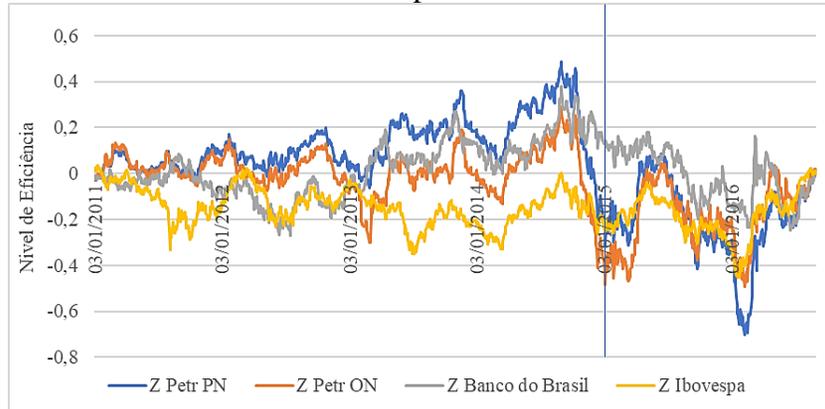
	Hurst			
	Petrobras PN	Petrobras ON	Banco do Brasil	Ibovespa
<b>FHC</b>	0,0368	0,0454	0,0211	0,0357
<b>Lula</b>	0,0207	0,0360	-0,0303	0,0212
<b>Dilma</b>	0,0584	-0,0030	-0,0123	-0,0193
<b>Temer</b>	0,0010	0,0327	0,0562	-0,0223
<b>Geral</b>	0,0342	0,0377	0,0282	0,0167

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Valor de  $H_{Z(X_a-X_{Ibov})}$  das ações da Petrobras PN, Petrobras ON, Banco do Brasil e do Ibovespa por mandato presidencial sendo, FHC de 02/01/1995 – 31/12/2002; Lula de 02/01/2003 – 31/12/2010; Dilma de 02/01/2011 – 30/08/2016; Temer de 01/09/2016 – 31/12/2018; e Geral representando o período completo de 02/01/1995 – 31/12/2018. Ressalta-se que o número de dias negociados varia de governo para governo e, no caso de FHC, de ação para ação (Apêndice F).

De acordo com o apresentado na Tabela 9, verifica-se que os mandatos presidenciais que apresentaram melhores níveis de eficiência foram, governo Dilma para as ações da Petrobras ON, Banco do Brasil e para o Ibovespa; e Governo Temer para Petrobras PN.

Conforme observado previamente no Gráfico 1 e, de acordo com os gráficos no Apêndice B, o período de 2014 a 2018 apresenta alto risco. Desta forma, o decréscimo de Hurst para Banco do Brasil e Petrobras ON neste período pode ser justificado, de acordo com a HMA, pela mudança do comportamento dos investidores visto as alterações no ambiente. De acordo com Kristoufek (2012), em mercados estáveis, os horizontes de investimento são representados de forma uniforme, não havendo preferências por parte dos investidores. Porém, em “momentos críticos”, como períodos de maior risco, investidores de longo prazo se retraem, abrindo espaço para investidores de curto prazo, que aumentam suas atividades, ocasionando queda em Hurst para períodos anteriores e durante grandes turbulências.

Gráfico 4 – Eficiência mandato presidencial Dilma Rousseff.



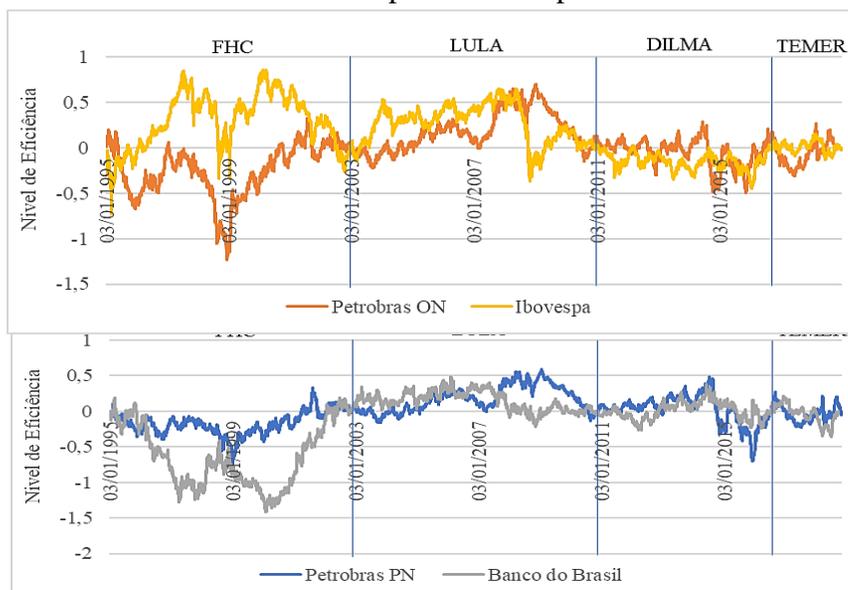
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Nota: Eficiência  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$  para ações de empresas governamentais e mercado, estimadas para os mandatos Dilma, de 01/01/2011 a 31/12/2014 e, 01/01/2015 a 30/08/2016.

Observa-se pelo Gráfico 4 que,  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$  de todas as ações aqui apresentadas possuem um comportamento similar, com uma tendência ao crescimento a partir de março de 2014, data de início da operação lava-jato (Brasil, 2020). Tal ocorrência afetou principalmente as ações da Petrobras PN e Petrobras ON, dado que ambas apresentaram seu máximo, para essa janela temporal, em 02/09/2014. A partir de outubro do mesmo ano, se iniciou uma queda gradual de  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$  época de reeleição de Dilma, que também foi um período de maior risco.

Ao contrário das demais, Petrobras PN teve seu pior desempenho de Hurst para o período do governo Dilma, havendo crise para essa empresa nesse período. De forma a ocasionar prejuízos em 2014, não havendo distribuição de dividendos para esse exercício. Esse período de turbulência pode ter levado a uma diminuição na base de investidores, e na liquidez de tal empresa, levando a uma piora para a eficiência (HORTA et al., 2014).

Gráfico 5 – Eficiência por mandato presidencial.



Fonte: Elaborado pelos autores. Nota: Série temporal  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$ , por mandato presidência. Linhas em azul representam mudança de governo onde, FHC de 02/01/1995 – 31/12/2002; Lula de 02/01/2003 – 31/12/2010; Dilma de 02/01/2011 – 30/08/2016; Temer de 01/09/2016 – 31/12/2018.

Petrobras PN apresentou melhor índice de eficiência durante o governo Temer, que também foi o governo de menor número de dias (Apêndice F). Considerando o analisado anteriormente, pode-se dizer que tal melhora na eficiência seja devido ao fato de ser um período pós-crise para Petrobras PN, com um aumento na base de investidores e liquidez, não estando necessariamente ligado ao governo Temer em si, mas sim, ao término do governo Dilma. Por outro lado, Banco do Brasil teve seu pior desempenho durante o governo Temer. Já Petrobras ON e Ibovespa obtiveram pior nível de eficiência durante o governo de FHC. com maior variações para  $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$  durante crise de cambial de 1999, como pode ser observado pelo Gráfico 5.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente estudo foi verificar a HMA a partir da análise de eficiência das onze ações de maior liquidez do Ibovespa, na data de 31/12/2018, para o período de 01/01/1995 a 31/12/2018, utilizando-se como método de cálculo a análise de reescalonamento de Hurst.

Os resultados mostram que as eficiências das ações selecionadas se comportam de forma dinâmica, sendo influenciada por fatores como o risco. O nível de eficiência médio, representado pelo Coeficiente de Hurst, aponta maior aleatoriedade para as instituições financeiras, e maior memória de longo prazo para as empresas com casos de corrupção.

Foi analisado ainda a correlação entre o risco e a eficiência; a eficiência considerando a variação do mercado; e conforme janelas temporais dos mandatos presidências, para as empresas governamentais. Tal pesquisa agrega a crescente literatura sobre a HMA, trazendo novas perspectivas para o comportamento dos títulos do mercado acionário brasileiro, de forma a contribuir tanto academicamente para o assunto, quanto para investidores que buscam se familiarizar mais com o comportamento do mercado.

A análise entre eficiência e risco mostra a correlação negativa entre esses dois fatores, sendo que, apesar de haver variação negativa para série temporal de eficiência  $Z$ , não há consistência em relação à melhora ou piora da eficiência, com  $H$  variando de ação em ação. Ao se considerar a variação do mercado, verifica-se que esta influencia  $Z$  de todas as ações, tornando-as mais eficientes ou não. Por fim, para empresas governamentais, estimou-se  $Z_{((X_a - X_{Ibov}))}$ , de acordo com mandatos presidências, em que Petrobras PN teve seu melhor desempenho durante o governo Temer. Já Banco do Brasil, Petrobras ON e Ibovespa obtiveram melhores índices de eficiência para o governo Dilma. Tais divergências entre o comportamento das eficiências para todas as análises podem ser justificadas pelas alterações no comportamento de investidores, de forma a mostrar diferentes heurísticas destes de acordo com alterações em cada ambiente (ação) específico.

Ressalta-se a existência de limitações para o estudo, tais como o tamanho da amostra, início somente em 1995 devido à crise inflacionária do período anterior; a falta de cálculo para estimar a significância do Coeficiente de Hurst; e, para eficiência considerando o mercado, a não retirada da parcela referente as ações do valor de  $X_{Ibov}$ , uma vez que  $X_{Ibov}$  possui  $X_a$  embutido em seu valor.

Para futuras pesquisas, sugere-se a utilização de mais de um cálculo para estimativa de eficiência, considerando as limitações apresentadas por Hurst, e o cálculo de Hurst para menores janelas temporais. Além da utilização da medida de volatilidade a partir de  $X$ . Ainda, pode ser estudado o comportamento de  $Z$  para as empresas considerando a ecologia de mercado de cada uma especificamente, como comportamento de investidores e considerando notícias específicas de cada uma.

## REFERÊNCIAS

- AL-KHAZALI, O.; MIRZAEI, A. Stock market anomalies, market efficiency and the adaptive market hypothesis: Evidence from Islamic stock indices. **Journal of International Financial Markets, Institutions and Money**, v. 51, p. 190-208, 2017.
- CHARLES, A.; DARNÉ, O.; KIM, J. H. Exchange-rate return predictability and the adaptive markets hypothesis: Evidence from major foreign exchange rates. **Journal of International Money and Finance**, v. 31, n. 6, p. 1607-1626, 2012.
- CHRISTOFFERSEN, P. **Elements of financial risk management**. Academic Press, 2003.
- DI MATTEO, T.; ASTE, T.; DACOROGNA, M. M. Long-term memories of developed and emerging markets: Using the scaling analysis to characterize their stage of development. **Journal of Banking & Finance**, v. 29, n. 4, p. 827-851, 2005.
- DOURADO, G. A.; TABAK, B. M. Teste da hipótese de mercados adaptativos para o Brasil. 2013.
- FAMA, E. F. Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. **The journal of Finance**, v. 25, n. 2, p. 383-417, 1970.
- GALBRAITH, J. K. **A short history of financial euphoria**. Penguin, 1994.
- GHAZANI, M. M.; ARAGHI, M. K. Evaluation of the adaptive market hypothesis as an evolutionary perspective on market efficiency: Evidence from the Tehran stock exchange. **Research in International Business and Finance**, v. 32, p. 50-59, 2014.
- GOULART, T. C.; SILVEIRA, R. L. F. Uma análise sobre a eficiência no mercado acionário brasileiro. 2018
- HIREMATH, G. S.; NARAYAN, S. Testing the adaptive market hypothesis and its determinants for the Indian stock markets. **Finance Research Letters**, v. 19, p. 173-180, 2016.
- HORTA, P.; LAGOA, S.; MARTINS, L. The impact of the 2008 and 2010 financial crises on the Hurst exponents of international stock markets: Implications for efficiency and contagion. **International Review of Financial Analysis**, v. 35, p. 140-153, 2014.
- HULL, M.; MCGROARTY, F. Do emerging markets become more efficient as they develop? Long memory persistence in equity indices. **Emerging Markets Review**, v. 18, p. 45-61, 2014.
- KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Prospect theory: An analysis of decision under risk. In: **Handbook of the fundamentals of financial decision making: Part I**. 2013. p. 99-127.
- KLAFTER, J.; SHLESINGER, M. F.; ZUMOFEN, G. Beyond brownian motion. **Physics today**, v. 49, n. 2, p. 33-39, 1996.
- KRISTOUFEK, L. Fractal markets hypothesis and the global financial crisis: Scaling, investment horizons and liquidity. **Advances in Complex Systems**, v. 15, n. 06, p. 1250065, 2012.
- KIM, J. H.; SHAMSUDDIN, A.; LIM, K. Stock return predictability and the adaptive markets hypothesis: Evidence from century-long US data. **Journal of Empirical Finance**, v. 18, n. 5, p. 868-879, 2011.
- LO, A. W. **Long-term memory in stock market prices**. National Bureau of Economic Research, 1989.
- LO, A. W. The adaptive markets hypothesis. **The Journal of Portfolio Management**, v. 30, n. 5, p. 15-29, 2004.
- LO, A. W. Reconciling efficient markets with behavioral finance: the adaptive markets hypothesis. **Journal of investment consulting**, v. 7, n. 2, p. 21-44, 2005.
- LO, A. W. **Adaptive markets: Financial evolution at the speed of thought**. Princeton University Press, 2018.

MALKIEL, B. G. The efficient market hypothesis and its critics. **Journal of economic perspectives**, v. 17, n. 1, p. 59-82, 2003.

MANDELBROT, B. B. A multifractal walk down Wall Street. **Scientific American**, v. 280, n. 2, p. 70-73, 1999.

MANDELBROT, B. B.; VAN NESS, John W. Fractional Brownian motions, fractional noises and applications. **SIAM review**, v. 10, n. 4, p. 422-437, 1968.

MANDELBROT, B. B.; WALLIS, James R. Some long-run properties of geophysical records. **Water resources research**, v. 5, n. 2, p. 321-340, 1969.

MINISTERIO PUBLICO FEDERAL. mpf, 2020. grandes casos, lava jato. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/lava-jato/>>/ Acesso em: 02 fev. 2020.

PETERS, E. E. Fractal structure in the capital markets. **Financial Analysts Journal**, v. 45, n. 4, p. 32-37, 1989.

QIAN, B.; RASHEED, K. Hurst exponent and financial market predictability. In: **IASTED conference on Financial Engineering and Applications**. 2004. p. 203-209.

SHILLER, R. J.; ARIJÓN, T. **Exuberância irracional**. Turner, 2003.

URQUHART, A.; MCGROARTY, F. Are stock markets really efficient? Evidence of the adaptive market hypothesis. **International Review of Financial Analysis**, v. 47, p. 39-49, 2016.

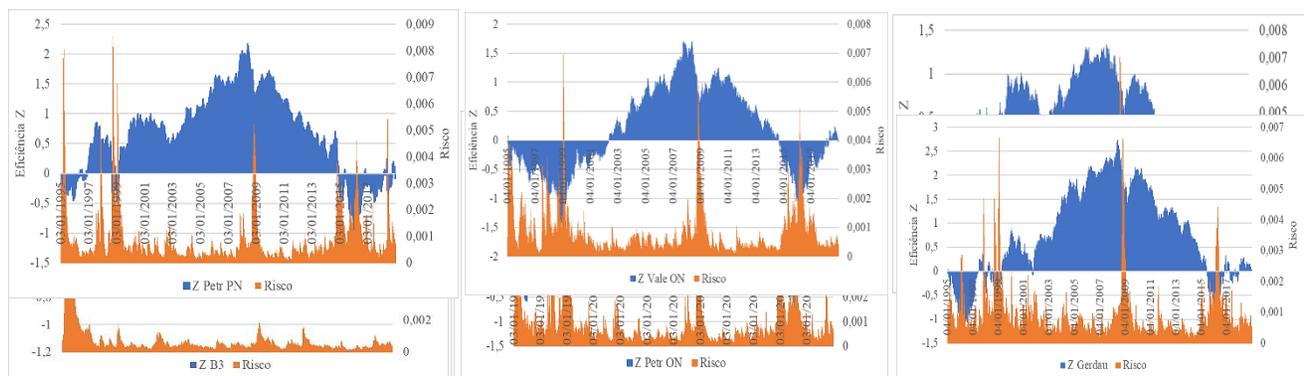
## APÊNDICES

### Apêndice A – Correlação do Coeficiente Hurst para Abertura, Média e Fechamento, por empresa

	Fechamento X Abertura	Fechamento X Média	Abertura X Média
<b>Petrobras PN</b>	0,9991	0,9998	0,9996
<b>Vale ON</b>	0,9994	0,9999	0,9997
<b>Itaú Unibanco</b>	0,9986	0,9997	0,9993
<b>Bradesco</b>	0,9977	0,9995	0,9988
<b>Banco do Brasil</b>	0,9982	0,9996	0,9992
<b>Ambev</b>	0,9985	0,9996	0,9992
<b>Itaú AS</b>	0,9986	0,9996	0,9993
<b>Petrobras ON</b>	0,9993	0,9998	0,9996
<b>Gerdau</b>	0,9996	0,9999	0,9998
<b>B3</b>	0,9941	0,9986	0,9973
<b>Kroton</b>	0,9930	0,9991	0,9958

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Correlação entre a série temporal de eficiência Z (2) calculada para os valores de fechamento, média e abertura das ações.

### Apêndice B – Gráficos de Eficiência - Ordenados por nível de eficiência.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Gráficos de eficiência Z, em azul; e risco, em laranja. Ordenado por mais eficiente em  $Z_a$ .

### Apêndice C – Tabela de correlação entre risco e eficiência

Empresa	Correlação	N Dias	Significância
Petrobras PN	-0,3791	5930	***
Vale	-0,3145	5793	***
Itaú Unibanco	-0,0046	5934	-
Bradesco	-0,1625	5934	***
Banco do Brasil	-0,2096	5908	***
Ambev	-0,3639	5538	***
Itaú SA	-0,1467	5927	***
Petrobras ON	-0,3794	5918	***
Gerdau	-0,2573	5907	***
B3	-0,3666	2561	***
Kroton	-0,2382	1481	***

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Cálculo de correlação entre o risco e a eficiência de cada ação individualmente. Significância estimada de 1%.

### Apêndice D – Tabela com valores do Coeficiente de Hurst por ano, de 1995 a 2000

	Banco do Brasil	Bradesco	Petr. PN	Petr. ON
1995	0,0567	0,0361	0,0557	0,0507
1996	0,0136	0,0282	0,0554	0,0197
1997	0,0221	0,0869	0,0341	0,0361
1998	0,0320	0,0466	0,0646	0,0804
1999	0,0020	0,0865	0,0892	0,1099
2000	0,0002	0,0126	-0,0065	0,0234

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota:  $H(5)$  estipulado por ano para períodos de crise econômica. Em vermelho, períodos de maior risco.

### Apêndice E – Coeficiente de Hurst considerando Ibovespa

Empresas	Hurst $Z_{X_a}$	Hurst $Z_{(X_a - X_{Ibov})}$	$\Delta H$
B3	0,0151	0,0077	-0,0074
Itaú SA	0,0148	0,0130	-0,0018
Banco do Brasil	0,0027	0,0282	0,0256
Ambev	0,0236	0,0283	0,0047
Itaú Unibanco	0,0055	0,0319	0,0264
Vale	0,0526	0,0323	-0,0203
Petrobras PN	0,0514	0,0342	-0,0171
Petrobras ON	0,0494	0,0377	-0,0117
Bradesco	0,0077	0,0378	0,0302
Kroton	0,0051	0,0562	0,0511
Gerdau	0,0603	0,0585	-0,0018
Ibovespa	0,0167	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019. Nota: Hurst  $Z_{X_a}$  representa valores do Coeficiente de Hurst para as respectivas ações. Já  $H_{Z(X_a - X_{Ibov})}$  represente Coeficiente de Hurst considerando a variação do mercado para as mesmas. Ordenado por mais eficiente, para  $H_{Z(X_a - X_{Ibov})}$ . Coeficiente de Hurst representados em módulo. Período utilizado para cálculo, de 01/01/1995 a 31/12/2018. Em vermelho, coeficiente negativos.

**Apêndice F – Tabela com de dias de cotação das ações governamentais por mandato**

	<b>Petrobras PN</b>	<b>Petrobras ON</b>	<b>Banco do Brasil</b>	<b>Ibovespa</b>
<b>FHC</b>	1972	1960	1950	2003
<b>Lula</b>	1980	1980	1980	1988
<b>Dilma</b>	1402	1402	1402	1402
<b>Temer</b>	572	572	572	573

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Nota: Quantidade de dias em que respectivas ações foram cotadas, por mandato presidencial.