

OS IMPACTOS DE FATORES MACROECONÔMICOS SOBRE ÍNDICES DE AÇÕES SETORIAIS: Uma Análise através do Algoritmo de Seleção de Modelos *Autometrics*¹

THE IMPACTS OF MACROECONOMIC FACTORS ON INDUSTRIAL SHARES IN-DEXES: An Analysis through the Autometrics Model Selection Algorithm

Luís Fernando Corrêa da Costa¹

Doutorando em Administração de Empresas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie

lfcorreacosta@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4627-5224>

Marisa Gomes da Costa

Doutoranda em Administração de Empresas – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Universidade Nove de Julho – Uninove

mgbeserra@uol.com.br

<https://orcid.org/0000-0003-1691-2621>

RESUMO

Objetivo: Este estudo teve como objetivo analisar os impactos de 26 variáveis macroeconômicas domésticas e internacionais sobre o retorno das ações de sete índices setoriais divulgados pela bolsa de valores brasileira (B3).

Fundamento: O artigo é fundamentado na teoria da precificação por arbitragem (Arbitrage Pricing Theory – APT), bem como na literatura que relaciona variáveis macroeconômicas e os retornos das ações.

Método: O trabalho se destaca pelo tratamento rigoroso dado às estimativas, através do uso do algoritmo de seleção de modelos lineares *Autometrics*, cujo objetivo é a busca de especificações econométricas que descrevam as relações de forma simples e eficiente.

Resultados: Afirma-se uma relação inversa entre a taxa de câmbio e os retornos de todos os índices setoriais. Quanto aos fatores externos, as ações brasileiras são afetadas: positivamente pelos retornos do Dow Jones ou negativamente pelo índice de volatilidade de opções sobre ações americanas (VIX). No caso do setor de materiais básicos, pode-se afirmar uma relação direta entre os retornos das ações e os preços das commodities metálicas. Embora as demais variáveis não tenham apresentado relevância, observou-se uma série de eventos sistemáticos que geraram quebras estruturais nos preços dos ativos.

¹ Artigo recebido em: 05/03/2018. Revisado por pares em: 13/04/2018. Reformulado em: 30/05/2018. Recomendado para publicação, após a segunda rodada, em: 04/07/2018 por Luiz Felipe de Araújo Pontes Girão (Editor Geral). Publicado em: 31/08/2018. Organização responsável pelo periódico: UFPB.

¹ Endereço: Rua da Consolação, n. 930, Consolação - SP, 01302-907

DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.2318-1001.2018v6n3.38608>

Contribuições: O presente artigo contribui na análise ampliada para setores da economia e no tratamento metodológico dado às estimações, o que permite afirmar que os principais canais de transmissão de impactos sobre as ações brasileiras são: a taxa de câmbio e o mercado de ações americano.

Palavras-chave: Teoria de Precificação por Arbitragem (APT); variáveis macroeconômicas; índices de ações; algoritmo de seleção de modelos econométricos *Autometrics*.

ABSTRACT

Objective: The study aims to analyze the impact of 26 domestic and foreign macroeconomic variables on the stocks return of seven industrials indexes from the Brazilian stock exchange (B3).

Background: The paper is based on the Arbitrage Pricing Theory (APT), as well as on the literature that relates macroeconomic variables and stocks returns.

Method: The work stands out by the rigorous treatment given to the estimates using the algorithm of selection of linear models *Autometrics*, whose objective is the search for econometric specifications that describe the relations in a simple and efficient way.

Results: An inverse relationship between the exchange rate and the returns of all industrials indexes is stated. As for external factors, Brazilian stocks are affected: positively by the Dow Jones returns or negatively by the American stock options volatility index (VIX). In the case of the raw materials sector, a direct relationship can be established between stock returns and metal commodity prices. Although the other variables were not relevant, we observed a series of systematic events that generated structural breaks in asset prices.

Contributions: This article contributes to the broad analysis for the economy sectors and the methodological treatment given to the estimations, which allows us to assert that the main transmission channels of impacts on the Brazilian shares are: the exchange rate and the American stock market.

Keywords: Arbitrage Pricing Theory (APT), macroeconomic variables, industrial indexes, algorithm of econometric model selection *Autometrics*.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre os mercados financeiros e os fatores macroeconômicos ganhou destaque adicional na literatura de finanças após a crise do *subprime*. Todavia, os estudos reportam que, a depender do país analisado, o grupo de variáveis relevantes nesta relação não é o mesmo (ver Bilson, Brailsford e Hooper (2001); Rapach, Wohar e Rangvid (2005); Abdelaziz, Chortareas e Cipollin (2008); Abugri (2008)). Adicionalmente, a forma pela qual os setores de atividades são impactados pode fornecer indícios de como os mercados absorvem as informações. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar como os preços de ações de setores distintos respondem aos eventos macroeconômicos.

O principal modelo de precificação de ativos dentro da abordagem macroeconômica é a Teoria da Precificação por Arbitragem (*Arbitrage Pricing Theory*- APT) de Ross (1976). Diferentemente de procedimentos baseados em portfólio, tais como o CAPM de Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossim (1966) e o modelo de três fatores de Fama e French (1993), o modelo APT considera que as variáveis macroeconômicas são as fontes primárias de risco, responsáveis pela variação dos preços das ações. Ainda, segundo o modelo APT, os agentes desenvolvem expectativas acerca da dinâmica dos fatores sistemáticos e, uma vez que tais expectativas reflitam um consenso geral dos investidores, os retornos das ações reagem aos eventos econômicos. Além disto, o referido modelo postula que quaisquer equilíbrios de mercado devem estar em consonância com a impossibilidade da obtenção de lucros excepcionais por arbitragem, fato este que permite que relações lineares entre os retornos esperados das ações e os fatores sistemáticos sejam determinados (Ross, 1976; Roll & Ross, 1980).

A literatura apresenta alguns estudos que testam empiricamente o APT ou investigam a relação entre retornos das ações e fatores macroeconômicos específicos. No trabalho seminal de Chen, Roll e Ross (1986) o APT é aplicado à economia americana, onde são destacadas relações significativas entre os retornos esperados das ações e algumas variáveis sistemáticas, a saber: a produção industrial, as variações no prêmio de risco e a estrutura a termo da taxa de juros. Uma ampla discussão acerca dos efeitos dos retornos das ações e a inflação é realizada por Fama (1981) e Geske e Roll (1983). Já estudos sobre as taxas de câmbio e os mercados de ações são conduzidos por Solnik (1974 e 1987), enquanto as expectativas dos investidores quanto à política monetária, as taxas de juros e os desempenhos acionários são mensurados pelo estudo de Rigobon e Sack (2003). Recentemente, os efeitos da crise financeira global de 2008 desencadearam novas pesquisas, tal como visto em Fernandez, Fernández e Sosvilla (2014) e Chen e Chiang (2016)).

A despeito do tratamento econométrico, a maioria dos trabalhos utiliza modelos de regressão linear, cujo desafio principal é a obtenção de uma especificação eficiente, não-enviesada, e que, portanto, exprima da melhor forma possível a relação entre as variáveis. Neste sentido, as estimações do presente trabalho são realizadas por meio do algoritmo *Autometrics*, desenvolvido por Doornik (2009). A metodologia consiste em uma técnica de seleção automática de especificações de mínimos quadrados ordinários, a qual permite identificar diversas formas funcionais aproximadas ao processo gerador de dados. Como resultado, o algoritmo reporta o formato funcional mais eficiente, destacando possíveis quebras estruturais, apresentando o status de exogeneidade contemporânea das variáveis (Hendry & Doornik, 2014). Frente às técnicas tradicionais, o *Autometrics* acelera o tempo de estimação e, principalmente, minimiza os erros de especificação.

Este artigo está subdividido em outras cinco partes, além desta introdução. A ordem de apresentação é a seguinte: uma revisão da literatura sobre o tema; a descrição da teoria da APT; a apresentação dos dados e da metodologia proposta; a exposição e discussão dos resultados e as considerações finais.

2. A RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS E O RETORNO DAS AÇÕES

O pressuposto central do APT descrito por Ross (1976) é o fato da existência de mercados com informação perfeita e a impossibilidade da obtenção de ganhos consistentes via arbitragem pelos investidores. Uma vez que a informação é disponível amplamente, todos os agentes são capazes de avaliar os fatores macroeconômicos que influenciam os preços das ações. No entanto, a teoria não reporta *ex-ante* quais variáveis macroeconômicas são relevantes para explicar os retornos acionários. Segundo Chen et al. (1986), quaisquer fatores são potencialmente importantes dentro do modelo, pois influenciam nas expectativas para os dividendos distribuídos e sobre as taxas de desconto utilizadas no apreamento dos ativos. Os autores complementam que, ainda que uma determinada variável macroeconômica não interfira diretamente sobre os fluxos de caixas correntes das empresas, a mesma deve alterar o conjunto de oportunidade de investimentos, e, conseqüentemente, os retornos dos ativos.

Posteriormente à publicação da teoria de precificação por arbitragem, houve uma ampliação do debate acerca da inter-relação entre os setores produtivos da economia e os mercados financeiros dentro das pesquisas em finanças. Segundo Fama (1981), por exemplo, a correlação negativa observada entre os retornos das ações e a inflação nos Estados Unidos é uma *proxy* para a relação positiva entre o nível de atividade econômica e a inflação. Neste contexto, Fama (1981) ressalta que, por anteciparem eventos econômicos, os mercados acionários seriam instrumentos de previsão para a tendência futura da economia. Já Geske e Roll (1983) desenvolvem a teoria da causalidade reversa, baseada no papel do governo e os efeitos das políticas fiscal e monetária. De acordo com os autores, variações antecipadas nos mercados de ações refletem a reversão das expectativas dos investidores acerca do processo inflacionário, desencadeada por uma série de eventos econômicos.

Lee (1992) explora as relações entre os retornos acionários e a taxa de inflação, as taxas de juros e a atividade real, aqui mensurada pela produção industrial. destaca-se a correlação positiva entre as taxas de juros nominais e a taxa de inflação, somadas às evidências de que os retornos das ações auxiliam na previsão da atividade econômica futura. No Brasil, Nunes, Costa e Meurer (2005) afirmam que a taxa de inflação e os retornos do Ibovespa não apresentam uma relação significativa, de modo que os retornos do mercado de ações não servem de *hedge* para a inflação esperada. Os autores ressaltam ainda a influência do mercado acionário sobre a taxa de inflação transmitida via variações nas taxas de juros.

A relação entre as taxas de juros e o mercado de ações americano é analisada por Rigobon e Sack (2003), cujos resultados apontam para o fato de que os retornos das ações impactam positivamente as taxas de juros de curto prazo. O estudo enfatiza ainda que o Banco Central reage diretamente a eventos macroeconômicos, gerados ou refletidos nos mercados de ações. Em uma ampla análise para doze países industrializados, Rapach, Wohar e Rangvid (2005) concluem que a taxa de juros é a variável mais importante na previsão dos movimentos acionários, ao passo que a produção industrial e as taxas de desemprego não podem ser consideradas bons instrumentos preditivos. Já, Fernandez-Perez et al. (2014) ressaltam o papel da estrutura a termo da taxa de juros no tocante ao seu forte poder de antecipação de quedas nos preços das ações observadas nas bolsas da Espanha e Peiró (2016). Afirma que, tanto no Reino Unido, quanto na França e na Alemanha, a trajetória dos retornos acionários é determinada pelos movimentos das taxas de juros e da produção industrial.

Em relação à teoria que relaciona as taxas de câmbio e o mercado de ações, Solnik (1974) enfatiza a paridade do poder de compra da moeda como fator relevante para a tomada de decisão de consumo de investidores que utilizam as rendas obtidas dos retornos de suas ações. Nesse sentido, os prêmios de risco provenientes da correlação entre os retornos acionários e as variações cambiais devem ser ocasionados por desvios da paridade de compra dos investidores que operam em mercados internacionais (Solnik, 1974). Contudo, Solnik (1987) apresenta evidências empíricas de que choques monetários nos Estados Unidos colaboram para a relação positiva entre as taxas de câmbio e os retornos das ações, as quais servem como uma *proxy* para o crescimento antecipado da atividade econômica. Já segundo Jorion (1991), os prêmios de risco de ações dependem de suas ligações com o mercado externo, embora as taxas de câmbio não sejam significativas nos modelos de arbitragem de múltiplos fatores.

Chen e Chiang (2016) enfatizam a relação direta entre a depreciação do yuan frente ao dólar e os retornos acionários chineses. Os autores argumentam que o evento está diretamente ligado à promoção das exportações em resposta à elevação da taxa de câmbio, as quais levam ao aumento dos lucros das empresas do setor de exportações e, conseqüentemente, ao aumento dos preços das ações. Já em um estudo voltado à alocação de portfólios entre 42 países, Cenedese, Payne, Sarno e Valente (2016) ressaltam que a taxa de câmbio não é correlacionada com o preço das ações. Neste sentido, os referidos autores relatam que a possibilidade de um investidor obter ganhos de arbitragem em diferentes mercados acionários não é influenciado por variações cambiais.

Abordando vinte economias da América Latina, Ásia, Europa, África e Oriente Médio, Bilson, Brailsford e Hooper (2001) mostram que, na maioria dos países emergentes, os retornos das ações são influenciados principalmente pelas taxas de câmbio e pelo índice de ações internacional (*Morgan Stanley Capital International Index* - MSCI). De acordo com Abdelaziz, Chortareas e Cipollin (2008), as ações dos mercados do Egito, Omã, Kuwait e Arábia Saudita mantêm relações estáveis de longo prazo com suas respectivas taxas de câmbio. Já Abugri (2008) verifica a dinâmica dos mercados de ações da Argentina, Brasil, Chile e México em resposta a variáveis domésticas e internacionais. Especificamente para o Brasil, os agregados domésticos explicam em parte os retornos das ações, enquanto as taxas de juros americanas e o índice de ações internacional (MSCI) são robustos para determinar os retornos dos ativos.

A literatura descrita é destacada no quadro 1, relacionando as variáveis exógenas analisadas e os referentes autores dos trabalhos:

Quadro 1: Resumo da literatura.

Variável exógena	Autores
Inflação	Fama (1981), Geske & Roll (1983), Chen, Roll & Ross (1986), Lee (1992), Nunes, Costa Jr. e Meurer (2005).
Taxa de câmbio	Solnik(1977), Solnik(1987), Jorion (1991), Bilson, Brailsford & Hooper (2001), Abdelaziz, Chortareas & Cipollin (2008), Chen & Chiang (2016)
Produção industrial	Chen, Roll e Ross (1986), Lee (1992), Rapach, Wohar & Rangvid (2005), Peiró (2016).
Taxa de desemprego	Rapach, Wohar & Rangvid (2005)
Taxas de juros internacionais	Abugri (2008)
Estrutura a termo da taxa de juros	Chen, Roll & Ross (1986), Fernandez-Perez et al. (2014).
Taxas de juros domésticas	Lee (1992), Rigobon & Sack (2003), Rapach, Wohar & Rangvid (2005), Peiró (2016)
Índices de ações internacionais	Bilson, Brailsford, & Hooper (2001), Abugri (2008)
Commodities	Chen, Roll & Ross (1986).

Fonte: quadro elaborado pelos autores.

3. A TEORIA DA PRECIFICAÇÃO POR ARBITRAGEM

Segundo a teoria da precificação por arbitragem de Ross (1977), os retornos das ações são influenciados por fatores macroeconômicos, os quais perfazem o risco sistemático, bem como por riscos inerentes às próprias empresas. Empiricamente, a relação pode ser descrita através de um modelo econométrico como apresentado em (1):

$$R_{it} = \beta_0 + \beta_1 F_{1it} + \beta_2 F_{2it} + \beta_3 F_{3it} + \dots + \beta_{nt-1} F_{nit-1} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Em que R_{it} é o retorno de uma ação ou de um portfólio i no instante t , $F_{1t} \dots F_{nt-1}$ são os fatores macroeconômicos e ε_{it} , o resíduo da regressão, correspondem aos riscos específico das empresas. As relações entre os retornos das ações e as variáveis sistemáticas são mensuradas através dos coeficientes angulares $\beta_1 \dots \beta_n$.

A teoria não define a priori quais são os fatores a serem testados. Segundo Chen et al. (1986), quaisquer variáveis sistemáticas que afetem os modelos de precificação ou que influenciem os dividendos também influenciariam os retornos do mercado de ações. Tal variável seria aquela que não tem influência direta nos fluxos de caixa atuais, mas que descreve a mudança no conjunto de oportunidades de investimento. Por exemplo, espera-se que a depreciação da moeda doméstica estimule investimento de empresas voltadas à exportação. Nesse sentido, a elevação da taxa de câmbio implicará em resultados positivos no futuro, elevando-se as expectativas para maiores dividendos distribuídos. Conseqüentemente os retornos das suas ações devem responder antecipadamente ao evento.

Assim, o preço de uma ação é determinado pelo fluxo de dividendos esperados $E(c)$, descontados por uma taxa k , como apresentado por Chen et al. (1986):

$$P = \frac{E(c)}{k} \quad (2)$$

O retorno total sobre o investimento em uma ação ao longo do tempo é dado pela soma do ganho de capital auferido através da variação dos preços $\left(\frac{dP}{P}\right)$ e dos proventos distribuídos pela

empresa $\left(\frac{c}{P}\right)$. Por conseguinte, o retorno depende de mudanças das expectativas dos agentes $\frac{dE(c)}{E(c)}$, assim como a alterações nas taxas de desconto $\frac{dk}{k}$, como representado na equação (3).

$$\frac{dP}{P} + \frac{c}{P} = \frac{dE(c)}{E(c)} - \frac{dk}{k} + \frac{c}{P} \quad (3)$$

As taxas praticadas no mercado são influenciadas tanto por mudanças no nível dos juros da economia, bem como pelos spreads entre as diversas maturidades da estrutura a termo da taxa de juros. Conseqüentemente, variações nas taxas de juros influenciam na precificação dos ativos através de alterações no custo de capital das empresas mensurado pelo custo médio ponderado de capital (WACC).

Já a expectativa dos agentes quanto aos dividendos é formada a partir dos fluxos de caixa esperados, os quais são impactados por variáveis econômicas como: PIB, produção, inflação, taxa de juros, etc. Aumentos esperados na taxa de inflação alteram os fluxos de caixa nominais e as taxas de juros nominais e, conseqüentemente, determinam a avaliação quanto ao preço corrente das ações. Ademais, as expectativas quanto à atividade econômica futura influenciam as decisões de investimento das empresas e afetam os fluxos de caixa das empresas, impactando assim, nos retornos das ações (Chen et al.,1986).

4. DADOS E METODOLOGIA

Com o intuito de se aplicar a APT no Brasil, é testada a sensibilidade dos preços das ações de diferentes setores econômicos a choques originados de variáveis macroeconômicas domésticas e a fatores externos ocorridos no período compreendido entre os meses de janeiro de 2008 e dezembro de 2017, totalizando assim, 120 observações.

Através da especificação descrita pela equação (1) são estimados modelos lineares de mínimos quadrados ordinários (MQO). A fim de se segmentar a análise, as variáveis dependentes são definidas pelos retornos dos índices de ações setoriais divulgados pela bolsa de valores de São Paulo (Brasil, Bolsa, Balcão - B3), totalizando 7 equações finais. Segundo a B3, que divulga os índices, o objetivo desses indicadores é apresentar o desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade, dos quais:

- i. IFNC – Índice financeiro: setores de intermediários financeiros, serviços financeiros diversos, previdência e seguros.
- ii. IMOB – Índice imobiliário: setores da atividade imobiliária compreendidos por exploração de imóveis e construção civil.
- iii. ICON – Índice de consumo: setores de consumo cíclico, consumo não cíclico e saúde.
- iv. IMAT – Índice de materiais básicos: setor de materiais básicos.
- v. INDX – Índice do setor industrial: setores da atividade industrial compreendidos por materiais básicos, bens industriais, consumo cíclico, consumo não cíclico, tecnologia da informação e saúde.
- vi. UTIL – Índice utilidade pública: setor de utilidade pública (energia elétrica, água e saneamento e gás).
- vii. IEE – índice energia elétrica: setor de energia elétrica.

Em relação às variáveis exógenas, o grupo de fatores macroeconômicos testados são baseados em Chen et al., (1986). A periodicidade das variáveis é mensal e as mesmas são subdivididas em sete grupos, a saber: taxas de juros, índices de inflação, taxa de câmbio, indicadores de atividade

econômica, *commodities*, variáveis externas, além de um grupo de variáveis construídos com base nas primeiras. O quadro 2 detalha as variáveis e apresenta as fontes nas quais os dados foram coletados, a saber: BCB (Banco Central do Brasil), FRED (*Federal Reserve Bank of St. Louis – EUA*), Seade (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados de São Paulo), FGV (Fundação Getúlio Vargas), Anbima (Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e Fecomercio – SP.

Quadro 2: Variáveis exógenas analisadas

Variável	Categoria	Descrição	Fonte
CDI	Taxa de juros	Certificado de depósito interbancário/over	BCB
LTN1	Taxa de juros	Estrutura a termo da taxa de juros - LTN (pré) 1 mês	Anbima
LTN3	Taxa de juros	Estrutura a termo da taxa de juros - LTN (pré) 3 meses	Anbima
LTN6	Taxa de juros	Estrutura a termo da taxa de juros - LTN (pré) 6 meses	Anbima
LTN12	Taxa de juros	Estrutura a termo da taxa de juros - LTN (pré) 12 meses	Anbima
IGPM	Inflação	Índice geral de preços de mercado	FGV
IPCA	Inflação	Índice de preços ao consumidor amplo	IBGE
expIPCA	Inflação	Expectativa do IPCA para 12 meses	BCB
expCONS	Consumo	Índice de confiança da população em relação à economia	Fecomercio SP
PI	Produção Industrial	Produção industrial mensal	IBGE
Desemp	Taxa de desemprego	Taxa de desemprego na Região Metropolitana de São Paulo	SEADE/PED
Câmbio_comercial	Taxa de câmbio	Taxa de câmbio (R\$/ US\$) comercial venda-fim de período	BCB
Câmbio_real	Taxa de câmbio	Taxa de câmbio efetiva real (deflacionada pelo IPCA)	BCB
Com_met_Br	<i>Commodities</i>	Índice de commodities metálicas - Brasil	BCB
Iron	<i>Commodities</i>	Preço internacional do minério de ferro	FRED
Oil	<i>Commodities</i>	Preço do barril de petróleo (<i>crude oil</i>)	FRED
TBILL3	Taxa de juros internacional	T-Bill de 3 meses (EUA)	FRED
TNOTE2	Taxa de juros internacional	T-Note de 2 anos (EUA)	FRED
TNOTE10	Taxa de juros internacional	T-Note de 10 anos (EUA)	FRED
DOW	Índice internacional	Retornos das ações do índice Dow Jones	FRED
VIX	Índice internacional	CBOE <i>Volatility Index</i> (volatilidade sobre opções S&P500)	FRED
Spread IPCA	Inflação	Diferença entre o IPCA e a expectativa para o IPCA	derivada
Spread_Br_12-CDI	Taxa de juros	Spread entre LTN12 meses e CDI/over	derivada
Spread_Br_12-1	Taxa de juros	Spread entre LTN12 meses e LTN1 mês	derivada
Spread_USA_10-3m	Taxa de juros Internacional	Spread entre T-note 10 anos e Tbill 3 meses	derivada
PPC	Taxa de câmbio	Paridade do poder de compra Câmbio*[(IPC_EUA)/INPC]	derivada

Fonte: elaborado pelos autores.

Nas análises apresentadas são utilizadas as variações das variáveis, as quais foram calculadas continuamente, ou seja: $\ln(X_t) - \ln(X_{t-1})$. De acordo com Morettin (2011), o cálculo dos retornos na forma contínua, através dos log-retornos, aproxima-se ao cálculo dos retornos em tempo discreto, como apresentado pela equação 4. Em que P são os preços em t e t-1 e R o retorno em t:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \approx \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \quad (4)$$

Moretin (2011) ressalta ainda que a forma funcional é a mais adequada a ser aplicada sobre processos estocásticos, como os preços das ações. Os retornos logarítmicos asseguram que a série estudada seja estacionária, ou seja, um processo que oscila em torno de uma média constante e que possui variância também constante. Assim, uma vez que o interesse de análise esteja nas variações dos ativos (retornos) ao invés de seus níveis (preços), a estacionariedade é uma propriedade estatística desejável. Portanto, para avaliar tal característica foram realizados os testes de raiz unitária (ADF)ⁱ, através dos quais foi possível concluir que todas as variáveis são estacionárias.

A análise destaca-se também pelo critério de seleção dos modelos econométricos, os quais determinam as relações propostas. A seleção é realizada de forma rigorosa, ou seja, por meio da escolha de variáveis de elevada significância estatística, cujos coeficientes possuam p-valor igual ou inferior a 1%. Adicionalmente, os modelos finais devem apresentar ajustes que minimizem problemas relacionados ao viés, eficiência e especificação econométrica, permitindo a realização de inferências corretas sobre os parâmetros. Os testes realizados são os seguintes:

- a) Teste de autocorrelação AR 1-7 (Teste de Portmanteau): Hipótese nula: ausência de correlação serial até a 7ª defasagem (o asterisco informa a rejeição de H0 e aponta presença do problema).
- b) Teste de normalidade dos resíduos (Jarque-Bera) - Hipótese nula: os resíduos do modelo seguem uma distribuição normal (o asterisco informa a presença do problema).
- c) Teste de heterocedasticidade condicional autoregressiva (ARCH test) - Hipótese nula: ausência de heterocedasticidade condicional (o asterisco informa a rejeição de H0 e aponta presença do problema).
- d) Teste de heterocedasticidade (Hetero test) – resíduos ao quadrado (Teste de White): Hipótese nula: variância constante ou resíduos homocedásticos (o asterisco informa a rejeição de H0 e aponta presença do problema).
- e) Teste de heterocedasticidade (Hetero-X test) – resíduos ao quadrado e produtos cruzados (Teste de White): Hipótese nula: variância constante ou resíduos homocedásticos (o asterisco informa a rejeição de H0 e aponta presença do problema).
- f) Teste de especificação (Teste RESET de Ramsey): Hipótese nula: não há variáveis omitidas no modelo (o asterisco informa a presença do problema).

Para que ambos os critérios definidos sejam atendidos, tanto no tocante ao nível de significância estatística quanto em relação aos problemas econométricos, a otimização da função objetivo proposta é baseada na metodologia do algoritmo *Autometrics*ⁱⁱ de seleção automática de modelos de mínimos quadrados ordinários (MQO), como descrita por Doornik (2009). O *Autometrics* caracteriza-se por ser uma sequência de passos, cujo objetivo é a busca de uma forma funcional que possa exprimir da forma mais precisa possível o fenômeno observado. As etapas do processo são descritas como segue.

Inicialmente, o algoritmo *Autometrics* solicita como pré-requisito a especificação de um modelo geral representativo dos dados, denominado Modelo Geral Irrestrito (MGI), que corresponde a um ponto de partida da execução do algoritmo. O MGI é definido por uma regressão em que todas as variáveis independentes disponíveis são testadas para explicar os retornos das ações. Uma vez definido o MGI, deve ser determinado o nível de significância para qual o modelo deverá ser reduzido e todas as variáveis submetidas. Eliminam-se, desta forma, as variáveis que se mostrem estatisticamente irrelevantes. Conforme enfatizam Doornik and Hendry (2013), este parâmetro também ressalta a tolerância com a perda da informação relativa entre o modelo geral e o escolhido.

Todas as variáveis que permitam a aproximação ao processo gerador de dados (PGD) objetivado no início das análises estão contidas no chamado modelo inicial ou geral, a partir do qual são

realizadas as seguintes etapas: (1) a formulação de um modelo geral irrestrito (MGI) congruente com os dados; (2) a aplicação de uma série de testes para a detecção de erros de especificação (os testes citados anteriormente, entre a) e f); (3) a eliminação de variáveis com coeficientes não significativos (cujos p-valores sejam maiores que 1%) e, por último, (4) a formulação e seleção de um formato congruente e mais compacto, denominado modelo específico (Hendry & Doornik, 2014).

Adicionalmente, o algoritmo apresenta o grau de confiabilidade das estimativas, além de identificar possíveis quebras estruturais capturadas pelos indicadores: *impulse indicator saturation* (IIS) e o *step indicator saturation* (SIS). Ambos os indicadores são capazes de controlar as variáveis omitidas que influenciam as variáveis explicativas, tais como perspectivas de alteração de políticas econômicas, efeitos microestruturais e etc. (Hendry & Doornik, 2014). O IIS permite adicionar uma variável *dummy* para cada observação, identificando a ocorrência de valores atípicos. O SIS, por sua vez, adiciona variáveis para a identificação de quebras estruturais.

Na pesquisa apresentada, os modelos são habilitados a utilizar saturação por *dummies* na identificação de *outliers* e quebras estruturais: (*step indicator saturation* - SIS) e (*impulse indicator saturation* - IIS), respectivamente, para cada observação da base de dados. Seguindo o procedimento da modelagem geral para a específica, estas variáveis são removidas quando são estatisticamente pouco significativas. Os níveis de significância utilizados para a estimação dos modelos são de 1% (opção *tiny* do *Autometrics*). Os modelos gerais irrestritos (MGI) contemplam as 26 variáveis exógenas com até 6 defasagens e a opção de busca prévia de defasagem habilitada. Adiciona-se ainda a opção de inclusão de constantes sazonais centradas com média zero (*CSeasonal*), cujo objetivo é a identificação de possíveis efeitos de sazonalidade.

Em suma, o *Autometrics* escolhe as variáveis mais importantes para se explicar os retornos das ações com base em dois critérios centrais: 1) significância estatística (p-valor máximo de 1%) e 2) um grupo de testes de especificações econométricas. Assim, são excluídas variáveis menos relevantes (p-valor acima de 1%), concomitantemente ao atendimento das propriedades estatísticas desejáveis inerentes aos modelos de mínimos quadrados ordinários. Tais propriedades garantem que os estimadores obtidos (os parâmetros betas estimados) sejam BLUE (*best linear unbiased estimators*) ou melhores estimadores lineares não viesados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações lineares entre os retornos das ações dos índices setoriais e as variáveis econômicas estão dispostas na tabela 1, a qual reporta os parâmetros das estimações, os testes t entre parênteses, bem como os respectivos coeficientes de determinação ajustados (R^2). Mediante o algoritmo *Autometrics* utilizado, todos os modelos contam com níveis de significância de 1%, sinalizando um ajuste pretendido. Tal como exposto na metodologia, além dos fatores macroeconômicos, o algoritmo inclui variáveis *dummy* que capturam movimentos atípicos e quebras estruturais na série de dados, ocasionados pela ocorrência de eventos sistemáticos (tabela 1).

Tabela 1: Modelos finais.

	IFNC	IMOB	ICON	IMAT	INDX	IEE	UTIL
Constante	0,491 (0,929)	-0,030 (-0,057)	1,209* (3,450)	-0,709 (-1,080)	0,141 (0,352)	0,700 (1,580)	0,789 (1,820)
Vix		-0,124* (-4,550)	-0,083* (-4,860)			-0,079* (-3,790)	-0,081* (-3,930)
Dow	0,902* (6,780)			0,804* (4,570)	0,739* (7,260)		
Câmbio real	-0,657* (-3,970)					-0,559* (-4,070)	-0,589* (-4,370)
Câmbio comercial		-0,806* (-4,470)	-0,452* (-5,810)	-0,512* (-3,300)			

Com M Brasil				0,529* (3,330)			
I:2008(6)			-12,350* (-3,300)				
I:2008(9)					-18,761* (-4,400)		
I:2008(10)	-34,173* (-2,500)				-18,222* (-4,040)		
I:2009(4)	35,815* (3,420)	12,264* (3,290)					
I:2009(7)	22,865* (2,400)						
I:2016(4)		16,436* (2,430)					
R ² ajustado	0,4410	0,6640	0,5310	0,4260	0,5480	0,2710	0,2940

Fonte: elaborada pelos autores. *significativo a 1%. Entre parênteses estão as estatísticas t dos parâmetros.

Nota-se que, em geral, todos os índices de ações setoriais são impactados por fatores externos, representados por duas variáveis de mercado: o índice de retorno das ações americanas (Dow Jones), ou pelo índice VIX, indicador que mede a volatilidade das opções sobre ações do S&P500. Observam-se relações positivas entre o Dow Jones e as ações do setor financeiro (IFNC), de materiais básicos (IMAT) e indústria (INDX), ao passo que o aumento da volatilidade (VIX) tende a gerar quedas nos retornos das ações imobiliárias (IMOB), de consumo (ICON), energia elétrica (IEE) e *utilities* (UTIL).

As taxas de câmbio são também importantes para explicar quedas nos mercados de ações. O índice financeiro (IFNC), o índice de *utilities* (UTIL) e o elétrico (IEE) mostram relações negativas com o câmbio real (deflacionado pelo IPCA), já os retornos dos índices: imobiliário (IMOB), consumo (ICON) e de materiais básico (IMAT) são sensíveis a variações da taxa de câmbio comercial. O fator cambial apenas não apresenta significância estatística quando relacionado a ações ligadas à indústria (INDX). Por fim, o índice de *commodities* (Com M Brasil) é relevante no tocante à sua influência positiva sobre os retornos do índice de materiais básicos (IMAT).

Vale ressaltar que uma série de eventos sistemáticos influenciaram os retornos do mercado de ações brasileiro ao longo do período estudado. As *dummies* de impulso, indicadas como: I:ano(mês), inclusas nas equações, capturam os impactos de tais movimentos. As *dummies* I:2008(6), I:2008(9) e I:2008(10) descrevem as expressivas desvalorizações das bolsas internacionais ocasionadas pela deflagração da crise do *subprime* de 2008. Já a subsequente recuperação dos preços dos ativos no ano de 2009 é capturada através dos parâmetros positivos das *dummies* de abril e julho daquele ano, I:2009(4) e I:2009(7), respectivamente. Por fim, a *dummy* de abril de 2016 (I:2016(4)) exprime o impulso positivo ocorrido nas ações de consumo frente às expectativas otimistas acerca da recuperação da economia, desencadeadas por fatores políticos internos. As relações descritas são representadas entre as equações (5) a (11):

$$\text{IFIN} = 0,49 + 0,90 (\text{Dow}) - 0,66(\text{Câmbio real}) \quad (5)$$

$$\text{IMOB} = -0,03 - 0,12(\text{VIX}) + 0,80(\text{Câmbio comercial}) - 34,17(\text{I:2008(10)}) + 35,81(\text{I:2009(4)}) + 22,86(\text{I:2009(7)}) \quad (6)$$

$$\text{ICON} = 1,21 - 0,08 (\text{VIX}) - 0,45 (\text{Câmbio comercial}) - 12,35 (\text{I:2008(6)}) + 12,26 (\text{I:2009(4)}) + 16,43 (\text{I:2016(4)}) \quad (7)$$

$$\text{IMAT} = -0,709 + 0,804(\text{Dow}) - 0,512(\text{Câmbio comercial}) + 0,529(\text{Com M Brasil}) \quad (8)$$

$$\text{INDX} = 0,141 + 0,739(\text{Dow}) - 18,761(\text{I:2008(9)}) - 18,222(\text{I:2008(10)}) \quad (9)$$

$$\text{IEE} = 0,700 + -0,079(\text{VIX}) - 0,559(\text{Câmbio real}) \quad (10)$$

$$\text{UTIL} = 0,789 - 0,081(\text{VIX}) - 0,589(\text{C\u00e2mbio real}) \quad (11)$$

O segundo crit\u00e9rio atendido pelo algoritmo *Autometrics* \u00e9 referente aos testes econ\u00f4micos que indicam a confiabilidade estat\u00edstica dos modelos e est\u00e3o descritos na tabela 2. O p-valor igual a zero da estat\u00edstica F indica que todas as estimativas apresentam signific\u00e2ncia estat\u00edstica conjunta dos coeficientes. J\u00e1 para os demais testes de especifica\u00e7\u00e3o, valores superiores a 0,05, significam a aus\u00eancia do problema a 5% de signific\u00e2ncia.

Tabela 2: Testes econ\u00f4micos.

	IFNC	IMOB	ICON	IMAT	INDX	IEE	UTIL
Teste F	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
AR 1-7 test:	(0,5394)	(0,0160)*	(0,3661)	(0,4004)	(0,2283)	(0,9373)	(0,4514)
ARCH 1-7 test:	(0,2914)	(0,8071)	(0,5828)	(0,1526)	(0,3705)	(0,4120)	(0,3362)
Normality test:	(0,3685)	(0,5009)	(0,1426)	(0,8751)	(0,2461)	(0,2992)	(0,1435)
Hetero test:	(0,8436)	(0,8079)	(0,3340)	(0,0647)	(0,4867)	(0,4135)	(0,8663)
Hetero-X test:	(0,8984)	(0,7750)	(0,2942)	(0,1826)	(0,4867)	(0,5598)	(0,7845)
RESET test:	(0,9826)	(0,6532)	(0,1566)	(0,1914)	(0,7269)	(0,9598)	(0,8777)

Fonte: elaborada pelos autores. *(Estima\u00e7\u00e3o realizada a partir da matriz de corre\u00e7\u00e3o de erros - HCSE).

Pode-se verificar que todos os modelos s\u00e3o ajustados de forma a minimizar os problemas de autocorrela\u00e7\u00e3o, heterocedasticidade, normalidade e especifica\u00e7\u00e3o das equa\u00e7\u00f5es. Contudo, ressalta-se que a especifica\u00e7\u00e3o do \u00edndice imobili\u00e1rio (IMOB) acarreta na impossibilidade de elimina\u00e7\u00e3o da autocorrela\u00e7\u00e3o dos res\u00edduos a 1% de signific\u00e2ncia, de tal forma que o ajuste final \u00e9 realizado atrav\u00e9s da matriz de corre\u00e7\u00e3o de erros (HCSE), o que garante a confiabilidade da infer\u00eancia estat\u00edstica.

Diante dos testes econ\u00f4micos realizados e os par\u00e2metros obtidos, pode-se afirmar que os modelos acarretam formas funcionais que descrevem de modo parcimonioso o poder explicativo das vari\u00e1veis macroecon\u00f4micas sobre os retornos dos \u00edndices setoriais. Nesse contexto, uma vez que todas vari\u00e1veis testadas s\u00e3o potencialmente relevantes (Chen et al., 1986), ressalta-se que as equa\u00e7\u00f5es (5 a 11) exprimem de modo eficiente as rela\u00e7\u00f5es. Assim, verifica-se que os impactos sobre as a\u00e7\u00f5es adv\u00eam primordialmente das varia\u00e7\u00f5es das taxas de c\u00e2mbio, do mercado de a\u00e7\u00f5es americano e, no caso espec\u00edfico do setor de mat\u00e9rias b\u00e1sicas, do \u00edndice de *commodities* met\u00e1licas. Dentro dos crit\u00e9rios de sele\u00e7\u00e3o de modelos propostos, n\u00e3o se pode afirmar que as demais vari\u00e1veis macroecon\u00f4micas mant\u00eam rela\u00e7\u00f5es lineares estatisticamente significativas com os retornos dos \u00edndices acion\u00e1rios.

As rela\u00e7\u00f5es negativas entre os \u00edndices de a\u00e7\u00f5es brasileiras e as taxas de c\u00e2mbio observadas (c\u00e2mbio real e c\u00e2mbio comercial) nos modelos estimados, podem ser explicadas pelos fluxos de capitais de curto prazo destinados a investimentos em carteira. O fato traz \u00e0 tona a hip\u00f3tese descrita por Solnik (1974), na qual a correla\u00e7\u00e3o entre o mercado acion\u00e1rio e o mercado cambial possui um componente relacionado ao comportamento de investidores globais e \u00e0 aloca\u00e7\u00e3o de portf\u00f3lio permeada pela paridade do poder de compra dos pa\u00edses.

Os par\u00e2metros negativos estimados para a taxa de c\u00e2mbio divergem daqueles observados por Chen e Chiang (2016). O argumento dos autores de que a desvaloriza\u00e7\u00e3o cambial tende a impactar positivamente sobre os pre\u00e7os das a\u00e7\u00f5es de empresas voltadas ao mercado externo n\u00e3o pode ser verificado no Brasil. No presente caso, enfatiza-se que a taxa de c\u00e2mbio apenas n\u00e3o acarreta em maiores retornos das a\u00e7\u00f5es de materiais b\u00e1sicos (IMAT), setor este que, geralmente, \u00e9 relacionado \u00e0 exporta\u00e7\u00e3o. Contudo, h\u00e1 de se ponderar que a\u00e7\u00f5es deste setor se relacionam positivamente com o \u00edndice de *commodities* met\u00e1licas (Com M Brasil). Conseq\u00fcentemente, a cota\u00e7\u00e3o dessas *commodities* \u00e9 um fator preponderante \u00e0 desvaloriza\u00e7\u00e3o cambial para explicar os retornos acion\u00e1rios de materiais b\u00e1sicos.

Em relação ao mercado externo, observa-se a relevância do índice Dow Jones no desempenho das ações brasileiras (IFNC, IMAT e INDX). Os coeficientes positivos corroboram as conclusões de que mercados emergentes acompanham a tendência dos mercados desenvolvidos, tal como descrito por Bilson, Brailsford and Hooper (2001). Adicionalmente, o estudo está alinhado com a exposição de Abugri (2008), em que as ações internacionais são importantes para determinar os retornos dos ativos do Brasil. No tocante aos índices: imobiliário (IMOB), de consumo (ICONS), elétrico (IEE) e de *utilities* (UTIL), a análise é similar à anteriormente exposta. Entretanto, tal relação com o mercado externo se faz via volatilidade, haja vista os parâmetros negativos inerentes ao índice da volatilidade das opções sobre ações americanas (VIX). Assim, o referente índice é um fator relevante no que diz respeito à percepção de risco dos investidores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a verificar as relações entre fatores sistemáticos e os retornos de ações brasileiras segmentadas em setores de atividades. Com base na teoria da precificação por arbitragem (APT) de Ross (1976), foi testado o poder explicativo de vinte e seis variáveis macroeconômicas sobre os retornos de sete índices de ações setoriais. A metodologia baseou-se na utilização do algoritmo *Autometrics* de seleção de modelos para que se obtivessem especificações econométricas parcimoniosas e eficientes.

Mediante os resultados obtidos, ressalta-se a relação negativa entre as taxas de câmbio e os retornos das ações brasileiras, o que permite afirmar a importância do influxo de divisas sobre o desempenho acionário. Adicionalmente, todos os setores analisados são, em alguma medida, dependentes do movimento do mercado internacional, seja via o desempenho das ações (Dow Jones), ou via risco (VIX). Neste cenário, as ações setoriais respondem positivamente à apreciação dos preços dos ativos americanos ou negativamente ao aumento da volatilidade de suas ações. Para além disto, não se pode afirmar que as demais variáveis macroeconômicas tendem a gerar choques significativos sobre os retornos acionários, exceto no caso do índice de *commodities* metálicas (Com M Brasil), cujos aumentos dos preços produzem impactos positivos sobre o retorno das ações do setor de materiais básicos (IMAT).

As relações entre fatores macroeconômicos e os mercados acionários são amplamente descritos na literatura. Todavia, este artigo contribui para o avanço da discussão acerca da precificação de ativos, ao utilizar-se da metodologia pautada na seleção de variáveis de alta significância estatística para explicar os retornos das ações, além da eliminação de problemas econométricos.

Ressalta-se, por fim, que a pesquisa avaliou se as variáveis macroeconômicas selecionadas se relacionam linearmente com os retornos de ações. Embora tenha se constatado que o câmbio, o mercado externo (Dow Jones e Vix) e o índice de *commodities* metálicas sejam significativos, não se deve afirmar a possibilidade de que os preços dos ativos brasileiros guardem relações não lineares com as variáveis, aspecto que merece maior atenção em oportunidades futuras de novos trabalhos.

REFERÊNCIAS

- Abdelaziz, M., Chortareas, G., & Cipollini, A. (2008). Stock prices, exchange rates, and oil: Evidences from Middle East oil-exporting countries. *Topics in Middle Eastern and North African Economies*, 10.
- Abugri, B. A. (2008). Empirical relationship between macroeconomic volatility and stock returns: Evidence from Latin American markets. *International Review of Financial Analysis*, 17(2), 396-410.

- Bilson, C. M., Brailsford, T. J., & Hooper, V. J. (2001). Selecting macroeconomic variables as explanatory factors of emerging stock market returns. *Pacific-Basin Finance Journal*, 9(4), 401-426.
- Cenedese, G., Payne, R., Sarno, L., & Valente, G. (2015). What do stock markets tell us about exchange rates? *Review of Finance*, 20(3), 1045-1080.
- Chen, N. F., Roll, R., & Ross, S. A. (1986). Economic forces and the stock market. *Journal of business*, 383-403.
- Chen, X., & Chiang, T. C. (2016). Stock returns and economic forces—An empirical investigation of Chinese markets. *Global Finance Journal*, 30, 45-65.
- Doornik, J. A. (2009) Autometrics. In J. Castle, N. Shephard (Eds.). *The Methodology and Practice of Econometrics: A Festschrift in Honour of David F. Hendry*. (p. 88-121). OUP Oxford.
- Doornik, J. A., & Hendry, D. F. (2013). PcGive™ 14 Volume I. London: Timberlake Consultants.
- Fama, E. F. (1981). Stock returns, real activity, inflation, and money. *The American economic review*, 71(4), 545-565.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of financial economics*, 33(1), 3-56.
- Fernandez-Perez, A., Fernández-Rodríguez, F., & Sosvilla-Rivero, S. (2014). The term structure of interest rates as predictor of stock returns: Evidence for the IBEX 35 during a bear market. *International Review of Economics & Finance*, 31, 21-33.
- Geske, R., & Roll, R. (1983). The fiscal and monetary linkage between stock returns and inflation. *The journal of Finance*, 38(1), 1-33.
- Hendry, D. F., & Doornik, J. A. (2014). *Empirical model discovery and theory evaluation: automatic selection methods in econometrics*. MIT Press.
- Jorion, P. (1991). The pricing of exchange rate risk in the stock market. *Journal of financial and quantitative analysis*, 26(3), 363-376.
- LEE, B. S. (1992). Causal relations among stock returns, interest rates, real activity, and inflation. *The Journal of Finance*, 47(4), 1591-1603.
- Lintner, J. (1965). Security prices, risk, and maximal gains from diversification. *The journal of finance*, 20(4), 587-615.
- Morettin, P. A. (2011). *Econometria Financeira: Um Curso em Séries Temporais Financeiras*, 1ª Edição. São Paulo, Editora Edgar Blücher.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 768-783.

- Nunes, M. S., da Costa Jr, N. C., & Meurer, R. (2005). A relação entre o mercado de ações e as variáveis macroeconômicas: uma análise econométrica para o Brasil. *Revista Brasileira de Economia*, 59(4), 585-607.
- Peiró, A. (2016). Stock prices and macroeconomic factors: some European evidence. *International Review of Economics & Finance*, 41, 287-294.
- Rapach, D. E., Wohar, M. E., & Rangvid, J. (2005). Macro variables and international stock return predictability. *International journal of forecasting*, 21(1), 137-166.
- Rigobon, R., & Sack, B. (2003). Measuring the reaction of monetary policy to the stock market. *The quarterly journal of Economics*, 118(2), 639-669.
- Roll, R., & Ross, S. A. (1980). An empirical investigation of the arbitrage pricing theory. *The Journal of Finance*, 35(5), 1073-1103.
- Ross, S. A. (1976). Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of Economic Theory*, 13.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425-442.
- Solnik, B. H. (1974). An equilibrium model of the international capital market. *Journal of economic theory*, 8(4), 500-524.
- Solnik, B. (1987). Using financial prices to test exchange rate models: A note. *The journal of Finance*, 42(1), 141-149.

ⁱ Os autores se disponibilizam a oferecer os testes ADF (Augmented Dickey–Fuller test) realizados (com drift e com tendência).

ⁱⁱ O algoritmo Autometrics faz parte do software *Oxmetrics*. Informações disponíveis no link: (<http://www.timberlake.co.uk/software/oxmetrics.html>).