



C I G E

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO EM GESTÃO E ECONOMIA

---

UNIVERSIDADE PORTUCALENSE – INFANTE D. HENRIQUE

---

**DOCUMENTOS DE TRABALHO**

**WORKING PAPERS**

---

n. 23 | 2012

**DEPENDÊNCIA DE LONGO PRAZO EM RETORNOS ACCIONISTAS:  
MODELAÇÃO E EVIDÊNCIA EMPÍRICA INTERNACIONAL**

**Luís Pereira Gomes**

*Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto*

*luispereiragomes.lpg@gmail.com*

**Vasco Salazar Soares**

*Universidade Portucalense – Infante D. Henrique*

*ISVOUGA – Instituto Superior de Entre o Douro e Vouga*

*v.soares@doc.isvouga.pt*

**1 / 2012**

**DEPENDÊNCIA DE LONGO PRAZO EM RETORNOS ACCIONISTAS:  
MODELAÇÃO E EVIDÊNCIA EMPÍRICA INTERNACIONAL**

**RESUMO**

Muitos trabalhos recentes têm-se debruçado sobre a presença de dinâmicas de memória longa nos preços das acções devido às implicações controversas de tal constatação para a eficiência do mercado e, portanto, para os modelos *martingale* dos preços dos activos utilizados na economia financeira e para as regras técnicas de negociação usadas na previsão. A existência de estrutura de memória longa levanta questões a respeito da modelação (teórica e econométrica) dos preços dos activos, dos testes estatísticos aos modelos de avaliação, da eficiência de preços e racionalidade, significando que a arbitragem perfeita é impossível. As metodologias mais frequentes para analisar a hipótese de memória de longo prazo em séries temporais de retornos de acções consistem no teste do intervalo de variação redimensionado ( $R/S$ ), nas formas clássica e modificada, e no teste de diferenciação fraccionária (GPH). A generalidade dos estudos tem reportado evidências mistas, em função do procedimento de teste, do período de amostragem, das frequências das séries e da utilização de dados simples ou compostos.

**PALAVRAS-CHAVE:** memória de longo prazo; dependência; eficiência; previsibilidade; retornos accionistas.

## 1. INTRODUÇÃO

A pesquisa internacional continua a procurar um melhor entendimento da natureza dinâmica dos preços das acções. O interesse mais relevante prende-se com o comportamento da rendibilidade accionista a longo prazo, em oposição à de curto prazo. Tem sido frequentemente observado que as rendibilidades de uma variedade de classes de activos são temporalmente dependentes. A potencial presença de memória nas séries de retornos dos mercados bolsistas de acções tem sido um tema popular de pesquisa teórica e empírica em finanças.

Diebold & Rudebusch (1989) e Shea (1991), entre outros, detectaram que os fundamentos económicos têm a propriedade de memória de longo prazo. Como o mercado accionista é um dos mais importantes indicadores económicos, atenção considerável tem sido dada para testar a presença de memória longa em retornos das acções. Veja-se, por exemplo, Greene & Fielitz (1977), Kaen & Rosenman (1986), Aydogan & Booth (1988), Lo (1991), Ding, Granger & Engle (1993), Cheung & Lai (1995), Lee & Robinson (1996), Hiemstra & Jones (1997) e, mais recentemente, Sadique & Silvapulle (2001), Henry (2002), Lipka & Los (2003), Assaf (2006) e Christodoulou-Volos & Siokis (2006).

Memória longa, ou dependência de longo prazo, descreve a estrutura de correlação de uma série de longos desfasamentos. Se uma série exhibe memória longa, ou “passeio aleatório influenciado”, significa que existe dependência temporal persistente, mesmo entre observações distantes. Essas séries são caracterizadas por distintos mas não periódicos padrões cíclicos. Mandelbrot (1977) caracteriza os processos de memória longa como tendo “dimensão fractal<sup>1</sup>”.

Os resultados em que os retornos das acções apresentam auto-correlações positivas em horizontes curtos e auto-correlações negativas em horizontes longos, no caso de serem relevantes, apontam para a presença de ciclos longos e, portanto, um potencial previsível componente na dinâmica dos preços das acções.

Os testes comumente utilizados para a dinâmica fractal consistem na análise do intervalo de variação redimensionada ( $R/S$ ), introduzida por Hurst (1951) e, mais tarde, refinada por Mandelbrot & Wallis (1969), Wallis & Matalas (1970) e Mandelbrot (1972, 1975), na análise ( $R/S$ ) modificada, apresentada por Lo (1991), e no método de regressão espectral, desenvolvido por Geweke & Porter-Hudak (1983).

---

<sup>1</sup> Dinâmica fractal é uma forma interessante de dinâmica não-linear, caracterizada por flutuações cíclicas irregulares e por dependência de longo prazo.

O intervalo de variação redimensionado foi o modelo estatístico usado extensivamente na literatura inicial para detectar a presença de dependência de longo prazo em séries temporais. Um estudo realizado por Aydogan & Booth (1988) reexaminou a evidência empírica suportada naquele método e sugeriu que a verificação de memória longa nos retornos das acções pode ser “falsa”, devido à existência de comportamento pré-assimptótico nas estimativas estatísticas. Mais concretamente, os autores revelaram que o teste  $R/S$  depende, em certa medida, da dependência de curto prazo e da não-homogeneidade da série de dados, dificultando a obtenção de inferências estatísticas seguras.

No intuito de superar esses constrangimentos, Lo (1991) desenvolveu o procedimento do intervalo de variação redimensionado modificado para detectar a memória de longo prazo. O teste  $R/S$  modificado tem a propriedade desejável de não ser sensível à não-normalidade e de ser robusto à dependência de curto prazo e à heterocedasticidade<sup>2</sup> condicional nos dados, permitindo um padrão rico de interacções entre as dinâmicas de curto e de longo prazo.

Os autores Geweke & Porter-Hudak (1983) usaram o periodograma de baixa frequência e propuseram um teste baseado numa regressão para a propriedade de memória longa. O teste de diferenciação fraccionária (GPH) também é robusto à dependência de curto prazo e à heterocedasticidade. Esta abordagem modela parametricamente as dinâmicas da memória longa e pode melhorar a eficiência da estimação sobre a abordagem não-paramétrica  $R/S$ .

Este artigo apresenta-se organizado em cinco partes. A secção II aborda a problemática que conduziu ao tratamento do tema. Na secção III apresenta-se o modelo de memória longa em séries temporais e delineiam-se os procedimentos de testes aplicados aos retornos de acções. A secção IV descreve a evidência empírica internacional. A última secção apresenta as conclusões finais.

---

<sup>2</sup> Heterocedasticidade condicional traduz a dependência não-linear na variância condicional, ou seja, dependência no segundo momento da distribuição da variável da série temporal, enquanto que a dinâmica fractal atribui dependência não-linear ao primeiro momento da distribuição. Ao contrário da heterocedasticidade condicional, a dinâmica fractal refere-se, principalmente, à dependência de longo prazo, em vez de à dependência de curto prazo.

## 2. PROBLEMATIZAÇÃO

A existência de memória de longo prazo nas séries de retornos das acções tem implicações importantes para a eficiência do mercado e para a previsibilidade. Além disso, as propriedades de “passeio aleatório” dos retornos accionistas são consideradas um resultado da hipótese de mercado eficiente. Se uma série de preços accionistas segue um “percurso aleatório”, o processo de geração é dominado por componentes permanentes e, conseqüentemente, não tem tendência de reversão para a média (Assaf, 2006). Assim, um choque para a série a partir de um equilíbrio inicial motivará desvios crescentes relativamente ao seu equilíbrio de longo prazo.

O mercado eficiente pressupõe que a chegada de nova informação seja prontamente arbitrada continuamente, ou seja, que os retornos das acções sejam totalmente imprevisíveis, dada a informação disponível (Christodoulou-Volos & Siokis, 2006). O preço de um título deve seguir um processo *martingale* (ou “passeio aleatório”), em que cada alteração não é afectada pela sua história e auto-correlações nulas existem em todos os desfasamentos. Nesse caso, a dependência estatística entre observações distantes de uma série de preços deve diminuir rapidamente. Todavia, ao contrário do que sugere a hipótese do “percurso aleatório”, vários estudos reportam auto-correlação positiva para os retornos das acções a curto prazo e auto-correlação negativa para os retornos a longo prazo (Lo & MacKinlay, 1988; Poterba & Summers, 1988 e Cutler, Poterba & Summers, 1990). Correlação negativa significa que os preços das acções são de reversão para a média, indicando a presença de dependência de longo prazo. Portanto, a questão se ou não os mercados financeiros são eficientes está directamente relacionada com se ou não a dependência de longo prazo está presente nos retornos (Sadique & Silvapulle, 2001).

Quando a evidência de previsibilidade de longo prazo é encontrada, geralmente é atribuída à variação temporal dos retornos esperados, a modas ou bolhas especulativas e a períodos de acentuada divergência entre o preço de um activo e o seu fundamental (Henry, 2002); contudo, também pode surgir da possibilidade de memória longa nos dados (Campbell, 1991 e Campbell & Ammer, 1993), porquanto os retornos passados das acções podem ser explorados de modo a prever os retornos futuros de longo prazo (Christodoulou-Volos & Siokis, 2006). Na medida em que os custos de transacção relativos são maiores para estratégias de negociação baseadas na previsibilidade de curto prazo, comparativamente às que se suportam na previsibilidade de longo prazo, as estratégias de longo alcance podem representar uma oportunidade de ganho não explorada e o *tradeoff*, naturalmente, é a maior exposição ao risco de mercado à medida que o horizonte de investimento aumenta no

futuro. Por outro lado, a análise técnica de negociação assenta no pressuposto de que os padrões de comportamento do mercado não se alteram ao longo do tempo, particularmente a tendência de longo prazo. Embora os eventos futuros possam ser muito diferentes de todos os eventos passados, o modo como os participantes no mercado respondem à nova informação ou a incertezas é, geralmente, semelhante ao modo como lidaram com eles no passado (Sadique & Silvapulle, 2001). Assume-se que os padrões das séries do preço histórico se repetem no futuro e, assim, podem ser usados para fins preditivos: se a componente de memória longa está presente nos retornos do título, é útil recomendar uma média móvel de ordem elevada como regra de negociação; se apenas a componente de memória curta estiver presente, uma regra de média móvel de ordem baixa pode ser recomendada. Além disso, tem sido argumentado que um ganho anormal pode ser realizado se a memória longa estiver presente no retorno das acções (Kurz, 1990; Vaga, 1990 e Lux, 1995).

As consequências da possível existência de memória de longo prazo nas séries de retornos dos índices bolsistas de acções sobre a eficiência dos mercados e sobre a previsibilidade dos preços dos activos, assumem uma importância relevante em termos da informação que suporta a tomada de decisões financeiras, fundamentalmente em ambiente de mudança nos mercados e em contexto de crise nas economias.

Os resultados da dependência de longo prazo sugerem que os mercados bolsistas experimentam longos períodos de tendência geral ascendente dos índices de acções, bem como longos períodos de tendência geral descendente, e, sendo verdade, existirão implicações importantes para a moderna gestão financeira: (a) os mercados de acções não serão eficientes, (b) os mercados não serão bem diversificados, (c) o poder de previsão poderá ser aperfeiçoado para obtenção de ganhos especulativos sobre o curso futuro dos retornos, (d) os níveis óptimos de consumo / poupança e as decisões de portfólio poderão tornar-se sensíveis ao horizonte de investimento, (e) surgirão problemas na valorização dos derivados com recurso aos métodos *martingale*, (f) e nos testes tradicionais do modelo de avaliação de activos financeiros (*capital asset pricing model*) CAPM e da teoria de valorização por arbitragem (*arbitrage pricing theory*) APT e, finalmente, (g) as conclusões dos testes de hipótese de mercado eficiente ou racionalidade do mercado de acções também dependerão da presença / ausência de memória de longo prazo nas séries de retorno das acções.

### 3. DETECÇÃO E MODELAÇÃO DE MEMÓRIA LONGA EM SÉRIES TEMPORAIS

#### 3.1. Análise Estatística Fraccionária

Os processos diferenciados (ou integrados) fraccionariamente podem ser usados para modelar parametricamente dinâmicas de memória de longo prazo. Se uma série exibe memória longa depende de um parâmetro de diferenciação fraccionária,  $d$ , passível de estimação e de testes de hipóteses. Desde o trabalho de Mandelbrot (1972) sobre processos fraccionários que as respectivas propriedades têm sido investigadas (veja-se, entre outros, Mandelbrot & Van Ness, 1968; Granger, 1980; Granger & Joyeux, 1980; Hosking, 1981 e Hosking, 1982).

Uma forma flexível para modelar a dinâmica de longo prazo de uma série temporal baseia-se num processo fraccionário ARFIMA (*autoregressive fractionally integrated moving average*), permitindo uma classe rica de comportamento espectral em baixas frequências. Os modelos ARFIMA (p,d,q) têm a capacidade desejada para condizer com a lenta decadência das funções de auto-correlação e constituem uma alternativa ao processo ARIMA (*autoregressive integrated moving average*) (p,d,q) por não restringirem o parâmetro  $d$ , mas permitindo-lhe assumir valores fraccionários.

Uma classe geral de processos ARFIMA (p,d,q) pode descrever-se:

$$\Phi(L)(1-L)^d x_t = \Theta(L)\varepsilon_t \quad ; \quad \varepsilon_t \sim iid(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (1)$$

onde  $\{x_1, \dots, x_T\}$  é um conjunto de dados da série temporal,  $\Phi(L) = 1 - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p$  é o polinómio auto-regressivo (AR),  $\Theta(L) = 1 + \vartheta_1 L + \dots + \vartheta_q L^q$  é o polinómio de média móvel (MA),  $L$  é o operador de desfaseamento atrasado com todas as raízes de  $\Phi(L)$  e  $\Theta(L)$  estáveis,  $\varepsilon_t$  é o termo de perturbação de “ruído branco” e  $(1-L)^d$  é o operador de diferenciação fraccionária, definido por:

$$(1-L)^d = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\Gamma(k-d)L^k}{\Gamma(-d)\Gamma(k+1)} \quad (2)$$

onde  $\Gamma(\cdot)$  é a função *gama* padrão (ou factorial generalizada).

Quando  $p = q = 0$ ,  $x_t$  torna-se um processo simples de “ruído fraccionário” (Sadique & Silvapulle, 2001). Esse processo é estacionário e invertível se as raízes de  $\Phi(L)$  e de  $\Theta(L)$  estiverem fora do círculo unitário, se não forem comuns aos polinômios e se  $|d| < 1/2$  (Assaf, 2006).

Os autores Granger & Joyeux (1980) e Hosking (1981) demonstraram, ainda:

$$(1 - L)^d X_t = \sum_{k=0}^{\infty} A_k X_{t-k} = \varepsilon_t \quad (3)$$

onde os coeficientes AR, representados por  $A_k$ , são dados em termos da função *gama*:

$$A_k = (-1)^k \binom{d}{k} = \frac{\Gamma(k - d)}{\Gamma(-d)\Gamma(k + 1)} \quad (4)$$

O processo  $x_t$  é estacionário para  $d < 1/2$  e invertível para  $d > -1/2$ . A variância do processo é finita quando  $d < 1/2$  e infinita quando  $d > 1/2$ , em que as séries já não são de co-variância estacionária (Granger & Joyeux, 1980 e Baillie, 1996). Assumindo<sup>3</sup> que  $-1/2 < d < 1/2$  e que  $d \neq 0$ , Hosking (1981) mostrou que a função de correlação  $\rho(\cdot)$  de um processo ARFIMA é proporcional a  $j^{2d-1}$  quando  $j \rightarrow \infty$ . Consequentemente, as auto-correlações do processo ARFIMA obedecem a um padrão hiperbólico de decaimento para zero quando  $j \rightarrow \infty$  (duração do desfasamento), contrário ao mais rápido declínio geométrico de um processo estacionário ARMA (quando  $d = 0$  na Expressão (1)). A auto-correlação de tais processos fraccionariamente integrados permanece significativa em desfasamentos longos, dando origem à classificação de memória longa (Henry, 2002). Para  $0 < d < 1/2$ ,  $\sum_{j=-n}^n |\rho(j)|$  diverge quando  $n \rightarrow \infty$ . Neste caso, as auto-correlações são todas positivas e, segundo Barkoulas & Baum (1996), Sadique & Silvapulle (2001) e Christodoulou-Volos & Siokis (2006), é nesta amplitude que o processo ARFIMA exhibe memória longa<sup>4</sup>, ou dependência positiva a longo prazo.

<sup>3</sup> Assaf e Christodoulou-Volos & Siokis indicam que a função de auto-correlação do modelo ARFIMA decai hiperbolicamente para zero quando  $0 < d < 1/2$ .

<sup>4</sup> Outros autores referem que um processo tem memória longa se  $d \neq 0$ . Mandelbrot designou  $d < 0$  como “anti-persistente” e  $d > 0$  como “dependente a longo prazo”. Contudo, dado que as duas situações envolvem auto-



O processo expõe memória intermédia, ou dependência negativa de longo prazo, quando  $d < 0$ , de acordo com Sadique & Silvapulle (2001), ou quando  $-1/2 < d < 0$ , de acordo com Barkoulas & Baum (1996).

Em contraste, quando  $-1/2 < d < 0$  os autores Christodoulou-Volos & Siokis (2006) indicam que a série possui memória curta. Neste caso, as auto-correlações são todas negativas. Para Barkoulas & Baum (1996) o processo possui apenas memória curta se  $d = 0$  e, nesta situação, o processo ARFIMA corresponde ao modelo ARMA padrão. Num processo de memória curta, os acontecimentos do passado distante não têm efeito, ou é desprezível, sobre o presente.

### 3.2. Procedimentos de Teste para a Memória de Longo Prazo

#### 3.2.1 Análise do Intervalo de Variação Redimensionado Clássica

Considerando uma série temporal de retornos amostrais  $x_1, x_2, \dots, x_T$ , a estatística do intervalo de variação redimensionado,  $R/S$ , clássica é dada pelo intervalo de variação das somas parciais dos desvios da série temporal em relação à sua média, redimensionado pelo seu desvio-padrão (Mandelbrot, 1972 e Lo, 1991):

$$Q_n = \frac{1}{\hat{\sigma}_n} \left[ \text{Max}_{1 \leq k \leq n} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) - \text{Min}_{1 \leq k \leq n} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) \right] \quad (5)$$

onde  $\bar{X}_n$  e  $\hat{\sigma}_n$  representam os estimadores da média e do desvio-padrão.

O primeiro termo (entre parêntesis) em  $Q_n$  é o máximo (em  $k$ ) das somas parciais dos primeiros  $k$  desvios de  $x_t$  em relação à média amostral. Dado que a soma de todos os  $T$  desvios de  $x_t$  a partir da sua média é zero, esse máximo é sempre não-negativo. O segundo termo é o mínimo (em  $k$ ) desta mesma sequência de somas parciais; portanto, é sempre não-positivo. Assim, a diferença entre as duas quantias, chamada “intervalo de variação”, é sempre não negativa, ou seja,  $Q_n \geq 0$ .

Embora demonstrado que a estatística  $Q_n$  tem a capacidade para detectar a dependência de longo prazo (Mandelbrot & Wallis, 1969; Mandelbrot, 1972; Mandelbrot, 1975 e Mandelbrot

---

correlações que decaem mais lentamente do que as séries temporais convencionais, Lo (1991) designou ambas dependentes a longo prazo.

& Taqqu, 1979), Lo (1991) mostrou que pode ser influenciada quando existe dependência de curto prazo sob a forma de heterocedasticidade ou auto-correlação, sugerindo a utilização da estatística na forma modificada.

### 3.2.2 Análise do Intervalo de Variação Redimensionado Modificada

Na estatística do intervalo de variação redimensionado,  $R/S$ , modificada a dependência de curto prazo é incorporada no denominador, que se torna na raiz quadrada de um estimador consistente da variância da soma parcial em (5) (Lo, 1991):

$$Q_{n,q} = \frac{1}{\hat{\sigma}(q)} \left[ \max_{1 \leq k \leq T} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) - \min_{1 \leq k \leq T} \sum_{j=1}^k (X_j - \bar{X}_n) \right] \quad (6)$$

onde  $\hat{\sigma}(q)$  inclui os usuais estimadores da variância,  $\hat{\sigma}_n^2$ , e da auto-covariância,  $\hat{\gamma}_j$ , da amostra  $X_t$ :

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}^2(q) &= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X}_n)^2 \\ &+ \frac{2}{T} \sum_{j=1}^q \omega_j(q) \left[ \sum_{t=j+1}^T (X_t - \bar{X})(X_{t-j} - \bar{X}) \right] \\ &= \hat{\sigma}_n^2 + 2 \sum_{j=1}^q \omega_j(q) \hat{\gamma}_j \end{aligned} \quad (7)$$

em que:

$$\omega_j(q) = 1 - \frac{j}{q+1} \quad ; \quad \hat{\gamma}_j = \frac{1}{T} \left[ \sum_{t=j+1}^T (X_t - \bar{X})(X_{t-j} - \bar{X}) \right] \quad ; \quad q < T \quad (8)$$

onde  $\hat{\gamma}_j$  é a  $j$  – ésima auto-correlação da amostra.

A diferença entre a estatística tradicional,  $Q_n$ , e a estatística modificada,  $Q_{n,q}$ , está no denominador e as especificações distinguem-se na normalização da medida do intervalo. Se  $X_t$  está sujeito à dependência de curto prazo, o estimador  $\hat{\sigma}(q)$  em (6) envolve as somas dos desvios quadrados de  $X_j$  e, ainda, as suas auto-covariâncias ponderadas até ao desfasamento  $q$  (Lo, 1991).

Os ponderadores  $\omega_j(q)$  sugeridos por Newey & West (1987) produzem um estimador  $\hat{\sigma}^2(q)$  positivo de  $2\pi$  vezes a (não normalizada) função densidade espectral de  $X_t$  na frequência zero, usando a janela de Bartlett (Lo, 1991).

Cheung & Lai (1995) utilizaram a função de ponderação  $\omega_j(q) = 1 - |j/z_T|$  para determinar o desfasamento  $q$ :

$$q = \text{int}[z_T] \quad ; \quad z_T = (3T/2)^{1/3} [2\rho/(1-\rho^2)]^{2/3} \quad (9)$$

onde  $\text{int}[z_T]$  representa a parte inteira do  $z_T$  e  $\rho$  a auto-correlação de primeira ordem da série.

### 3.2.3 Teste de Regressão Espectral de Geweke e Porter-Hudak

Um procedimento espectral desenvolvido por Geweke & Porter-Hudak (1983) proporciona um teste semi-paramétrico para estimação e teste do parâmetro de diferenciação fraccionária,  $d$ , em (1), baseado na inclinação da função de densidade espectral em torno da frequência angular  $\lambda_j = 0$ . Isto sugere que  $d$  pode ser estimado empregando uma equação de regressão espectral:

$$\ln(I(\lambda_j)) = \alpha_0 - \alpha_1 \ln(4 \sin^2(\lambda_j/2)) + \varepsilon_t$$

(10)

Onde  $I(\lambda_j)$  é o periodograma na frequência harmónica  $\lambda_j = 2\pi j/T$  com  $j = 1, \dots, T - 1$ ,  $\varepsilon_t = \ln(I(\lambda_j)/f_x(\lambda_j))$  é um termo de erro aleatório assintoticamente i.i.d. por frequências harmónicas,  $n = T^\alpha$  com  $0 < \alpha < 1$  é o número de ordenadas de baixa frequência usadas na regressão.

O periodograma na frequência harmónica  $I(\lambda_j)$  é comparado a  $(2\pi n)^{-1} |\sum_{t=1}^T x_t e^{it\lambda_j}|^2$  e a variância assintótica teórica de  $\varepsilon_t$  é conhecida por  $\pi^2/6$ .

Geweke & Porter-Hudak (1983) demonstraram consistência e normalidade assintótica para  $d < 0$ , enquanto que Robinson (1990) demonstrou consistência para  $0 < d < 1/2$ .

#### 4. EVIDÊNCIA EMPÍRICA INTERNACIONAL

O trabalho científico no domínio da memória de longo prazo tem mostrado um interesse crescente sobre o comportamento das séries de retornos accionistas, com a maior parte das evidências a sugerir ausência de estrutura fractal, ou base fraca de qualquer forma de memória longa.

O estudo realizado por Cheung & Lai (1995) considerou as séries de dados mensais, entre 1979 e 1992, de dezoito índices de acções: um australiano, doze europeus, três asiáticos, um canadiano e um americano. Recorrendo ao teste  $R/S$  modificado de Lo (1991), os resultados para os retornos nominais mostram que em nenhum caso a hipótese nula de inexistência de memória longa pode ser rejeitada. Utilizando o teste de diferenciação fraccionária de Geweke & Porter-Hudak (1983), as estimativas para o parâmetro fraccionário  $d$  da regressão espectral sugerem que evidência significativa de memória de longo prazo pode ser encontrada apenas em quatro casos de retorno nominal (Áustria, Itália, Japão e Espanha). Em comparação com a análise  $R/S$  modificada, a análise GPH proporciona evidência ligeiramente mais favorável de memória longa nos retornos das acções; contudo, os indícios para a memória de longo prazo são, ainda, limitados e estão longe de ser generalizados.

Os autores Sadique & Silvapulle (2001) usaram a série semanal agregada de preços das acções do Japão, Coreia, Nova Zelândia, Malásia, Singapura, EUA e Austrália, de 1983 a 1998. Considerando os resultados dos testes  $R/S$  (nas versões clássica e modificada),

existe forte evidência de dependência de longo prazo nas séries de retornos da Coreia e da Nova Zelândia, e fraca evidência nas séries de retornos da Malásia e de Singapura, sugerindo que estes quatro mercados são ineficientes. O procedimento semi-paramétrico GPH foi usado para estimar o parâmetro  $d$ , identificando a propriedade de memória longa nos retornos das ações da Coreia, Nova Zelândia e Singapura, com fraca evidência para o mercado da Malásia.

As séries estudadas por Barkoulas e Baum (1996) incluem retornos de ações agregadas e sectoriais (em frequência mensal) e de ações de empresas individuais (em periodicidade diária) cotadas no índice *Dow Jones Industrials*, até 1994. Conforme indicam os resultados do método de regressão GPH para testar a estrutura fractal, não parece existir qualquer evidência consistente suportando a hipótese de memória de longo prazo (ou passeio aleatório influenciado) para as séries de retornos de qualquer dos índices de ações, agregado ou sectorial. No entanto, foi identificada alguma evidência dispersa de memória longa em cinco séries de retornos de empresas, enquanto memória intermédia parece caracterizar as séries de retornos de três outras empresas. Estes resultados salientam as semelhanças e as diferenças na estrutura fractal através de diferentes séries de empresas e sugerem que essa estrutura, quando existe, pode ser “mascarada” nos índices de ações, devido à agregação. Todavia, os resultados globais dos dados agregados e desagregados não oferecem evidências convincentes contra o modelo *martingale*.

Os dados utilizados no trabalho de Henry (2002) abrangem os retornos mensais compostos continuamente, entre 1982 e 1998, para os índices de ações de nove mercados internacionais. As estimativas GPH do grau de integração fraccionária,  $d$ , revelam pouca evidência de memória longa nos retornos dos EUA, Reino Unido, Hong Kong, Singapura e Austrália, e alguma evidência nos mercados alemão, japonês e taiwanês. A evidência para o mercado sul-coreano é mais significativa, com  $\hat{d}$  a sinalizar retornos marginalmente não-estacionários. Em contraste com os resultados dos estimadores semi-paramétricos, através do modelo ARFIMA - pela abordagem do domínio de frequência baseado na técnica de verosimilhança de Fox & Taqqu (1986) -, os mercados japonês, taiwanês e sul-coreano parecem ser consistentes com processos de memória curta, e os retornos do mercado do Reino Unido parecem ser imprevisíveis.

ChristodoulouVolos e Siokis (2006) analisaram séries com mais de 2.000 observações de retornos diários compostos continuamente de índices accionistas em dois mercados oceânicos, sete sul-americanos, catorze europeus, seis asiáticos, um russo, um canadiano e um americano. Os resultados do teste de GPH acusam evidência forte de dependência de longo prazo na maioria das séries, com estimativas de  $d$  significativamente positivas,

especialmente no caso da Argentina, mas, também, nos principais mercados accionistas, como o Canadá, França, Alemanha e Japão. No mercado italiano apenas surgiram indícios fracos de memória longa e estatisticamente insignificante. Com exceção dos EUA, as séries de retorno dos principais mercados aparentam seguir processos dependentes a longo prazo, ou seja, existe evidência convincente de que essas séries são auto-correlacionadas, denunciando ineficiência do mercado accionista e um alto grau de previsibilidade. No mercado americano, a série de retornos das ações exibe um processo de memória curta, dado que a estimativa de  $d$  é negativa, embora sem relevância estatística. Esta evidência é consistente com a forma fraca de eficiência do mercado de capitais, implicando imprevisibilidade dos retornos futuros com base em retornos históricos.

Apesar da extensa pesquisa sobre a dependência de longo prazo nos mercados mais desenvolvidos, pouco se conhece sobre outros, nomeadamente os mercados MENA (Médio Oriente e Norte de África). O estudo de Assaf (2006) considerou as rendibilidades diárias dos índices bolsistas de quatro mercados emergentes, três na região MENA (Egipto, Jordânia e Marrocos) e um exterior àquela região (Turquia), entre 1997 e 2002. A estatística  $R/S$  modificada reporta evidência de memória longa nos retornos do mercado do Egipto e ausência deste tipo de memória nos restantes mercados. Os resultados diferem substancialmente quando se consideram os retornos quadrados ou absolutos, surgindo mais sinais de memória longa nos mercados do Egipto e Marrocos, menos provas no mercado da Turquia e nenhuma evidência no mercado da Jordânia. A estimação do modelo ARFIMA - pelo método da máxima verosimilhança de Sowell (1992) - encontrou estimativas de  $d$  não nulas, mas situadas na região estacionária ( $0 < d < 1/2$ ), com valores negativos para a Jordânia, indicando a presença de persistência negativa, ou anti-persistência, nos retornos. Em geral, os resultados do modelo ARFIMA coincidem com os resultados da análise  $R/S$ , porquanto estas estatísticas não foram capazes de detectar memória de longo prazo nos retornos da Jordânia e da Turquia.

## **5. CONCLUSÃO**

Vários estudos têm usado diversos procedimentos para testar a hipótese de dependência de longo prazo em séries temporais de retornos simples e compostos de ações. As metodologias mais utilizadas consistem na análise do intervalo de variação redimensionada ( $R/S$ ), introduzida por Hurst (1951) e, mais tarde, refinada por Mandelbrot & Wallis (1969), Wallis & Matalas (1970) e Mandelbrot (1972, 1975), na análise ( $R/S$ ) modificada, apresentada por Lo (1991), e no método de regressão espectral, desenvolvido por Geweke

& Porter-Hudak (1983). As duas últimas metodologias têm como propriedades atraentes serem robustas à não-normalidade e à heterocedasticidade condicional, que caracterizam a rendibilidade das acções, e podem permitir um padrão rico de interacções entre a dinâmica de preços a curto prazo e a longo prazo.

As conclusões da generalidade dos estudos são mistas, dependendo do procedimento de teste, do período de amostragem, das frequências das séries e dos retornos simples ou compostos das acções. Vários autores, incluindo Aydogan & Booth (1988), Lo (1991) e Cheung, Lai & Lai (1993) não encontraram qualquer evidência de memória longa em retornos de acções. Por outro lado, Fama & French (1988), Mills (1993), Crato (1994), Barkoulas & Baum (1996), Sadique & Silvapulle (2001), Henry (2002) e Assaf (2006) detectaram evidência fraca de memória de longo prazo, mas os resultados obtidos não são convergentes entre os diferentes testes empregues, nem são robustos a pequenas alterações nos métodos de teste. Finalmente, Greene & Fielitz (1977), Lobato & Savin (1998), Barkoulas, Baum & Travlos (2000), Panas (2001), Wright (2001), Tolvi (2003) e Christodoulou-Volos & Siokis (2006) constataram fortes evidências de memória longa nos valores log-quadrado ou absolutos dos retornos de activos.

A existência de memória de longo prazo nas séries de retornos das acções tem implicações importantes para a eficiência do mercado e para a previsibilidade. Contrariando a hipótese do “passeio aleatório”, vários estudos reportam auto-correlação negativa para os retornos a longo prazo, significando que os preços das acções são de reversão para a média, ou seja, indicando a presença de dependência de longo prazo. Por outro lado, a evidência de previsibilidade de longo prazo também pode surgir da possibilidade de memória longa nos dados, determinando que os retornos passados das acções possam ser explorados de modo a prever os retornos futuros de longo prazo. A persistência nos retornos de acções subjaz a este poder de previsão, isto é, essa previsibilidade pode ser atribuída à dependência de longo prazo - ou memória longa - nas séries temporais de retornos.

Os efeitos da eventual presença de memória de longo prazo nos retornos dos índices bolsistas de acções sobre a previsibilidade dos preços dos activos assumem uma importância relevante em termos da informação que sustenta a tomada de decisões financeiras, fundamentalmente em ambiente de mudança nos mercados e em contexto de crise nas economias.

Certamente, o insucesso estatístico para encontrar memória de longo prazo nos retornos das acções não recusa, absolutamente, a sua presença. Se a memória longa de facto existe, ainda assim novas evidências de suporte são necessárias para confirmar a sua relevância empírica.

As conclusões deste artigo são úteis para os reguladores, profissionais e participantes nos mercados accionistas e de derivados, dependendo o sucesso da actividade que desenvolvem da capacidade para prever os movimentos do preço das acções no futuro.

A importância deste tema justifica novas linhas de investigação futura, nomeadamente sobre a pesquisa das causas e sobre a medição da intensidade da memória longa nos mercados, sobre a identificação do tipo de choques persistentes que afectam os preços das acções por longos períodos de tempo e sobre se a memória de longo prazo pode contribuir para antecipar sinais de mudança nos mercados de capitais ou fenómenos de crise nas economias.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assaf, A. (2006) - Dependence and mean reversion in stock prices: The case of the MENA region; *Research in International Business and Finance*, 20, pp. 286-304
- Barkoulas, J. T.; Baum, C. F. (1996) - Long term dependence in stock returns; *Economics Letters*, 53 (3, December), pp. 253-259
- Cheung, Yin-Wong; Lai, K. S. (1995) - A search for long memory in international stock market returns; *Journal of International Money and Finance*, 14 (4), pp. 597-615
- Cheung, Yin-Wong; Lai, K. S.; Lai, M. (1993) - Are there long cycles in foreign stock returns? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 3, pp. 33-47
- Christodoulou-Volos, C.; Siokis, F. M.(2006) - Long range dependence in stock market returns; *Applied Financial Economics*, 16, pp. 1331-1338
- Fama, E. F.; French, K. R. (1988) - Permanent and temporary components in stock prices; *Journal of Political Economy*, 96, pp. 246-73
- Fox, R.; Taqqu, M. S. (1986) - Large sample properties of parameter estimates for strongly dependent stationary Gaussian time series; *Annals of Statistics*, 14, pp. 517-32
- Geweke J.; S. Porter-Hudak (1983) - The estimation and application of long memory time series models; *Journal of Time Series Analysis*, 4, pp. 221-238
- Granger, C. W. J.; R. Joyeux (1980) - An introduction to long-memory time series models and fractional differencing; *Journal of Time Series Analysis*, 1, pp. 15-39
- Henry, Ó. T. (2002) - Long memory in stock returns: some international evidence; *Applied Financial Economics*, 12, pp. 725-729
- Hosking, J. R. M. (1981) - Fractional Differencing; *Biometrika*, 68, pp. 165-176
- Hurst, H. E. (1951) - Long-term storage capacity of reservoirs; *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116, pp. 770-799
- Lo, A. W. (1991) - Long-term memory in stock market prices; *Econometrica*, 59 (5, September), pp. 1279-1313
- Lobato, I. N.; Savin, N. E. (1998) - Real and spurious long-memory properties of stock market data; *Journal of Business and Economic Statistics*, 16, pp. 261-68

Los, C. A.; Lipka, J. M. (2003) – Long-term dependence characteristics of european stock indices; *Kent State University Department of Finance Working Paper*. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=388020> or doi:10.2139/ssrn.388020

Mandelbrot, B. B. (1972) - A statistical methodology for non-periodic cycles: From the covariance to R/S analysis; *Annals of Economic and Social Measurement*, 1, pp. 259-290

Mandelbrot, B. B. (1975) - Limit theorems on the self-normalized range for weakly and strongly dependent processes; *Zeitschrift fur Wahrscheinlichkeitstheorie und Verwandte Gebiete*, pp. 271-285

Newey, W.; West, K. (1987) - A simple definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix; *Econometrica*, 55, pp. 277-301

Sadique, S.; Silvapulle, P. (2001) - Long-term memory in stock market returns: International evidence; *International Journal of Finance and Economics*, 6, pp. 59-67

Sowell, F. B. (1992) - Maximum likelihood estimation of stationary univariate fractionally integrated time series models; *Journal of Econometrics*, 53, pp. 165-88

**CIGE – Centro de Investigação em Gestão e Economia**

**Universidade Portucalense – Infante D. Henrique**

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 541/619

4200-072 PORTO

PORTUGAL

<http://www.upt.pt>

cige@uportu.pt

ISSN 1646-8953