

Título: Influência dos retornos do barril de petróleo nos retornos dos ADRs da Petrobras.

Autor: Rogério Paulucci Mauad

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

RESUMO

O barril de petróleo é a *commodity* mais negociada no mundo, tanto no mercado a vista como nos mercados futuros. Entre diversas classificações de petróleo, duas em especial dominam as negociações diárias nos mercados mundiais: o *Brent*, referência para o petróleo extraído no Mar do Norte e considerado *benchmark* para os preços mundiais da *commodity* e o *West Texas Intermediate* (WTI), referência para versões de petróleo leve. O objetivo deste artigo é analisar se os retornos diários nos preços do barril de petróleo, representado pelas duas classificações mais negociadas, influenciam os retornos diários do *American Depositary Receipt* (ADR) da Petróleo Brasileiro S.A., Petrobras, maior empresa estatal brasileira.

Palavras-chave: *commodity*, petróleo, *Brent*, *WTI*, Petrobras, retornos

ABSTRACT

The barrel of oil is the most traded commodity in the world, both in the spot market and in future markets. Among various classifications of oil, two in particular dominate the daily trading in world markets: Brent, the benchmark for oil produced in the North Sea and considered a benchmark for world prices of the commodity and the West Texas Intermediate (WTI) benchmark for version light oil. The objective of this paper is to analyze if the returns daily prices per barrel of oil, represented by the two most traded influence the returns of daily American Depositary Receipt (ADR) of Petroleo Brasileiro SA, Petrobras, Brazil's largest state-owned company.

Keywords: commodity, oil, Brent, WTI, Petrobras, returns

1. INTRODUÇÃO

O barril de petróleo, principal fonte de combustível fóssil mundial, é a *commodity* mineral mais transacionada do mundo por valor financeiro (Fonte: BLOOMBERG). Poucos países do mundo possuem grandes reservas comercialmente exploráveis e, em 2015, as maiores reservas comprovada, em bilhões de barris (bbl) encontram-se na Venezuela (297,7), Arábia Saudita (268,4), Canadá (173,2), Irã (157,3) e Iraque (140,3) (fonte: BUSINESS INSIDER). Os maiores países produtores, em fevereiro de 2016, classificados em milhões de barris por dia (bpd) são: Estados Unidos (13,7), Arábia Saudita (11,9), Rússia (11), China (4,6) e Canadá (4,4). (fonte: CNNMONEY).

Ao longo do século XX até este início de século XXI, o preço do barril de petróleo esteve ligado aos conflitos armados nas regiões produtoras e aos ciclos de expansão e recessão na economia mundial. Nove entre dez recessões na economia norte-americana, ocorridas após a Segunda Guerra Mundial foram precedidas por um aumento no preço da *commodity* (HAMILTON, 2005). Barsky e Killian (2004) analisam a correlação entre os preços do petróleo e o desempenho macroeconômico nos Estados Unidos e concluem que os choques nos preços da *commodity* contribuem para o aparecimento de recessões. Papatulica e Prisecaru (2016), analisando as quedas no preço do barril no período 2014-2016 apontam que nunca uma recessão econômica foi causada pelos baixos preços na *commodity*. No entanto, ante a queda acentuada e rápida nos últimos anos, não há uma clara indicação que isso não possa ocorrer.

O barril de petróleo é negociado nas principais praças financeiras mundiais em mercados a vista e mercados futuros, em várias classificações diferentes baseadas em local de extração, entrega e características físicas. Os principais contratos da *commodity* são o *Brent* e o *West Texas Intermediate* (WTI). O petróleo Brent é referência para o óleo tipo *crude light*, extraído no Mar do Norte e *benchmark* europeu para 70 % do óleo produzido mundialmente (BUYUKSAHIN ET AL, 2013). É o petróleo extraído em alto-mar e mais utilizado em refinarias do noroeste europeu. Cada contrato futuro, com vencimento mensal, envolve a entrega de 1.000 barris e a moeda de referência é o dólar norte-americano. É negociado diariamente, de forma quase ininterrupta, com horário de abertura às 20:00 e fechamento às 18:00 do próximo dia, ambos horários de Londres. Sua denominação é *ICE Brent Crude Oil*, e seu símbolo de negociação é B, determinado pela Intercontinental Exchange (ICE), com produto a entregar, com opção de liquidação financeira (BLOOMBERG).

O petróleo tipo WTI, é o *benchmark* para as classificações mais leves da *commodity* (*light sweet*). O contrato é negociado em unidades de 1.000 barris para entrega em Cushing, Oklahoma (BLOOMBERG), cidade escolhida por sua importância geográfica e estratégica, pois muitos oleodutos passam por Cushing (BORENSTEIN E KELLOG, 2012). Os petróleos brutos *light sweet*, no qual o WTI se encaixa, são preferidos pelos refinadores por causa do baixo teor de enxofre e pelos rendimentos relativamente altos para produtos de alto valor, como gasolina, diesel combustível, óleo para calefação e combustível para jatos (BLOOMBERG).

Historicamente, os preços do Brent e do WTI possuíam uma correlação próxima a 1,00, com preços e volatilidades muito similares, com um pequeno prêmio a favor do WTI, devido à sua leveza e menor quantidade de enxofre. Contudo, após a crise financeira de 2008, a paridade foi se dissipando e o *spread* Brent-WTI aumentando até atingir o pico de US\$ 30,62 em agosto de 2012. Para Buyuksahin *et al* (2013), o comportamento do *spread* na relação Brent-WTI é decorrente das posições assumidas pelos *traders* em mercados futuros.

Borenstein e Kellog (2012) atribuem a queda do WTI e a abertura de *spreads* a favor do Brent ao aumento na produção de *crude oil* nas formações de xisto, em Dakota do Norte, com a tecnologia do *fracking*, combinado com o aumento da produtividade nas regiões de areias betuminosas em Alberta, no Canadá e o excesso de capacidade no meio-oeste norte-americano. O excesso, decorrente da abertura de novas regiões produtoras, sobrecarregou os oleodutos em Cushing, diminuindo o preço do WTI em relação ao petróleo do Golfo do México e ao Brent do Mar do Norte (BORENSTEIN E KELLOG, 2012).

Os preços do petróleo estão em queda nas principais praças financeiras mundiais há alguns anos. Os preços do barril do Brent atingiram US\$ 27,88 e o barril de WTI tocaram em US\$ 33,15, ambos em 20.01.2016. A queda substancial e gradativa, ao longo dos últimos anos, diminuiu a produção por intermédio da tecnologia *fracking*, por ser mais onerosa, e reduziu o problema de capacidade nos oleodutos de Cushing, Oklahoma, diminuindo o *spread* entre o Brent e o WTI, tendo este último recuperado seu prêmio histórico.

Este artigo dedicar-se-á a medir se os retornos diários nas cotações do Brent e do WTI, são estatisticamente significantes para explicar os retornos diários no *american depositary receipt* (ADR) da Petrobras S.A. (cod. PBR), negociado na Bolsa de Valores de Nova York. Justifica-se a importância do trabalho pois a Petrobras é a maior empresa estatal brasileira, com centenas de milhares de acionistas nacionais e estrangeiros, cujos títulos são transacionados nas principais praças. É a uma das maiores produtoras mundiais e detentora de uma das maiores reservas individuais da *commodity*, entre as empresas de capital aberto do setor petrolífero. Destaca-se também a quase ausência de estudos acadêmicos relevantes acerca do tema, o que abre espaço para o desenvolvimento de modelos econométricos exploratórios, como os deste estudo.

O artigo contém algumas limitações a destacar, resumindo-se a analisar a influência dos preços dos *benchmarks* do petróleo nos retornos individuais dos ADRs da empresa. Muito embora a Petrobras esteja passando por momentos difíceis em relação aos desdobramentos da chamada Operação Lava-Jato, a qual expôs toda a corrupção interna dentro da companhia, bem como a política de contenção de preços de combustíveis e derivados, perpetrada pelo primeiro governo Dilma Roussef (2010-2014), que impediu a empresa de reajustar seus preços internos com base naqueles verificados no mercado internacional, o presente trabalho não examinará a influência de tais circunstâncias nos retornos dos ADRs e nem tecerá considerações nessas direções.

O artigo também não analisa as flutuações macroeconômicas globais e os ciclos de expansão e contração (*boom and bust*) da economia mundial, os quais influenciam os preços das *commodities* e também os retornos das ações nos diversos mercados. Esta segunda limitação, contudo, constitui uma sugestão de pesquisa para próximos artigos acerca do tema.

O estudo apresenta-se da seguinte forma: na próxima seção, uma breve resenha histórica da empresa Petrobras S.A; no capítulo 3, a revisão da literatura do tema; no capítulo 4, a metodologia empregada e a descrição das variáveis utilizadas; no capítulo 5, apresentação dos resultados e por fim as conclusões do estudo.

2. A PETROBRAS

A companhia Petróleo Brasileiro S.A., conhecida como Petrobras, foi fundada no segundo governo de Getúlio Vargas, em 3 de outubro de 1953, em meio a uma nacionalização dos poços brasileiros como resultado de uma campanha popular que durou sete anos, conhecida como “O Petróleo é Nosso” (fonte: PETROBRAS). Em 1968 começou a extrair petróleo em alto-mar e em 1974 descobriu a bacia de Campos, principal local produtor no país

até a descoberta do Pré-Sal em 2007. Suas maiores áreas de negócio e atuação são Exploração e Produção de petróleo e derivados, Abastecimento e Distribuição.

É uma empresa de economia mista, com parte de seu capital estatal, parte em mãos de investidores. Atualmente, a União Federal é dona de 63,79% das ações ordinárias, sendo 50,26 % diretamente e 13,53% através de participações indiretas pelo BNDES, BNDESParticipações, Caixa Econômica Federal e Fundo de Previdência dos funcionários do Banco do Brasil – Previ (fonte: BM&FBOVESPA).

O último balancete trimestral, publicado em 12.05.2016, reporta prejuízo de R\$ 1,246 bilhões, EBITDA ajustado de R\$ 21,1 bilhões e produção média de 2,616 milhões de barris de petróleo/dia, somadas as produções Brasil e exterior, uma queda de 5,79% em relação ao trimestre encerrado em 12/2015 (fonte: PETROBRAS). Em suas demonstrações financeiras, a empresa considera o valor médio do Brent como referência, cujo preço médio foi de US\$ 34 no primeiro trimestre de 2016, uma queda de aproximadamente 37% em relação ao mesmo período de 2015 e uma queda de 22% em relação ao trimestre anterior. O endividamento total da empresa, no fim do primeiro trimestre de 2016, é de US\$ 126,4 bilhões, com um custo médio de 6,00% a.a. e prazo médio de 7,04 anos, sendo 82% de sua dívida denominada em moedas estrangeiras como dólar e euro (fonte: PETROBRAS).

Suas ações encontram-se entre as mais líquidas na bolsa de valores de São Paulo, BM&FBovespa, onde são negociadas com os códigos PETR3 (ações ordinárias) e PETR4 (ações preferenciais). Em Nova York, seus títulos são negociados na New York Stock Exchange (NYSE), na forma de ADRs com os códigos PBR e PBRA, este correspondente a ação preferencial, desde outubro de 1996. Atualmente, a Petrobras é nível III no programa de ADR da NYSE. Cada ADR corresponde a duas ações ordinárias da empresa. (fonte: PETROBRAS).

Em dezembro de 2015, suas reservas provadas equivaliam a 13,279 bilhões de barris de óleo equivalente (boe), uma queda de 25% em relação ao ano anterior. A empresa também é ativa participante no comércio exterior brasileiro, ocupando o segundo lugar entre as empresas exportadoras e o primeiro entre as importadoras (fonte: MDIC). Neste cenário, supõe-se que qualquer mudança nos preços de comercialização de seu petróleo impactará nas receitas, investimentos, lucratividade e também os retornos efetivos dos recibos negociados diariamente na bolsa de valores de Nova York e nos retornos das ações da companhia negociadas na BM&FBovespa.

3. REVISÃO LITERÁRIA

O tema não é abordado em uma literatura acadêmica mais profunda, sendo explorado apenas em artigos dedicados a explicar como as variações no preço do barril de petróleo afetam o desempenho econômico e os índices compostos de ações. Na revisão bibliográfica não foi encontrado um modelo econométrico, desenvolvido nos últimos cinco anos, o qual avaliasse as variações específicas do preço do barril e os retornos de determinada ação petrolífera.

Chen, Roll e Ross (1986) enumeram o preço do petróleo entre as variáveis macroeconômicas explicativas de um estudo amplo, para avaliar a precificação no mercado de ações. Os resultados apontam que as mudanças de preços do petróleo não são estatisticamente significantes para explicar os preços das ações, porém aumentam os prêmios de risco. Jones e Kaul (1996) estudam o impacto dos preços do barril de petróleo, desde o pós-guerra, em quatro mercados de ações, Japão, Canadá, Estados Unidos e Reino Unido e concluem que,

com exceção desse último, os retornos do mercado são negativamente correlacionados com os preços passados e correntes do barril.

Giovannini, Grasso, Lanza e Manera (2006) estudam as correlações entre os retornos de diferentes companhias petrolíferas e seus fatores determinantes. Os índices de mercado e o *spread* entre os preços *spot* e futuros do petróleo são fatores endógenos às maiores companhias. Caballero, Farhi e Gourinchas (2008) sugerem a correlação negativa entre os preços do petróleo e o valor dos ativos, nos primeiros momentos que antecederam a crise do *subprime* em 2008. Após a deflagração da crise, contudo, os preços dos ativos e das *commodities* declinaram.

Kilian e Park (2009) desenvolvem um modelo para apurar o impacto dos preços do barril de petróleo nos retornos das ações no mercado norte-americano. O modelo inclui choques de oferta e analisa o retorno de todo o mercado agregado, e não apenas as ações de petrolíferas. Os retornos do mercado diferem e estão correlacionados às causas subjacentes que causam impacto nos preços do petróleo. Lake e Katrakilidis (2009) concluem que os mercados grego e norte-americano mostram-se mais voláteis às alterações no preço do petróleo, enquanto que os mercados inglês e alemão, não.

Ao testar os efeitos dos choques de petróleo nos mercados acionários dos BRICs, Ono (2011) conclui que os mercados chinês, indiano e russo respondem positivamente, com significância estatística, enquanto que no mercado brasileiro não foi encontrada essa relação. Lis, Nebler e Retzman (2012) testam o impacto do preço do barril de petróleo nos retornos das ações das empresas automobilísticas e concluem que estas não reagem de forma mais adversa aos choques de preços na *commodity*.

Monjazebe e Shakerian (2014) estudam o impacto das variações do preço do petróleo, e do ouro no retorno dos bancos no Irã, no período 2008-2012 e concluem pela relação positiva e estatisticamente significativa entre as variações do Brent e os retornos das ações dos bancos persas. Wei e Chen (2014) examinam os retornos dos preços do WTI frente as taxas de juros e os índices norte-americanos de ações e apontam a sensibilidade do S&P500 *energy index* às variações no preço do WTI.

Cueppers e Smeets (2015) revelam que os choques positivos nos preços do petróleo influenciam negativamente o desempenho do índice DAX da bolsa de Frankfurt, enquanto choques negativos nos preços da *commodity* não revelam o mesmo efeito inverso. Li, Lo, Chu e Su (2015) testam a correlação do preço do Brent com os preços no mercado acionário chinês e sugerem uma relação positiva e estatisticamente significativa entre ambos.

No Brasil, Pereira, Ferreira e Machado (2008) concluem que o preço do petróleo possui relação direta com a rentabilidade da aviação civil nacional, representada na pesquisa pelo estudo de caso da empresa TAM. Ribeiro, Carvalho Júnior e Bone (2009) concluem que o preço do barril de petróleo é o principal determinante para explicar o comportamento das variáveis econômicas das empresas petrolíferas. Algumas empresas possuem sua lucratividade ligada ao preço do barril, enquanto outras, como a Petrobras, dependem mais do nível de produção. Destacam os autores que o preço do Brent é uma variável não-significativa, pois a Petrobras não repassa ao mercado interno todas as variações de curto prazo nos preços internacionais.

4. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do modelo exploratório utilizado neste artigo foram coletados os dados de cotações diárias do Brent, negociado na ICE, do WTI, negociado na New York Mercantile Exchange (NYMEX) e as cotações diárias no ADR da Petrobras (PBR) e

calculados os retornos diários para obter as principais variáveis explicativas e a variável dependente (BRENT, WTI e PBR). O período de coleta iniciou-se em maio de 2011 e estendeu-se pelos cinco anos seguintes, totalizando até 1.273 observações. Foram eliminadas as observações diárias incompletas, decorrentes de feriados no mercado norte-americano e inglês. Optou-se por utilizar o título da Petrobras negociado em Nova York e não na BM&FBovespa, devido aos maiores volumes negociados diariamente na bolsa norte-americana e também pelo fato do dólar ser a moeda de referência do ADR e das cotações *spot* e de contratos futuros do barril de petróleo.

Este artigo estima, para fins de pesquisa, que a Petrobras é tomadora de preços em um mercado de livre formação através da interação entre compradores e vendedores, gerando ampla liquidez. Pressupõe-se também ausência de assimetria de informações e não foram consideradas no modelo eventuais problemas internos da companhia, notadamente decorrente de práticas e políticas de preços controlados, bem como aqueles provenientes de corrupção interna, apurados no âmbito da chamada Operação Lava-Jato.

Outra variável integrante do estudo é o retorno diário da cotação do dólar norte-americano perante o real brasileiro (USDBRL), utilizada no intuito de estudar como a oscilação do câmbio de referência impacta no retorno dos recibos negociados na bolsa norte-americana. Conforme exposto no último balancete trimestral da Petrobras (2016), a volatilidade do câmbio, representada pela valorização ou desvalorização da moeda brasileira, afeta o desempenho financeiro da companhia, pois cerca de 82% de sua dívida é em moeda estrangeira e sua exposição cambial líquida (passivo cambial – ativo cambial + *hedging accounting*) em 21.03.2016 é passiva em US\$ 45 bilhões (fonte: PETROBRAS).

No estudo inclui-se também os retornos diários dos *Treasury Bonds* de 2 e de 10 anos (USG2 e USG10), *proxies* para as taxa de juros de mercado livre de risco, de curto e de longo prazo, respectivamente. Outra variável independente é o retorno diário da cotação do dólar perante o iene japonês (USDJPY), uma *proxy* ao nível de risco do mercado como um todo. Segundo Canova e Ito (1991), a cotação dólar/iene é um laboratório interessante para se estudar os prêmios de risco do mercado, mostrando as condições macroeconômicas em duas das três maiores economias do mundo. Yoshikawa (1990), conclui que a relação dólar/iene baseia-se no preço dos recursos naturais em relação aos bens manufaturados, os termos de troca do Japão. Investidores também costumam realizar uma operação conhecida como *carry-trade*, aproveitando as baixas taxas de juros vigentes no país asiático para tomar emprestado em iene e investir em ativos com maiores retornos esperados ao redor do mundo.

Outras variáveis independentes foram incluídas no modelo econométrico, no sentido de mensurar os riscos de mercado. O *CBOE Volatility Index* (VIX) mede a volatilidade implícita das opções do índice S&P500 e é calculado diariamente pela Chicago Board Options Exchange (CBOE). Popularmente conhecido como “índice do medo”, suas altas indicam maior aversão ao risco por parte do mercado acionário.

Foram incluídos no modelo os retornos obtidos a partir das cotações diárias do índice acionário S&P500 da bolsa de valores de Nova York (S&P500), uma *proxy* para o comportamento do mercado acionário norte-americano amplo, onde os ADRs da Petrobras são negociados. A última variável explicativa estudada é o *spread* Brent-WTI (BR_WTI), cujos efeitos recentes, notadamente a partir de 2010, derrubaram décadas de paridade histórica entre ambos e podem explicar o comportamento do mercado petrolífero atual, a partir do aumento na produção de novas áreas, devido ao advento de novas tecnologias e influências dos mercados futuros (BORENSTEIN E KELLOG, 2012 e BUYUKSAHIN et al,

2013). Dada a volatilidade desta variável, opta-se por testá-la apenas em um modelo utilizando as taxas de juros de curto prazo (USG2), devido a sua maior volatilidade se comparada às taxas longas. Todos os dados utilizados foram obtidos na base *Bloomberg*.

As variáveis retornos diários foram calculados a partir das cotações originais pela equação (1):

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

R_t = retorno do ativo no tempo t

P_t = preço do ativo no tempo t

$P_{(t-1)}$ = preço do ativo no tempo t-1

Nas equações (2) e (3) faz-se uma regressão simples dos retornos diários do BRENT e do WTI explicando os retornos diários do ADR da Petrobras.

$$PBR = \alpha + \beta_1 \text{BRENT} + \varepsilon \quad (2)$$

$$PBR = \alpha + \beta_1 \text{WTI} + \varepsilon \quad (3)$$

Na equação (4) a (9) são feitas regressões com os retornos diários das variáveis envolvidas no estudo e a variável dependente PBR. Não é testado um modelo que envolva as variáveis BRENT e WTI na mesma equação, pois, apesar da correlação histórica entre ambos, próxima a 1,00, não se verificar há anos, ainda permanece alta, podendo gerar problemas de colinearidade, caso incluídos no mesmo modelo. Para se testar o efeito de ambos atuando em conjunto sobre os retornos de PBR, opta-se por utilizar os retornos dos *spreads* diários na relação Brent-WTI, exposto na equação (8). Neste sentido, as variáveis USG2 e USG10 por também apresentarem alta correlação e possível colinearidade foram estudadas em modelos diversos.

$$PBR = \alpha + \beta_1 \text{BRENT} + \beta_2 \text{USDBRL} + \beta_3 \text{USG2} + \beta_4 \text{VIX} + \beta_5 \text{USDJPY} + \beta_6 \text{SP500} + \varepsilon \quad (4)$$

$$PBR = \alpha + \beta_1 \text{BRENT} + \beta_2 \text{USDBRL} + \beta_3 \text{USG10} + \beta_4 \text{VIX} + \beta_5 \text{USDJPY} + \beta_6 \text{SP500} + \varepsilon \quad (5)$$

$$PBR = \alpha + \beta_1 \text{WTI} + \beta_2 \text{USDBRL} + \beta_3 \text{USG2} + \beta_4 \text{VIX} + \beta_5 \text{USDJPY} + \beta_6 \text{SP500} + \varepsilon \quad (6)$$

$$PBR = \alpha + \beta_1 \text{WTI} + \beta_2 \text{USDBRL} + \beta_3 \text{USG10} + \beta_4 \text{VIX} + \beta_5 \text{USDJPY} + \beta_6 \text{SP500} + \varepsilon \quad (7)$$

$$PBR = \alpha + \beta_1 \text{BR_WTI} + \beta_2 \text{USDBRL} + \beta_3 \text{USG2} + \beta_4 \text{VIX} + \beta_5 \text{USDJPY} + \beta_6 \text{SP500} + \varepsilon \quad (8)$$

O estudo dedica-se a testar as seguintes hipóteses:

H1: há uma correlação positiva entre o retorno diário nas cotações do BRENT e do WTI e o retorno diário nos ADRs da Petrobras (PBR);

H2: os retornos diários das variáveis explicativas BRENT e WTI são estatisticamente significantes para explicar os retornos diários na variável dependente PBR em todos os modelos.

Os dados foram submetidos ao método econométrico dos mínimos quadrados ordinários, com erros-padrões robustos para correção de heterocedasticidade, variante HCO e calculados pelo software *Gretl*.

5. RESULTADOS OBTIDOS

A tabela n. 1 mostra as estatísticas descritivas das variáveis estudadas. Destaca-se que os retornos mais voláteis, representados pelo desvio-padrão, se encontram nas variáveis BR_WTI, VIX e PBR (0,613736, 0,0781701, 0,0346808, respectivamente). A volatilidade dos retornos diários do dólar perante o real foi de 0,0102663, próxima à volatilidade do índice S&P 500 (0,00984052). BRENT mostrou-se mais volátil que WTI (0,0199392 x 0,0147906).

Tabela n. 1: Estatísticas Descritivas, usando as observações 1 - 1273
(valores ausentes ignorados)

Variável	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
PBR	-0,000596973	-0,000599716	-0,136891	0,168254
BRENT	-0,000441915	-0,000630842	-0,0977492	0,109780
WTI	-0,000439445	-0,000117655	-0,0772752	0,0931677
BR_WTI	0,00335868	-0,00179916	-12,8000	7,77778
USG10	-0,000117390	-0,00180571	-0,0940395	0,111011
USG2	0,00186667	0,000218055	-0,259715	0,237976
S_P500	0,000438972	0,000509018	-0,0666344	0,0474068
VIX	0,00290347	-0,00456830	-0,269583	0,500000
USDBRL	0,000642273	0,000365705	-0,0544719	0,0504621
USDJPY	0,000230183	9,77995e-005	-0,0300556	0,0354686
Variável	D.P.	C.V.	Enviesamento	Curtose Ex.
PBR	0,0346808	58,0944	0,378824	2,12819
BRENT	0,0199392	45,1199	0,294686	3,97375
WTI	0,0147906	33,6574	0,308790	5,87855
BR_WTI	0,613736	182,732	-5,11599	194,111
USG10	0,0246712	210,164	0,225105	1,11378
USG2	0,0516783	27,6848	0,0990982	2,58594
S_P500	0,00984052	22,4172	-0,374453	4,41338
VIX	0,0781701	26,9230	1,25897	5,11554
USDBRL	0,0102663	15,9844	0,0289467	1,85058
USDJPY	0,00593133	25,7679	0,116687	3,75830
Variável	Perc. 5%	Perc. 95%	Intervalo IQ	Observações ausentes
PBR	-0,0561294	0,0589196	0,0360243	1
BRENT	-0,0327225	0,0315838	0,0179589	1
WTI	-0,0254953	0,0220778	0,0114190	1
BR_WTI	-0,255613	0,340755	0,0881811	1
USG10	-0,0371449	0,0426216	0,0304530	16
USG2	-0,0811191	0,0846464	0,0559148	16
S_P500	-0,0155909	0,0153412	0,00939374	1
VIX	-0,106008	0,132468	0,0833738	1
USDBRL	-0,0151726	0,0179660	0,0109572	16
USDJPY	-0,00958455	0,00960843	0,00608841	16

A tabela n. 2 representa a matriz de correlação entre as variáveis. Algumas correlações entre as variáveis ultrapassam o valor de + 0,5000, como BRENT-WTI (0,8647) e USG2-USG10 (0,6977). Procura-se evitar problemas de colinearidade, razão pela qual estas variáveis não integram o mesmo modelo. Os sinais obtidos na matriz de correlação foram os esperados, destacando a correlação positiva inicialmente admitida entre BRENT e PBR e entre WTI e PBR, bem como a correlação negativa entre USDBRL e PBR e as correlações negativas entre BRENT e USDBRL e WTI e USDBRL. Observando este último resultado, pode-se supor que as altas nas cotações diárias do barril de petróleo, geram uma valorização do real perante o dólar.

As demais correlações entre as variáveis foram as esperadas. A correlação negativa entre VIX e USG10, USG2 e S_P500 corrobora a aversão ao risco por parte dos investidores. Em caso de aumento na aversão ao risco (alta nas cotações do VIX), os investidores preferem ativos livres de risco, representados por USG10 e USG2. Aumento na demanda destes títulos

faz cair o *yield*, gerando retorno negativo. Neste sentido, a correlação negativa do VIX com o SP500 (-0,8197), quase próxima à negativa perfeita, e aponta que, quando há alta (baixa) na aversão ao risco, o mercado acionário responde com uma baixa (alta).

Tabela n. 2: Coeficientes de correlação, usando todas as observações 1 - 1273
(valores ausentes ignorados)
5% valor crítico (bilateral) = 0,0549 para n = 1273

PBR	BRENT	WTI	BR_WTI	USG10	
1,0000	0,4570	0,4893	-0,0326	0,2337	PBR
	1,0000	0,8647	-0,0025	0,2800	BRENT
		1,0000	-0,0313	0,2833	WTI
			1,0000	0,0100	BR_WTI
				1,0000	USG10
USG2	S_P500	VIX	USDBRL	USDJPY	
0,0806	0,4674	-0,3894	-0,5454	0,0518	PBR
0,1494	0,3586	-0,2909	-0,2803	0,0843	BRENT
0,1459	0,3633	-0,2886	-0,2967	0,0936	WTI
-0,0041	0,0122	0,0096	0,0366	-0,0381	BR_WTI
0,6977	0,5038	-0,4091	-0,1408	0,3729	USG10
1,0000	0,2460	-0,2433	0,0030	0,3571	USG2
	1,0000	-0,8197	-0,4082	0,2617	S_P500
		1,0000	0,3422	-0,2923	VIX
			1,0000	0,0425	USDBRL
				1,0000	USDJPY

A tabela n. 3 representa os resultados obtidos pelo modelo de regressão simples, proposto na equação (2). A variável independente BRENT mostra-se estatisticamente significativa a 1% e o *R-quadrado ajustado* de 0,207668 sugere que o modelo em análise pode explicar aproximadamente 20,76% dos retornos diários da variável dependente PBR.

Tabela n. 3: Modelo equação (2): MQO, usando as observações 1-1272
Variável dependente: PBR

Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,000246175	0,000869148	-0,2832	0,77704	
BRENT	0,793814	0,054512	14,5622	<0,00001	***
Média var. dependente	-0,000597		D.P. var. dependente		0,034681
Soma resíd. quadrados	1,210288		E.P. da regressão		0,030870
R-quadrado	0,208292		R-quadrado ajustado		0,207668
F(1, 1270)	212,0574		P-valor(F)		1,54e-44
Log da verossimilhança	2620,072		Critério de Akaike		-5236,144
Critério de Schwarz	-5225,847		Critério Hannan-Quinn		-5232,276

Teste de White para a heteroscedasticidade -

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 24,3627

com p-valor = P(Qui-quadrado(2) > 24,3627) = 5,12527e-006

A tabela n. 4 apresenta os resultados obtidos pelo modelo de regressão simples, proposto na equação (3). A variável independente WTI mostra-se estatisticamente significativa a 1% e o *R-quadrado ajustado* de 0,236499 sugere que o modelo em análise pode explicar aproximadamente 23,64% dos retornos diários da variável dependente PBR.

Tabela n. 4: Modelo equação (3): MQO, usando as observações 1-1272

Variável dependente: PBR

Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-9,52386e-05	0,000854583	-0,1114	0,91128	
WTI	1,14175	0,0732963	15,5771	<0,00001	***
Média var. dependente	-0,000597	D.P. var. dependente		0,034681	
Soma resíd. quadrados	1,166250	E.P. da regressão		0,030304	
R-quadrado	0,237099	R-quadrado ajustado		0,236499	
F(1, 1270)	242,6472	P-valor(F)		3,37e-50	
Log da verossimilhança	2643,645	Critério de Akaike		-5283,290	
Critério de Schwarz	-5272,994	Critério Hannan-Quinn		-5279,423	

Teste de White para a heteroscedasticidade -

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 22,8173

com p-valor = P(Qui-quadrado(2) > 22,8173) = 1,1099e-005

A tabela n. 5 representa os resultados obtidos pelo modelo de regressão proposto na equação (4). As variáveis independentes BRENT, USDBRL e S&P500 mostraram-se significantes a 1% e o *R-quadrado ajustado* de 0,430471. O coeficiente de BRENT no modelo (4) cai em relação ao modelo (2), algo esperado devido à inclusão de outras variáveis estatisticamente significativas. As demais variáveis USG2, VIX e USDJPY não são estatisticamente significativas no modelo.

Tabela n. 5: Modelo equação (4): MQO, usando as observações 1-1257

Variável dependente: PBR

Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,000145554	0,000753163	0,1933	0,84679	
BRENT	0,480849	0,0491501	9,7833	<0,00001	***
USDBRL	-1,28382	0,102239	-12,5570	<0,00001	***
USG2	-0,00695838	0,0164573	-0,4228	0,67250	
VIX	-0,00737508	0,0154341	-0,4778	0,63285	
USDJPY	-0,0612444	0,142483	-0,4298	0,66739	
S_P500	0,730325	0,122633	5,9553	<0,00001	***
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente		0,034863	
Soma resíd. quadrados	0,865275	E.P. da regressão		0,026310	
R-quadrado	0,433191	R-quadrado ajustado		0,430471	
F(6, 1250)	134,6752	P-valor(F)		1,4e-131	
Log da verossimilhança	2792,623	Critério de Akaike		-5571,245	
Critério de Schwarz	-5535,290	Critério Hannan-Quinn		-5557,732	

Teste de White para a heteroscedasticidade -

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 56,2865

com p-valor = P(Qui-quadrado(27) > 56,2865) = 0,000791577

A tabela n. 6 representa os resultados obtidos pelo modelo de regressão proposto na equação (5). As variáveis independentes BRENT, USDBRL e S&P500 mostraram-se significantes a 1% e o R^2 ajustado de 0,430383 é ligeiramente inferior ao modelo anterior. O coeficiente de BRENT no modelo (5) cai em relação ao modelo (4), porém sua significância estatística se mantém. As demais variáveis USG10, VIX e USDJPY não são estatisticamente significativas no modelo.

Tabela n. 6: Modelo da equação (5): MQO, usando as observações 1-1257

Variável dependente: PBR

Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,000136905	0,000759378	0,1803	0,85696	
BRENT	0,479654	0,0493352	9,7223	<0,00001	***
USDBRL	-1,28652	0,102124	-12,5976	<0,00001	***
USG10	-0,00241685	0,0413136	-0,0585	0,95336	
VIX	-0,00704767	0,0155842	-0,4522	0,65118	
USDJPY	-0,0766297	0,143656	-0,5334	0,59384	
S_P500	0,728671	0,137769	5,2891	<0,00001	***
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente		0,034863	
Soma resíd. quadrados	0,865408	E.P. da regressão		0,026312	
R-quadrado	0,433104	R-quadrado ajustado		0,430383	
F(6, 1250)	134,6763	P-valor(F)		1,4e-131	
Log da verossimilhança	2792,526	Critério de Akaike		-5571,053	
Critério de Schwarz	-5535,097	Critério Hannan-Quinn		-5557,539	

Teste de White para a heteroscedasticidade -

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 56,9982

com p-valor = P(Qui-quadrado(27) > 56,9982) = 0,000643519

Na tabela n. 7 estão os resultados obtidos pelo modelo de regressão proposto na equação (6). As variáveis independentes WTI, USDBRL e S&P500 mostraram-se significantes a 1% e o R^2 ajustado de 0,445311 sugere que o modelo em análise pode explicar aproximadamente 44,53% dos retornos diários da variável dependente PBR. As demais variáveis USG2, VIX e USDJPY não são estatisticamente significantes.

Tabela n. 7: Modelo equação (6): MQO, usando as observações 1-1257

Variável dependente: PBR

Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,000288217	0,000744475	0,3871	0,69872	
WTI	0,721756	0,0655458	11,0115	<0,00001	***
USDBRL	-1,24512	0,100502	-12,3891	<0,00001	***

USG2	-0,00743634	0,0160513	-0,4633	0,64324	
VIX	-0,010688	0,0151429	-0,7058	0,48044	
USDJPY	-0,088024	0,141712	-0,6211	0,53462	
S_P500	0,684708	0,120059	5,7031	<0,00001	***
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente		0,034863	
Soma resíd. quadrados	0,842728	E.P. da regressão		0,025965	
R-quadrado	0,447961	R-quadrado ajustado		0,445311	
F(6, 1250)	136,6697	P-valor(F)		3,8e-133	
Log da verossimilhança	2809,217	Critério de Akaike		-5604,435	
Critério de Schwarz	-5568,479	Critério Hannan-Quinn		-5590,921	

Teste de White para a heteroscedasticidade -
Hipótese nula: sem heteroscedasticidade
Estatística de teste: LM = 49,5238
com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(27) > 49,5238) = 0,00516255$

Na tabela n. 8 apresentam-se os resultados obtidos pelo modelo de regressão da equação (7). As variáveis independentes WTI, USDBRL e S&P500 mostraram-se significantes a 1% e o R^2 ajustado de 0,445235, muito próximo ao modelo anterior. Na avaliação dos modelos conclui-se que a substituição das taxas de juros livre de risco de curto prazo pelas de longo prazo, não gera grandes alterações, tanto para modelos que consideram WTI, como para aqueles que consideram o BRENT. No estudo, as variáveis representativas das taxas de juros livre de risco mostraram-se sem significância estatística nos modelos propostos.

Tabela n. 8: Modelo equação (7): MQO, usando as observações 1-1257
Variável dependente: PBR
Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,000272973	0,000750611	0,3637	0,71617	
WTI	0,72147	0,0659978	10,9317	<0,00001	***
USDBRL	-1,24722	0,100299	-12,4350	<0,00001	***
USG10	-0,00875915	0,0406097	-0,2157	0,82926	
VIX	-0,0101999	0,0152836	-0,6674	0,50466	
USDJPY	-0,0978398	0,142705	-0,6856	0,49309	
S_P500	0,690154	0,13342	5,1728	<0,00001	***
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente		0,034863	
Soma resíd. quadrados	0,842844	E.P. da regressão		0,025967	
R-quadrado	0,447885	R-quadrado ajustado		0,445235	
F(6, 1250)	136,8862	P-valor(F)		2,5e-133	
Log da verossimilhança	2809,131	Critério de Akaike		-5604,261	
Critério de Schwarz	-5568,306	Critério Hannan-Quinn		-5590,748	

Teste de White para a heteroscedasticidade -
Hipótese nula: sem heteroscedasticidade
Estatística de teste: LM = 49,1336
com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(27) > 49,1336) = 0,00572048$

Na tabela n. 9 apresentam-se os resultados obtidos pelo modelo de regressão da equação (8), utilizando o spread BR_WTI. Apenas as variáveis independentes USDBRL e S&P500 mostraram-se significantes a 1% e o R^2 ajustado de 0,367026 indica perda de poder preditivo em relação aos modelos (4), (5), (6) e (7). Os resultados sugerem que o *spread* entre o Brent e o WTI não é estatisticamente significativo para explicar os retornos diários de PBR.

Tabela n. 9: Modelo equação (8): MQO, usando as observações 1-1257

Variável dependente: PBR

Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,000100665	0,000792479	-0,1270	0,89894	
BR_WTI	-0,00118522	0,00115882	-1,0228	0,30661	
USDBRL	-1,43841	0,107629	-13,3645	<0,00001	***
USG2	0,00931302	0,0175607	0,5303	0,59598	
VIX	-0,00420022	0,0170327	-0,2466	0,80526	
USDJPY	-0,0814231	0,15284	-0,5327	0,59431	
S_P500	1,01689	0,139334	7,2983	<0,00001	***
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente		0,034863	
Soma resíd. quadrados	0,961666	E.P. da regressão		0,027737	
R-quadrado	0,370050	R-quadrado ajustado		0,367026	
F(6, 1250)	93,51924	P-valor(F)		4,27e-97	
Log da verossimilhança	2726,241	Critério de Akaike		-5438,482	
Critério de Schwarz	-5402,527	Critério Hannan-Quinn		-5424,969	

Teste de White para a heteroscedasticidade -

Hipótese nula: sem heteroscedasticidade

Estatística de teste: LM = 50,9668

com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(27) > 50,9668) = 0,00351252$

Foi testado ainda um modelo de heteroscedasticidade-corrigida por mínimos quadrados generalizados (GLS), para as equações (4) e (6). Os resultados aparecem nas tabelas 10 e 11.

Tabela n.10: Modelo da equação (4): Heteroscedasticidade-corrigida, usando as observações 1-1257

Variável dependente: PBR

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-0,000133727	0,000739359	-0,1809	0,85650	
BRENT	0,484532	0,0431338	11,2332	<0,00001	***
USDBRL	-1,32032	0,090993	-14,5102	<0,00001	***
USG2	0,00769799	0,0145513	0,5290	0,59688	
VIX	0,00411933	0,0140228	0,2938	0,76899	
USDJPY	-0,0989136	0,128157	-0,7718	0,44037	
S_P500	0,725908	0,096267	7,5406	<0,00001	***
Estatísticas baseadas nos dados ponderados:					
Soma resíd. quadrados	6794,554	E.P. da regressão		2,331447	
R-quadrado	0,465969	R-quadrado ajustado		0,463405	
F(6, 1250)	181,7812	P-valor(F)		2,3e-166	
Log da verossimilhança	-2844,133	Critério de Akaike		5702,265	
Critério de Schwarz	5738,221	Critério Hannan-Quinn		5715,778	

	Estatísticas baseadas nos dados originais:		
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente	0,034863
Soma resíd. quadrados	0,866674	E.P. da regressão	0,026331

Tabela n.11 Modelo equação (6): Heteroscedasticidade-corrigida, usando as observações 1-1257

Variável dependente: PBR					
	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	5,41887e-06	0,000729666	0,0074	0,99408	
WTI	0,756478	0,0588845	12,8468	<0,00001	***
USDBRL	-1,30233	0,0910075	-14,3102	<0,00001	***
USG2	0,00728868	0,0137645	0,5295	0,59653	
VIX	-0,0137038	0,0148192	-0,9247	0,35528	
USDJPY	-0,181266	0,141646	-1,2797	0,20089	
S_P500	0,622756	0,118703	5,2463	<0,00001	***

	Estatísticas baseadas nos dados ponderados:		
Soma resíd. quadrados	6951,795	E.P. da regressão	2,358270
R-quadrado	0,428529	R-quadrado ajustado	0,425786
F(6, 1250)	156,2228	P-valor(F)	4,8e-148
Log da verossimilhança	-2858,512	Critério de Akaike	5731,023
Critério de Schwarz	5766,979	Critério Hannan-Quinn	5744,536

	Estatísticas baseadas nos dados originais:		
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente	0,034863
Soma resíd. quadrados	0,844470	E.P. da regressão	0,025992

Foi testado ainda um modelo alternativo, proposto por Gujarati (2006), com o uso do método de mínimos quadrados ponderados (WLS), no intuito de corrigir possíveis problemas de heteroscedasticidade. Utiliza-se como variável-peso na ponderação, o desvio-padrão da variável dependente PBR. Os resultados para BRENT e WTI encontram-se nas tabelas 12 e 13

Tabela 12: Modelo equação (4): WLS, usando as observações 1-1257

Variável dependente: PBR_ADR					
Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0. Variável usada como peso: DPPBR					
	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,000316423	0,000795986	0,3975	0,69105	
BRENT	0,500831	0,0507499	9,8686	<0,00001	***
USDBRL	-1,30853	0,105066	-12,4544	<0,00001	***
USG2	-0,00959317	0,0174226	-0,5506	0,58200	
VIX	-0,00767433	0,0161231	-0,4760	0,63417	
USDJPY	-0,0678923	0,150024	-0,4525	0,65096	
S_P500	0,743208	0,128397	5,7884	<0,00001	***

	Estatísticas baseadas nos dados ponderados:		
Soma resíd. quadrados	0,024431	E.P. da regressão	0,004421
R-quadrado	0,446648	R-quadrado ajustado	0,443992
F(6, 1250)	168,1603	P-valor(F)	9,3e-157
Log da verossimilhança	5034,603	Critério de Akaike	-10055,21
Critério de Schwarz	-10019,25	Critério Hannan-Quinn	-10041,69

	Estatísticas baseadas nos dados originais:		
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente	0,034863
Soma resíd. quadrados	0,865761	E.P. da regressão	0,026317

Tabela n.13: Modelo equação (6): WLS, usando as observações 1-1257

Variável dependente: PBR

Erros padrão robustos à heteroscedasticidade, variante HC0. Variável usada como peso: DPPBR

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,000447467	0,000785033	0,5700	0,56878	
WTI	0,738758	0,0673413	10,9704	<0,00001	***
USDBRL	-1,26499	0,103344	-12,2406	<0,00001	***
USG2	-0,00996334	0,0169518	-0,5877	0,55681	
VIX	-0,0106188	0,0157212	-0,6754	0,49952	
USDJPY	-0,104472	0,14903	-0,7010	0,48343	
S_P500	0,702395	0,124666	5,6342	<0,00001	***

	Estatísticas baseadas nos dados ponderados:		
Soma resíd. quadrados	0,023751	E.P. da regressão	0,004359
R-quadrado	0,462056	R-quadrado ajustado	0,459474
F(6, 1250)	178,9440	P-valor(F)	2,2e-164
Log da verossimilhança	5052,352	Critério de Akaike	-10090,70
Critério de Schwarz	-10054,75	Critério Hannan-Quinn	-10077,19

	Estatísticas baseadas nos dados originais:		
Média var. dependente	-0,000587	D.P. var. dependente	0,034863
Soma resíd. quadrados	0,843038	E.P. da regressão	0,025970

Os resultados apontam uma melhora no R2 ajustado nos modelos com heteroscedasticidade corrigida, em comparação aos modelos com erros-padrões robustos à heteroscedasticidade e mínimos quadrados ponderados para a variável BRENT (0,463405 x 0,430471 x 0,443992). Para a variável WTI, por sua vez, os resultados apontam que o maior R2 ajustado foi atingido no modelo de mínimos quadrados ponderados (0,459474), seguido pelo modelo de erros-padrões robustos à heteroscedasticidade (0,445311) e de heteroscedasticidade corrigida (0,425786). Os resultados mostram também pouca diferença entre os coeficientes do BRENT (0,480849; 0,484532; 0,500831) e do WTI (0,721756; 0,756478; 0,738758), dependendo do método econométrico utilizado. A significância estatística manteve-se inalterada para todas as variáveis explicativas nos métodos testados.

Os resultados obtidos permitem aceitar as hipóteses testadas. Foram encontrados, nos modelos propostos, coeficientes positivos nas variáveis BRENT e WTI e estas revelam-se sempre estatisticamente significativa a 1% para explicar a variável dependente PBR. A correlação positiva entre as variáveis BRENT e PBR e entre as variáveis WTI e PBR corroboram H1 e os testes *t*, H2.

Os testes de colinearidade do modelo expostos nas tabelas 14 e 15 permitem concluir a ausência de multicolinearidade, nos modelos propostos.

Tabela n. 14: Testes de colinearidade utilizando BRENT e USG2

Fatores de Inflacionamento da Variância (VIF)
Valor mínimo possível = 1,0
Valores > 10,0 podem indicar um problema de colinearidade

BRENT	1,186
USDBRL	1,278
USG2	1,196
VIX	3,120
USDJPY	1,235
S_P500	3,377

Diagnósticos de colinearidade de Belsley-Kuh-Welsch:

proporções de variância	lambda	2,599	1,252	1,048	0,726	0,666	0,514	0,196
	cond	1,000	1,441	1,575	1,892	1,976	2,248	3,645
	const	0,003	0,100	0,574	0,019	0,181	0,090	0,034
---	BRENT	0,039	0,075	0,026	0,108	0,706	0,008	0,037
	USDBRL	0,043	0,089	0,011	0,106	0,017	0,733	0,000
	USG2	0,028	0,138	0,063	0,413	0,065	0,220	0,073
	VIX	0,039	0,001	0,013	0,017	0,024	0,117	0,788
	USDJPY	0,012	0,247	0,093	0,414	0,170	0,010	0,054
	S_P500	0,037	0,001	0,019	0,004	0,010	0,056	0,873

Tabela n. 15: Testes de colinearidade utilizando WTI e USG2

Fatores de Inflacionamento da Variância (VIF)

Valor mínimo possível = 1,0

Valores > 10,0 podem indicar um problema de colinearidade

WTI	1,198
USDBRL	1,286
USG2	1,195
VIX	3,121
USDJPY	1,235
S_P500	3,386

Diagnósticos de colinearidade de Belsley-Kuh-Welsch:

proporções de variância	lambda	2,557	1,237	1,084	0,726	0,671	0,522	0,203
	cond	1,000	1,438	1,536	1,877	1,953	2,213	3,547
	const	0,002	0,025	0,643	0,075	0,114	0,104	0,038
---	WTI	0,042	0,032	0,069	0,281	0,546	0,001	0,030
	USDBRL	0,043	0,111	0,002	0,121	0,010	0,713	0,000
	USG2	0,026	0,191	0,027	0,253	0,241	0,195	0,066
	VIX	0,041	0,000	0,013	0,021	0,008	0,134	0,783
	USDJPY	0,013	0,295	0,015	0,334	0,264	0,018	0,062
	S_P500	0,039	0,000	0,018	0,003	0,012	0,060	0,868

Os resultados obtidos permitem aceitar as hipóteses testadas. Foram encontrados, nos modelos propostos, coeficientes positivos nas variáveis BRENT e WTI e estas revelam-se sempre estatisticamente significativa a 1% para explicar a variável dependente PBR. A correlação positiva entre as variáveis BRENT e PBR e entre as variáveis WTI e PBR corroboram H1 e os testes *t*, H2.

6. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho é analisar se os retornos diários das cotações do Brent e do WTI, ambos *benchmarks* para o mercado de petróleo, são estatisticamente significantes para explicar os retornos diários do ADR da Petrobras. Para tanto são testados modelos econométricos envolvendo outras variáveis, como os retornos diários do dólar perante o real e do dólar perante o iene japonês, bem como as variáveis USG2 e USG10, proxies para taxas de juros livre de riscos, o *Volatility Index* e dos retornos diários do índice S&P500.

As variáveis explicativas BRENT e WTI apresentam significância estatística em todos os modelos propostos, o que permite suportar suas influências na variável dependente PBR, corroborando as hipóteses testadas. As variáveis USDBRL e SP500 também se mostram estatisticamente significantes e as demais, não. Destaca-se também a correlação negativa entre BRENT e USDBRL e entre WTI e USDBRL, sugerindo que, quando os preços do petróleo sobem no mercado internacional, a cotação do real perante o dólar se valoriza.

Como recomendação para futuros estudos acerca do tema sugere-se o desenvolvimento de um modelo mais amplo, o qual inclua entre as variáveis a análise mais detalhada do ciclo econômico, que podem ser significantes para explicar os retornos da *commodity* e do ADR, pois a ciclicidade deste mercado de petróleo, muito próxima aos ciclos de expansão e contração da economia mundial deve ser investigada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BARSKY, Robert; KILIAN, Lutz (2004) Oil and Macroeconomy Since the 1970s. *NBER Working Paper Series*, Working Paper 10855.

BORESTEIN, Severin; KELLOG, Ryan. (2012) The Incidence of an Oil Glut: Who Benefits from Cheap Crude Oil in the Midwest? *NBER Working Paper Series*, Working Paper 18127.

BUYUKSAHIN, Bahattin; LEE, Thomas, K; MOSER, James; ROBE, Michel (2013) Physical Markets, paper markets and the WTI-Brent spread. *The Energy Journal*, July 2013.

CABALLERO, Ricardo; FARHI, Emmanuel; GOURINCHAS, Pierre-Olivier. (2008) Financial Crash, Commodity Prices, and Global Imbalances. *Brooking Papers on Economic Activity*, fall 2008. pp. 1-55.

CANOVA, Fábio; ITO, Takatoshi (1991) The Time-Series Properties of the Risk Premium in the Yen/Dollar Exchange Market. *Journal of Applied Econometrics*, vol. 6, n. 2 (apr-jun, 1991) pp. 125-142.

CHEN, Nai-Fu; ROOL, Richard; ROSS, Stephen. (1986) Economic Forces and the Stock Market. *The Journal of Business*, v.59, n.3, pp.383-403.

CUEPPERS, Laura; SMEETS, Dieter. (2015) How do Oil Prices Changes Affect German Stock Returns? *International Journal of Energy Economics and Policy*. Vol. 5, n. 1, pp.321-334.

GIOVANNINI, Massimo; GRASSO, Margherita; LANZA, Alessandro; MANERA, Matteo. (2006) Conditional correlations in the returns on oil companies stock prices and their determinants. *Empirica*, 33, pp. 193-207

GUJARATI, Damodar. (2006) *Econometria Básica*, Editora Campus Elsevier, Rio de Janeiro, 2006.

HAMILTON, James D; LIN, Gang (1996) Stock Market Volatility and the Business Cycle. *Journal of Applied Econometrics*, vol. 11, n.5. pp.573-593

HAMILTON, James D (2005) Oil and Macroeconomics. *Palgrave Dictionary of Economics*. Disponível em Researchgate www.researchgate.net/publication/48304352

JONES, Charles M; KAUL, Gautam. (1996) Oil and the Stock Markets. *The Journal of Finance*, vol. 51, n.2 (jun.1996) pp. 463-491.

KILIAN, Lutz; PARK, Cheol-beom. (2009) The Impact of Oil Price Shocks on the U.S. Stock Market. *International Economic Review*, vol. 50, n.4 (nov. 2009), pp. 1267-1287.

LAKE, Andreas Ektor; KATRAKILIDIS, Constantinos. (2009). The Effects of Increasing Oil Price Returns and its Volatility on Four Emerged Stock Market. *European Research Studies*, vol. 13, issue 1.

LEE, Nicholas Ruei-Lin; LO, Ming-Min; CHU, Hisang- Hui; SU, Hisiang-Jane. (2015) Does Price Increase in the Chinese Stock Index cause Brent Crude Oil Index? Applying Threshold Cointegration Regression. *Journal of Applied Finance and Banking*, vol. 5, n. 4, pp. 131-149.

LIS, Bettina; NEBLER, Christian; RETZMANN, Jan (2012) Oil and Cars: The Impact of Crude Oil Prices on The Stock Returns of Automotive Companies. *International Journal of Economics and Financial Issues*. Vol. 2, n. 2, pp.190-200.

MONJAZEB, Mohammadreza; SHAKERIAN, Maryan Sadat. (2014) The Effects of Gold Price and Oil Price on Stock Returns of the Banks in Iran. *Arabian Journal of Business and Management Review*, vol. 3, n. 9, april 2014.

ONO, Shigeki. (2011). Oil Price Shocks and Stock Markets in BRICs. *The European Journal of Comparative Economics*, vol. 8, n. 1, pp. 29-45.

PAPATULICA, Mariana; PRISECARU, Petre. (2016) Will Low Crude Oil Prices Cause a Global Recesion? *Impact of Socio-Economic and Technological Transformations at National, European and International Level*, vol 11, 2016.

PEREIRA, Antonio N; FERREIRA, Roniere B; MACHADO, Vandresa L. (2008) A Rentabilidade da TAM no Contexto de Elevação do Preço do Barril de Petróleo. XI SEMEAD, São Paulo, 2008.

PETROBRAS (2016) Resultados Consolidados do Primeiro Trimestre de 2016. Disponível em ww.petrobras.com.br/investidores

RIBEIRO, Eduardo p; CARVALHO JR, Luciano J; BONE, Rosemarie B. (2009) Análise do preço e produção de Petróleo sobre o Desempenho e Lucratividade das Empresas Petrolíferas. *XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, 2009.

WEI, Ching-Chun; CHEN, Chung-Hsuan (2014) DoesWTI Oil Price Returns Volatility Spillover to the Exchange Rateand Stock Index in the US? *International Journal of Energy Economics and Policy*. Vol. 4, n. 2, pp.189-197.

YOSHIKAWA, Hiroshi (1990) On the Equilibrium Yen-Dollar Rate. *The American Economic Review*, vol. 80, n. 3 (jun. 1990), pp. 576-583.

Sites consultados:

BM&FBovespa: www.bmfbovespa.com.br acesso em 01.06.2016

<http://www.businessinsider.com/countries-with-biggest-crude-oil-reserves-2015-7>
acesso em 04.05.2016

<http://money.cnn.com/interactive/news/economy/worlds-biggest-oil-producers/> acesso em 04.05.2016

Petrobras: www.petrobras.com.br acesso em 05.06.2016

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), disponível em www.mdic.gov.br acesso em 02.05.2016