

**ANDRÉ DEBERALDINI DE AGUIAR VÁS**

**PREÇO DO PETRÓLEO E INDICADORES  
MACROECONÔMICOS NO BRASIL**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção  
do diploma de Engenharia de Petróleo.**

**SANTOS**

**2020**

**ANDRÉ DEBERALDINI DE AGUIAR VÁS**

**PREÇO DO PETRÓLEO E INDICADORES  
MACROECONÔMICOS NO BRASIL**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção  
do diploma de Engenharia de Petróleo.**

**Área de concentração: Economia**

**Orientadora: Profa. Dra. Regina Meyer  
Branski**

**SANTOS**

**2020**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

VÁS, ANDRÉ DEBERALDINI DE AGUIAR  
PREÇO DO PETRÓLEO E INDICADORES MACROECONÔMICOS NO  
BRASIL / A. D. D. A. VÁS -- São Paulo, 2020.  
84 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1.Economia 2.ESTATÍSTICA 3.ENGENHARIA DE PETROLEO  
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de  
Engenharia de Minas e de Petróleo II.t.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família que me forneceu suporte nesse período de estudos. Aos meus professores que me ensinaram o que sei hoje e aos meus colegas por sempre me ajudaram. E, por fim, a minha orientadora que me guiou nesse período de aprendizado.

## RESUMO

O preço do petróleo afeta diretamente as economias tanto dos países produtores como importadores. Em 2006, o Brasil descobriu importantes reservas de petróleo no chamado pré-sal e passou a ser um grande produtor. Consequentemente, passou a ser mais afetado pelas oscilações no preço dessa *commodity*. O impacto das variações no preço do petróleo sobre a economia de um país pode ser avaliado observando suas relações com os indicadores econômicos. O objetivo do trabalho foi identificar padrões e relações existentes entre o preço do petróleo e os seguintes indicadores: Produto Interno Bruto (PIB), Balança Comercial, Inflação, Arrecadação Tributária e Taxa de Emprego. Após o levantamento dos dados dos últimos 20 anos, entre 2000 e 2019, foram aplicados testes estatísticos de Correlação Cruzada, Causalidade de Granger e Cointegração. Os resultados mostraram que as séries do PIB e Balança Comercial apresentam correlações fracas com o preço do petróleo, enquanto o Arrecadação Tributária, Inflação e Taxa de Emprego tem uma correlação moderada. Além disso, encontrou-se evidências de causalidade apenas entre as séries do preço do petróleo causando o PIB e a Taxa de Emprego. Analisado a cointegração, não foram encontradas evidências em nenhuma série o que indica relações de longo prazo inexistentes. Assim, foi possível analisar as relações entre as séries e o preço do petróleo e os indicadores econômicos, permitindo um maior entendimento de como desse preço desse *commodity* afeta a economia do país.

**Palavras-chave:** Petróleo, Indicadores econômicos, Correlação Cruzada, Granger, Cointegração

## **ABSTRACT**

The price of the oil impacts the economy of countries that imports or exports it. In 2006, Brazil discovered meaningful oil reservoirs on the pre salt layer and became a great producer. Thus, Brazil became more impacted by the oil price changes. The meaning of this oscillations on the economy can be measured by assessing the relations between it and the economic indicators. The objective of this study was identifying the patterns and existent relations between the oil price and the indicators: Growth Domestic Product (GDP), Commercial Balance, Tax Income, Inflation and Employment. After collecting the data, It was applied the methodology of Cross Correlation, Granger Causality and Cointegration. The results showed that that the GDP and Commercial Balance has weak correlation with the oil price, while Tax Income, Inflation and Employment had moderate correlation. Furthermore, it was found evidence of oil price causing the GDP and Employment rate. Related to the cointegration, it was not found evidence of long-term relation between the series. To conclude, it was possible to understand better the relation between the indicators and the oil price and how It affects the economy of the country.

**Keywords:** Oil, Economic indicators, Cross Correlation, Granger, Cointegration

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Consumo energético global em 2018.....	16
Figura 2- Comparação da produção de petróleo versus a Importação e exportação do Brasil entre 2001 e 2018.....	19
Figura 3- Impacto das crises no preço do barril de petróleo .....	23
Figura 4- PIB do Brasil, China e Estado Unidos nos últimos 18 anos em (US\$ bilhões) .....	25
Figura 5- Histórico do PIB per capita do Brasil, China e Estado Unidos nos últimos 18 anos.....	26
Figura 6- Peso da indutria extrativista no PIB brasileiro .....	28
Figura 7- Balança Comercial Brasileira entre 2000 e 2019 .....	30
Figura 8- Itens que compõe o Índice IPCA.....	32
Figura 9- Evolução da inflação no Brasil (2000 ate 2019) .....	34
Figura 10- Modelo de curva de Laffer .....	36
Figura 11- Arrecadação tirbutária no ano entre 2002 e 2019 .....	37
Figura 12- Evolução da taxa de desemprego do Brasil entre 2000 e 2019.....	40
Figura 13- Erro do modelo devido a regressão .....	45
Figura 14-Modelo de série estacionária (cinza) x série não estacionária (laranja)....	51
Figura 15- Evolução dos indicadores macroeconômicos, verificando a estacionariedade .....	57
Figura 16- Evolução dos indicadores macroeconômicos com foco na Balança Comercial e Inflação, verificando a estacionariedade .....	58

Figura 17- Evolução dos indicadores macroeconômicos considerando as 1-Diferenças

..... 60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais países produtores de óleo.....	17
Tabela 2- Principais países importadores de pretróleo.....	17
Tabela 3- Exportação e importação de petróleo do Brasil ano a ano .....	18
Tabela 4- Exportação brasileira de óleo ano a ano .....	31
Tabela 5 – Arrecadação tributária do setor petrolífero entre 2000 e 2019 .....	38
Tabela 6- Critérios de correlação (Mukaka, 2012).....	47
Tabela 7-Principais indicadores macroeconômicos.....	56
Tabela 8- Teste ADF para verificar a estacionariedade das series históricas.....	57
Tabela 9- Séries históricas dos indicadores macroeconômicos utilizados para análise, considerando as 1-Diferenças .....	59
Tabela 10- Teste ADF para verificar a estacionariedade das series históricas com 1- Diferenças .....	59
Tabela 11-Série histórica do preço do petróleo WTI juntamente com a série da 1- Diferença .....	61
Tabela 12-Teste de estacionariedade para as séries do preço do petróleo.....	61
Tabela 13- Resultados dos testes de correlação cruzada, Granger e cointegração entre indicadores macroeconômicos e preço do petróleo WTI.....	62
Tabela 14- Teste de correlação cruzada entre o PIB e preço do Petróleo considerando Lags de 1 a 10 .....	63
Tabela 15-Teste de Granger para verificar se o PIB causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa o PIB, considerando de 1 a 10 <i>lags</i> .....	64

Tabela 16- Teste de Engle- Granger para cointegração entre PIB e preço do petróleo .....	64
Tabela 17- Teste de correlação cruzada entre a Balança Comercial e preço do Petróleo considerando <i>Lags</i> de 1 a 10.....	66
Tabela 18- Teste de Granger para verificar se a balança comercial causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa a balança comercial, considerando de 1 a 10 <i>lags</i> .....	66
Tabela 19- Teste de Engle- Granger para cointegração entre Balança Comercial e preço do petróleo.....	67
Tabela 20- Teste de correlação cruzada entre a Arrecadação Tributária e preço do Petróleo considerando <i>Lags</i> de 1 a 10.....	68
Tabela 21- Teste de Granger para verificar se a arrecadação tributária causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa a arrecadação tributária, considerando de 1 a 10 <i>lags</i> .....	68
Tabela 22- Teste de Engle- Granger para cointegração entre Arrecadação tributária e preço do petróleo .....	69
Tabela 23- Teste de correlação cruzada entre o Desemprego e preço do Petróleo considerando <i>Lags</i> de 1 a 10.....	70
Tabela 24- Teste de Granger para verificar se o desemprego causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa o desemprego, considerando de 1 a 10 <i>lags</i> .....	70
Tabela 25- Teste de Engle- Granger para cointegração entre Desemprego e preço do petróleo.....	71
Tabela 26- Teste de correlação cruzada entre a Inflação e preço do Petróleo considerando <i>Lags</i> de 1 a 10.....	72

Tabela 27- Teste de Granger para verificar se a inflação causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa a inflação, considerando de 1 a 10 <i>lags</i> .....	72
Tabela 28- Teste de Engle- Granger para cointegração entre Desemprego e preço do petróleo.....	73

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>14</b>
2.1	Justificativa .....	14
2.2	Objetivos Específicos .....	14
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
3.1	Mercado petrolífero.....	16
3.2	Formadores do preço do petróleo .....	20
3.3	Produto Interno Bruto - PIB.....	24
3.4	Balança comercial.....	29
3.5	Inflação .....	31
3.6	Arrecadação tributária.....	35
3.7	Taxa de emprego.....	39
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
4.1	Correlação e coeficiente de regressão linear de Pearson .....	43
4.2	Correlação Cruzada .....	47
4.3	Causalidade-Teste de Granger.....	48
4.4	Cointegração de Engle-Granger .....	53
4.5	Bases de dados utilizadas.....	55
<b>5</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO E DISCUSSÕES .....</b>	<b>56</b>
5.1	Resultados.....	61
5.2	Discussões dos resultados.....	63
5.2.1	PIB .....	63
5.2.2	Balança comercial .....	65

5.2.3 Arrecadação tributária .....	67
5.2.4 Desemprego .....	69
5.2.5 Inflação.....	71
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O petróleo é uma matéria prima de suma importância para os países. Esse bem sempre apresentou uma grande relevância na matriz energética e nas economias dos países. No caso do Brasil, por mais que o país tenha grande parte da sua matriz energética baseada em energias renováveis, o petróleo impacta diretamente em sua economia devido a grandes reservas que possui e por ser exportador de óleo, confiando parte de suas riquezas nessa *commodity*.

Apesar da crescente importância das energias limpas, segundo a *International Energy Agency* (IEA), em 2018 o mundo ainda possuía como principal fonte de energia as matérias não renováveis, sendo o petróleo a principal delas. Além disso, é esperado que a demanda por energia e petróleo cresça ao decorrer dos anos. Estima-se que a demanda por petróleo passe de cerca de 2,4mb/d (milhões de barris de óleo por dia) em 2017 para 2.5mb/d até 2030.

Essa dependência do petróleo, faz com que o preço seja um fator relevante para as economias mundiais. Altos preços resultam em maiores gastos com esse produto por parte de importadores (compradores) e uma maior receita por parte de exportadores (vendedores).

O petróleo é uma *commodity* e seu preço é determinado pelo mercado internacional de acordo com a oferta e demanda mundial. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2016), dois tipos de petróleo são negociados nas principais Bolsas de valores - *West Texas Intermediate* (WTI) e *Brent Crude* (Brent) – com diferentes propriedades e preços. A oferta decorre da produção mundial e de sua estabilidade e a demanda, da necessidade de energia dos países e, portanto, da evolução da economia mundial.

Além da oferta e demanda, outros fatores influenciam o preço do petróleo, entre eles encontram-se questões geopolíticas, crises globais, descobertas de novos métodos de exploração, como a extração de óleo a partir do xisto betuminoso entre outros. Em suma, existem inúmeros acontecimentos que podem influenciar no preço da *commodity* e que resultam em uma maior ou menor oferta e demanda de óleo no mercado. Uma alta oferta com baixa demanda resulta em preços baixos, e uma baixa oferta com alta demanda resulta em preços elevados. A Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) é um dos principais agentes desse mercado, produzindo em maior quantidade quando desejam uma maior oferta, ou menor quantidade quando desejam a elevação no preço.

Os preços do petróleo afetam diretamente as economias de países produtores. Esse impacto da variação dos preços pode ser visto nos principais indicadores de desempenho econômico dos países, entre eles o Produto Interno Bruto (PIB), Inflação, Desemprego, Arrecadação Tributária, Balança Comercial, entre outros. Quando há um aumento dos preços, esses países aumentam suas receitas e os indicadores econômicos são afetados positivamente. Porém, em caso de queda do valor, há uma redução da receita, o que diminui os investimentos realizados no país, impactando negativamente os indicadores (EPE, 2008).

Em 2006, o Brasil descobriu grandes reservas de petróleo, no chamado “pré-sal” (Petrobras, 2018). Essas reservas são de dimensões significativas e o país passou a ser um grande produtor de petróleo. Consequentemente, passou a ser mais afetado pelas oscilações de preço com impactos sobre seus indicadores econômicos. Esses indicadores são importantes porque refletem a situação econômica dos países, servem como referência para governantes definirem suas estratégias, além de serem a base para investidores e empreendedores decidirem quais são as melhores oportunidades. Assim, é importante o estudo da relação entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos do país.

## 2 OBJETIVO

O objetivo do trabalho é identificar padrões e relações existentes entre o preço do petróleo e alguns importantes indicadores macroeconômicos nos últimos vinte anos. O trabalho será desenvolvido por meio técnicas estatísticas como Correlação Cruzada, Teste de Causalidade de Granger e Teste de Cointegração aplicadas aos preços do petróleo e aos seguintes indicadores: Produto Interno Bruto (PIB), Balança Comercial, Inflação, Arrecadação Tributária e Taxa de Emprego.

### 2.1 Justificativa

Como visto até aqui, apesar do petróleo estar diminuindo sua participação na matriz energética mundial, ainda ocupa papel relevante com importantes impactos econômicos. Portanto, é importante um estudo mais detalhado de como as economias dos países produtores são afetadas por variações no preço do petróleo. Os indicadores mostram crescimento ou retração econômica do país e a compreensão dessas relações permite aos governantes delinear melhor suas estratégias e adotar políticas mais eficientes.

### 2.2 Objetivos Específicos

O trabalho buscará relações entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos do Brasil por meio da aplicação de técnicas estatísticas. Para atingir esse objetivo serão desenvolvidas as seguintes etapas.

1. Revisão bibliográfica buscando artigos e afins que possam contribuir com o objetivo do trabalho
2. Levantamento dos dados dos indicadores macroeconômicos selecionados e do preço do petróleo nos últimos vinte anos.
3. Aplicação dos seguintes testes estatísticos: Correlação Cruzada, Causalidade de Granger e Cointegração. A Correlação Cruzada indica se as variáveis estão relacionadas, Causalidade de Granger indica se mudanças em uma variável

precedem temporalmente mudanças em outra variável e, finalmente, Cointegração indica se existe relação de longo prazo entre duas séries temporais.

4. Análise dos resultados e principais conclusões.

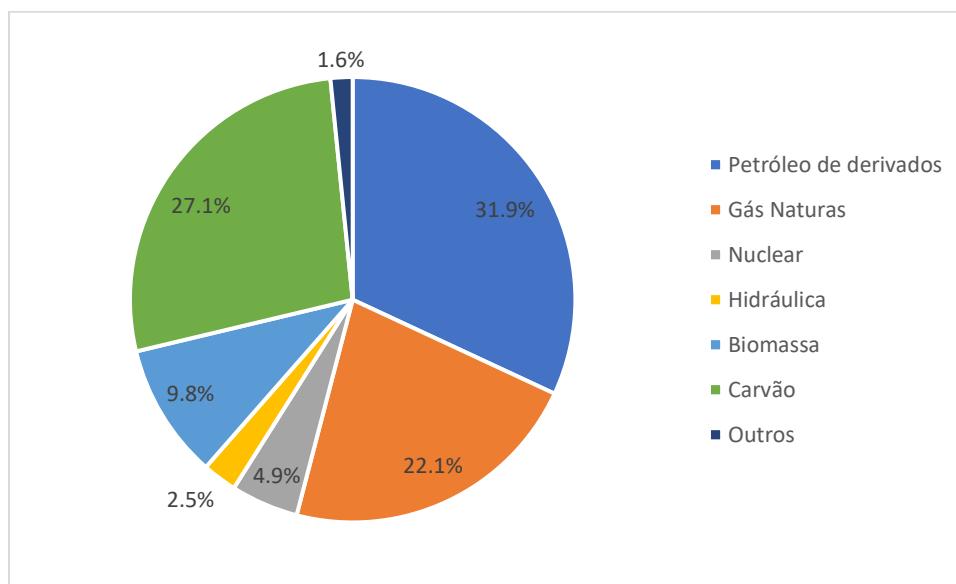
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Mercado petrolífero

A matriz energética mundial vem demandando cada vez mais insumos, há um aumento crescente da necessidade por energia. O petróleo é uma das principais fontes de energia dessa matriz (IEA, 2018) e, a despeito da crescente importância das fontes renováveis, sua demanda é ainda significativa.

Comparado com o ano de 2009, como mostrado por Ramos (2009), houve uma redução da importância do petróleo na matriz energética mundial, passando de 35% em 2009 para 31,9% em 2018, o que é relevante quando se fala em termos absolutos. Os países têm buscado desenvolver energias renováveis nos últimos anos, mas, ainda assim, o petróleo é a mais importante fonte da energia, Figura 1.

Figura 1- Consumo energético global em 2018



Fonte: Autoria própria com dados de IEA (2018)

Quando se fala em mercados, o petrolífero é um dos maiores do mundo. Em 2017 foram gerados cerca de 14 milhões de quilo toneladas de óleo equivalente (ktoe)

(IEA, 2018)<sup>1</sup>. Com o preço do barril em torno de US\$ 60, estima-se uma receita mundial desse mercado de 5.7 trilhões de dólares. Um valor considerável quando comparado com os outros setores mundiais. Os principais países produtores são mostrados na Tabela 1:

Tabela 1- Principais países produtores de óleo

País/Região	Produção (kt) (2017) <sup>2</sup>
Rússia	514,536
Arábia Saudita	496,421
Estados Unidos	461,267
China	191,506
Brasil	133,314
Venezuela	110,119
União Europeia	64,903

Fonte: IEA (2018)

Enquanto os principais países que demandam petróleo são (Tabela 2):

Tabela 2- Principais países demandantes de pretróleo

País/Região	Demandas (kt) (2017)
União Europeia	565,707
China	423,462
Estados Unidos	398,000
Índia	220,434
Japão	155,873
África do Sul	17,236
Brasil	7,348

Fonte: IEA (2018)

Há alguns casos, como Estados Unidos e China que são interessantes, pois mesmo com uma produção considerável, eles também têm uma demanda relevante, sendo necessário até importar óleo. A Arábia Saudita, por outro lado, tem uma produção muito alta em comparação a sua demanda, não havendo necessidade de importação do *commodity*. Atualmente, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), liderado pela Arábia Saudita, tem forte influência sobre os preços, controlando a quantidade que é oferta ao mercado. (EPE, 2008 Ramos, 2009). Os

<sup>1</sup> Observação-1 barril de petróleo equivalente contém aproximadamente 0,146 tep (tonelada equivalente de petróleo)

<sup>2</sup> Kt-KiloTonelada

países que compõem essa organização são Argélia, Angola, Equador, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Catar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Venezuela. Esses produzem mais de 30% da produção diária global e detêm mais de 80% das reservas globais (IEA, 2018). Influenciando, assim, os preços que são comercializado o petróleo.

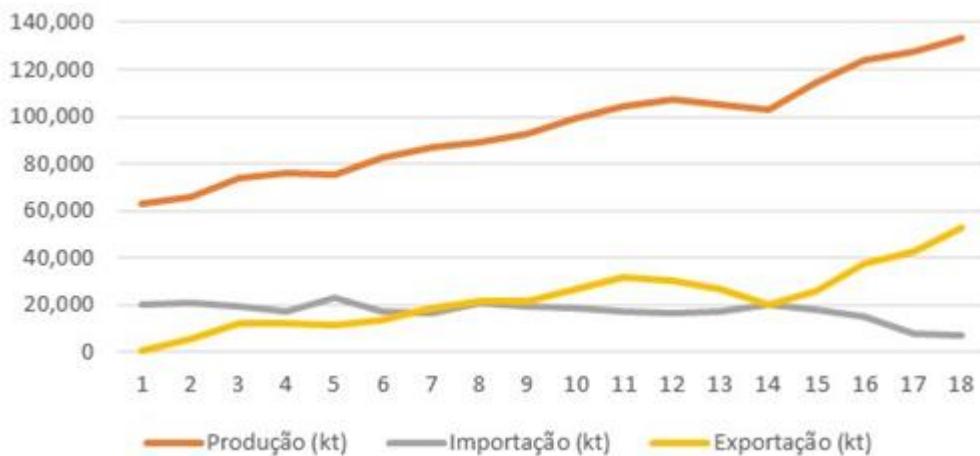
O Brasil, é afetado por esses preços e como mostrado na Tabela 1, é um *player* relevante nesse mercado. Embora, não seja o maior produtor, no decorrer dos últimos anos vem aumentando sua produção e ganhando relevância, como visto na Tabela 3:

Tabela 3- Exportação e importação de petróleo do Brasil ano a ano

Ano	Produção (kt)	Importação (kt)	Exportação (kt)
2000	62,720	20,174	946
2001	65,562	21,188	5,618
2002	73,795	19,372	11,917
2003	76,059	17,379	12,262
2004	75,003	22,761	11,654
2005	82,647	17,327	13,859
2006	87,210	16,896	18,581
2007	89,036	21,105	21,397
2008	92,416	19,357	21,995
2009	99,217	19,020	26,660
2010	104,526	17,182	32,028
2011	107,017	16,831	30,660
2012	105,094	17,495	27,051
2013	102,879	20,006	20,142
2014	114,607	17,757	26,318
2015	123,860	15,100	37,366
2016	127,886	7,856	42,976
2017	133,314	7,348	52,854

Fonte: IEA (2018)

Figura 2- Comparação da produção de petróleo versus a Importação e exportação do Brasil entre 2001 e 2018



Fonte: Autoria própria com dados de IEA (2018)

O Brasil é um caso interessante, pois ano após ano o país vem diminuindo sua necessidade de importação, como visto na Tabela 3 e Figura 2 acima. Isso se deve, principalmente, pela descoberta dos grandes campos no pré-sal a partir do ano de 2006, o que tem elevado sua produção e diminuído a necessidade de produtores externos. Em 2000 o país produzia cerca de 62.720 kt e importava 20.174 kt de óleo. Esses valores mudaram consideravelmente nos últimos anos, em 2017 a produção era de 133.314 kt, importação de 7.348 kt e exportação de 52.814 kt (IEA, 2018).

Já em 2010 a Petrobras começou a produzir na região do pré-sal, eram extraídos cerca de 41 mil barris de petróleo por dia. Em 2018 esse valor saltou para 1.5 milhões com apenas 77 poços. Essa produção apresentou grandes desafios para a Petrobrás na época, pois não se sabia corretamente as dimensões do campo, estava em águas ultra profundas (uma lâmina de água maior que 2 mil metros) e precisavam passar por uma camada geológica de sal. Desafios que exigiram diversos investimentos e pesquisas na área para conseguirem superar (Petrobras, 2018)

Esses avanços foram possíveis graças a diversos fatores, entre eles ao preço do barril de óleo. Por exemplo, quando o preço do barril está mais alto, as empresas

possuem mais recursos para investimento, criando tecnologias e investindo em campos onde o custo de produção é mais elevado. Entre 2006 e 2008 houve um *boom* no preço do petróleo, que permitiram esses avanços. A grande aplicação de inovação e desenvolvimento da Petrobras no Brasil fez o país descobrir novas reservas. Essas novas reservas fizeram o país passar de importador de óleo a exportador, tornando-se um *player* importante no mercado (Petrobras, 2018).

O avanço do Brasil na exportação de petróleo, fez com que o *commodity* ganhasse cada vez mais participação nos indicadores econômicos do país, como pode ser visto nas próximas seções. Assim, o preço do petróleo se torna um fator relevante para o desempenho econômico do Brasil.

### **3.2 Formadores do preço do petróleo**

Como descrito anteriormente o preço do petróleo tem influência no desempenho econômico dos países, principalmente os produtores. Essa importância do petróleo, decorre do fato de ser a *commodity* mais comercializada do mundo (Geyer-Klingenberg e Rathgeber, 2019). Porém, há uma grande diversidade de óleos no mundo e, para definir os preços, o mercado adotou como referência dois tipos: o WTI (*West Texas Intermediate*) e o Brent (*North Sea Brent Crude*).

O método de precificação dos óleos Brent e WTI envolve cálculos complexos e podem variar de instituição financeira para instituição financeira, pois há parâmetros que podem ser simplificados dependendo da visão do analista. O Brent tem como um dos parâmetros para o cálculo o “*Dated Brent*”, preço do barril na data atual. Esse valor é pouco usado na hora de fazer um contrato, pois a maioria dos acordos determinam 10 a 25 dias para a entrega, assim aplicam o preço futuros nesses contratos, esse é outro parâmetro formador do preço do petróleo Brent.

Esses contratos futuros se baseiam nas demandas dos três meses seguintes para determinar o preço. Por exemplo, empresas já tem contratos prontos para os próximos três meses, assim é possível determinar qual será a demanda dos próximos meses e determinar o preço do barril.

Já o WTI é mais simples de se determinar o preço. Por fazer parte de um mercado líquido são usados os parâmetros de oferta e demanda para especificar. Assim como o óleo Brent, também leva-se em consideração demandas futuras para negociar esse ativo (Dunn e Holloway, 2012).

Tanto o Brent como o WTI, assim como outros produtos, têm seus preços determinados pela oferta e demanda. Aumento na oferta, gera uma queda no preço do produto, enquanto a diminuição gera um aumento. Em relação a demanda, o contrário é verdadeiro. Um aumento de demanda gera um aumento do preço, e uma queda na demanda gera uma baixa no preço (Ferreira, 2009).

Há outros fatores que afetam a cotação do barril como: crises globais, escândalos envolvendo empresas, estoques de países, tensões geopolíticas, fontes alternativas de energia, desenvolvimento de novas fontes de energia entre outros.

Esses fatores também podem ser analisados sob a ótica de oferta e demanda. Crises globais, por exemplo, tendem a diminuir a atividade econômica dos países, reduzindo a demanda por óleo e, fazendo os preços caírem, pois há oferta, mas não há compradores. Outro exemplo é o caso de estoque nos países. Quando são anunciadas novas reservas, o mercado entende que haverá uma maior oferta, e pode provocar uma diminuição dos preços (EPE, 2008).

Quanto as energias alternativas, o caso das fontes renováveis é peculiar. Existem diversas fontes de energia alternativas que vem ganhando força nos últimos anos, principalmente quando se fala de energias renováveis como hidrelétrica, eólica ou solar. Entretanto, como o petróleo não é majoritariamente usado para produção de energia elétrica, não há uma grande relação entre o preço do petróleo e o preço das energias renováveis, porém o desenvolvimento dessas fontes impacta no preço do petróleo, pois com o avanço dessas novas tecnologias o petróleo vai sendo substituído aos poucos. Um exemplo é a troca de carros a combustão por carros elétricos, que diminui a demanda por gasolina e, consequentemente, a demanda por petróleo (Kyritsis e Serletis, 2017).

Quanto a outras fontes de energia, o óleo de xisto<sup>3</sup> é não renovável e tem um impacto importante no preço do óleo, já que é seu substituto direto.

O xisto é uma formação rochosa de baixa permeabilidade o que dificulta e encarece a extração de óleo (Mănescu e Nuño, 2015). Entretanto, com o aumento de preço do barril de petróleo e o desenvolvimento de novas tecnologias de extração, o óleo de xisto tornou-se economicamente viável e passou a concorrer com o petróleo.

Os Estados Unidos possuem grandes reservas de óleo de xisto. Em 2013 eles produziram cerca de 3.5 mb/d. É esperado que seja produzido, em 2020, 4.8 mb/d, o equivalente a um terço de sua demanda. Isso faz com que a demanda por importação seja menor e, consequentemente, os preços do barril caiam. Segundo Mănescu e Nuño (2015), há alguns cenários que podem ocorrer no mercado.

1º Cenário- Os preços caem, devido a uma demanda menor do óleo por parte dos Estados Unidos, pois com o xisto produzirão o que necessitam;

2º Cenário- A Arábia Saudita, maior produtora de óleo, juntamente com a OPEP, diminuirão a produção mundial para manter os preços elevados;

3º Cenário- Ocorre uma guerra de preços, onde a Arábia Saudita e OPEP manterão ou aumentarão a produção, fazendo o preço do óleo cair tornando a produção americana insustentável.

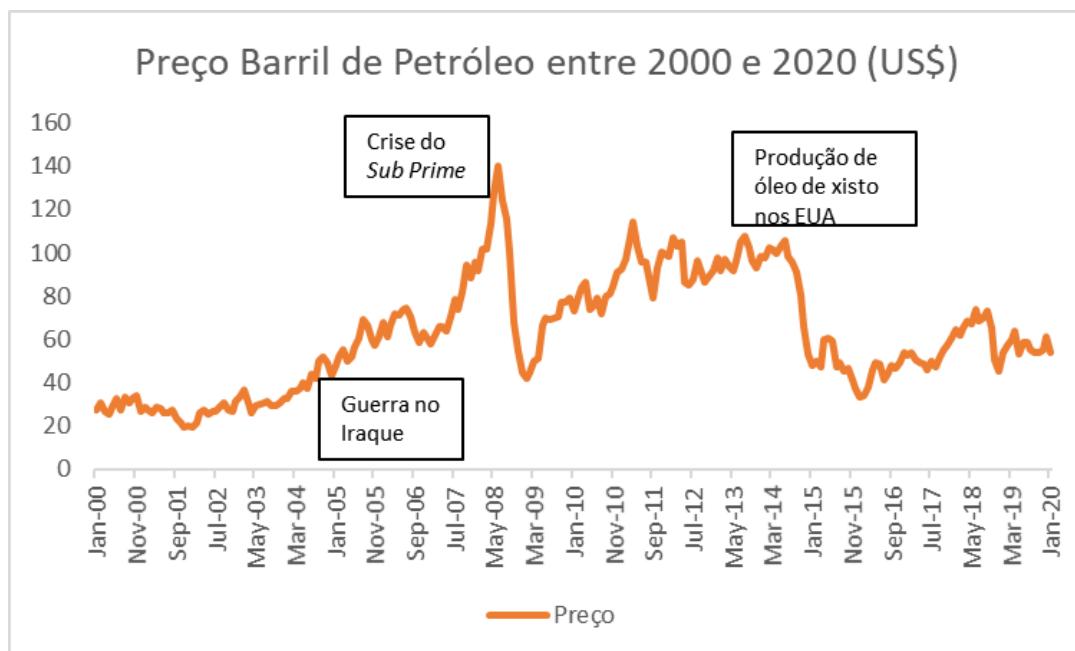
A OPEP aumenta a produção quando quer diminuir os preços ou diminui a produção quando quer aumentar os preços. Além disso, há os riscos geopolíticos que influenciam os especuladores a aumentar ou diminuir o preço do petróleo nas bolsas mundiais. Um exemplo desse fato foi no ano de 2008, quando a OPEP anunciou a produção extra de dez milhões de barris de petróleo por dia, fazendo o preço nas bolsas caírem mais de 30% após o anúncio e mostrando, assim, a alta volatilidade desse mercado(EPE, 2008, Ramos, 2009).

---

<sup>3</sup> Na realidade não é óleo de xisto e sim de um folhelho. Porém, ficou popularmente conhecido do inglês *shale oil* como óleo de xisto. No trabalho será utilizado a nomenclatura óleo de xisto, porém com essa ressalva.

A figura 3 mostra a importância dos fatores geopolíticos no preço do óleo. Em 2005 na guerra no Iraque, por exemplo, houve uma menor oferta de óleo. Ao mesmo tempo ocorreu o crescimento econômico asiático, que gerou aumento da demanda e elevando o preço do óleo que atingiu, em 2008, US\$140 o barril. Em 2008 houve a crise do *Sub-prime* nos Estados Unidos, levando a uma desaceleração econômica mundial e, consequentemente, diminuindo a demanda por óleo e seu preço. Em 2014, outro ciclo de queda tem início, com o aumento da produção de óleo de xisto pelos Estados Unidos, diminuição do crescimento dos países asiáticos e aumento da produção por parte dos países da OPEP, reduzindo o preço até 2016.

Figura 3- Impacto das crises no preço do barril de petróleo



Fonte: Autoria própria com dados de Index Mundi (2020)

Em 2020, outra vez essa lógica ficou clara. Com a crise global dada pelo Corona Vírus (Covid-19) as economias mundiais diminuíram a demanda por petróleo e seus derivados. Para manter o preço em patamares elevados, a OPEP tentou diminuir a produção global, o que não foi bem aceito por alguns países como a Rússia. A OPEP reagiu, então, aumentando a exportação em cerca de 10 milhões de barris por dia além da produção normal (Estigarribia, 2020). O preço do petróleo caiu mais de 30% entre 8 e 10 de março de 2020 passando de US\$47 o barril para US\$33 o barril.

Em abril de 2020 o preço do petróleo futuro chegou a valores negativos. Isso ocorreu porque, especuladores da bolsa compraram o *commodity* para uma data futura com a intenção de vender a um preço maior antes de receber o produto. Porém, devido a pandemia e, consequentemente, a baixa demanda do produto, não havia compradores para os papéis, obrigando os investidores a receber o óleo. Sem essa capacidade para receber o produto, começaram a pagar para que empresas tomassem o produto, gerando os preços negativos. Ou seja, ao invés da empresa pagar pelo produto, os especuladores pagavam para que elas recebessem o produto.

A variação do preço do barril de petróleo tem impactos nos países, principalmente naqueles que tem suas economias atreladas a esse *commodity*. Ozon (2008) realizou um estudo das possíveis impactos que o preço do petróleo em alguns indicadores, como a taxa de inflação no curto prazo, PIB, Taxa de desemprego e outros indicadores. E concluiu que há relação entre esses indicadores e o preço do petróleo. A seguir, serão apresentados os indicadores que serão analisados no trabalho.

### **3.3 Produto Interno Bruto - PIB**

O Produto interno Bruto (PIB) é o principal indicador econômico de um país, pois indica a quantidade de riqueza criada (Canelas, 2007). No Brasil o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é o órgão responsável pelo aferimento do índice. Os principais componentes desse indicador são: Consumo do país; Investimento realizado no país; gastos governamentais; e exportações menos importações (Equação 1).

$$\text{PIB} = C + G + I + E - X \quad (1)$$

C=Somatório do consumo do país em um determinado período

G=Somatório dos gastos governamentais no país em um determinado período

I=Somatório dos investimentos realizados no país em um determinado período

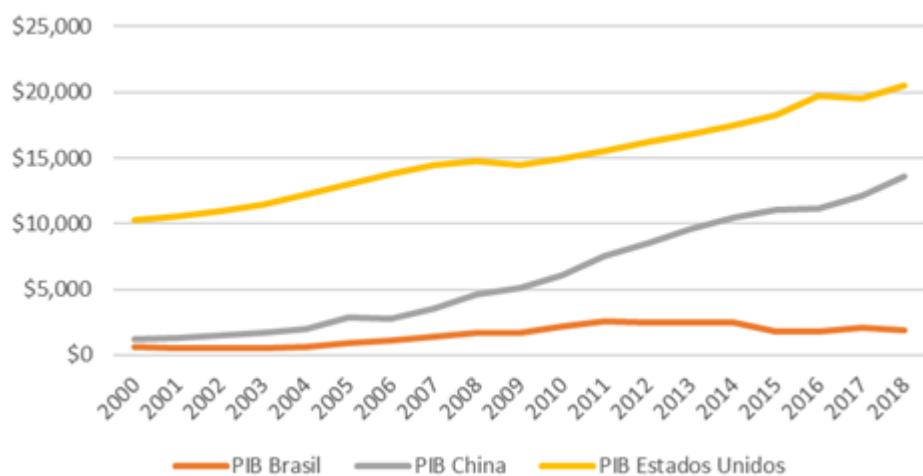
E=Somatório das exportações do país em um determinado período

X=Somatório das importações para o país em um determinado período

Com base na teoria e corroborado pela equação 1, o PIB leva em consideração tudo que um país consegue criar de valor em um determinado período. (ROSSETTI, 1979, CZIMIKOSKI, 2015).

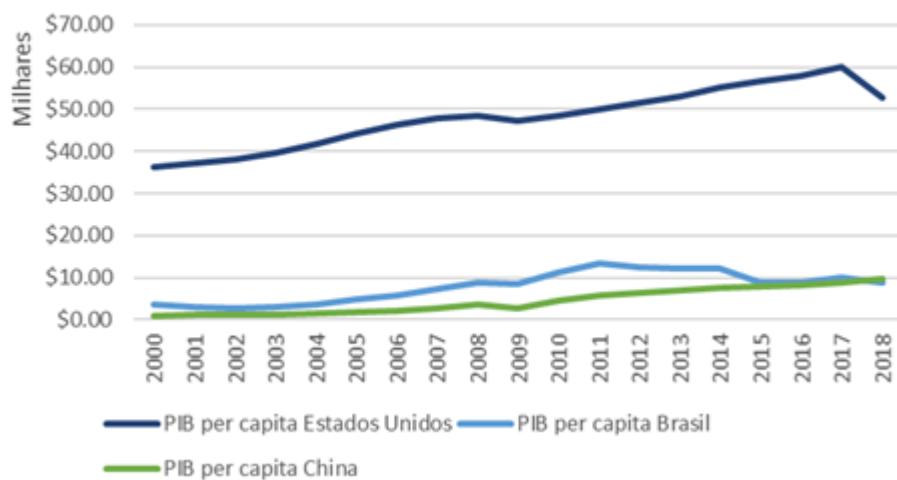
Com o valor do PIB é possível fazer outras análises, como estimar quanto que cada habitante consegue gerar de valor, chamado de PIB per capita, divide-se o PIB pelo número de habitantes. As figuras 4 e 5 mostram o histórico desde 2000 do Brasil, Estados Unidos e China em relação ao PIB e o PIB per capita para efeito de comparação.

Figura 4- PIB do Brasil, China e Estado Unidos nos últimos 18 anos em (US\$ bilhões)



Fonte: Adaptado de The World Bank (2020)

Figura 5- Histórico do PIB per capita do Brasil, China e Estado Unidos nos últimos 18 anos



Fonte: Adaptado de The World Bank (2020)

Há outras maneiras de se medir o PIB de um país: pela produção, pela renda ou pelas despesas (BRAGA e PAULANI, 2001). Pela ótica da produção, soma-se tudo que foi produzido, subtraindo o que foi consumido ou utilizado na produção. Pela ótica da renda, soma-se todas as rendas da população, que são aluguéis, trabalhos de freelancers entre outros. E na ótica das despesas, soma-se todos os gastos da população, tudo que é consumida, de forma a contar apenas o custo final. Essas análises permitem uma melhor compreensão do que o resultado significa, não apenas para o valor absoluto, mas para as análises setoriais também. Medir o impacto de cada setor no PIB é equivalente a estimar o resultado desse setor na economia de um país (Canelas, 2007).

Em 2012, o setor extrativista, que engloba toda atividade de extração no Brasil (entre elas a extração de óleo e gás), representava cerca de 13% do PIB brasileiro e estimava-se que o impacto seria maior até 2020, sendo influenciado principalmente pelo aumento do potencial de produção do Brasil. Principalmente, com o desenvolvimento do pré-sal e o preço do petróleo nos mercados externos, fator de grande importância nesse cálculo (Roos e Lourenço, 2016).

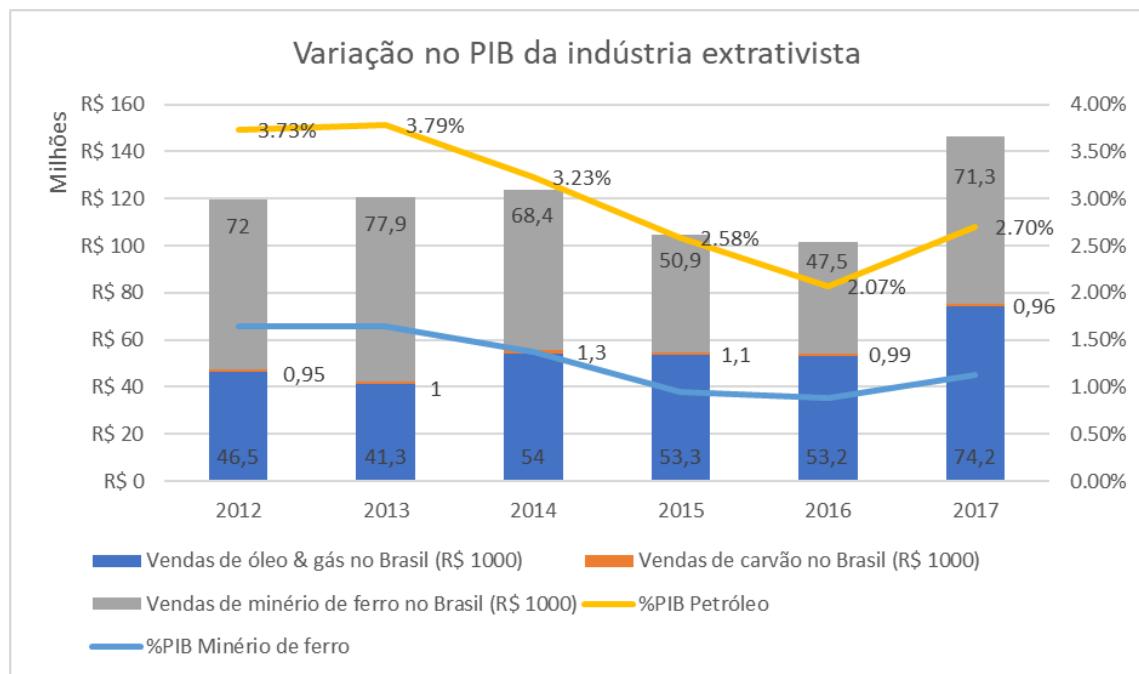
Aragão (2005) e Machado (2002) tentaram estimar o impacto do setor petrolífero na economia brasileira a partir do PIB. Os resultados encontrados foram relevantes.

No decorrer dos anos de análise, entre 1955 e 2004, o PIB foi cada vez mais impactado pelo setor de óleo e gás: passou de cerca de 2% nos anos 60 chegando até 8% nos anos 2000, no Brasil. Esse aumento da participação do setor de petróleo no PIB decorreu principalmente dos incentivos dados pelo governo a esse setor. A “nova lei do petróleo” de 1997, incentivou os investimentos públicos e privados na produção de petróleo. Esses estudos foram realizados antes da descoberta dos campos no Pré-Sal. Com a descoberta dos novos campos o setor aumentou ainda mais sua participação.

Assim, o petróleo estava aumentando sua relevância na economia brasileira e era esperado que aumentasse ainda mais no futuro em relação aos anos anteriores. Entretanto, isso não ocorreu efetivamente. Botelho Tavares e Bicalho (2014), mostraram que o setor petrolífero perdeu impacto no PIB, representando cerca de 4% em 2013, e não voltou a ter participações expressivas após o período (Figura 6).

Essa perda de participação se deveu a diversos fatores, como as quedas expressivas do preço do barril e problemas de gestão na principal operadora de óleo do Brasil, a Petrobras, que fez com que a produção de petróleo não apresentasse o mesmo crescimento que outros setores da economia.

Figura 6- Peso da indústria extrativista no PIB brasileiro



Fonte: Adaptado de IBGE (2020)

A partir de dados do IBGE montou-se uma estimativa das principais atividades extrativistas do Brasil (Óleo e gás; produção de carvão e produção de minério de ferro). É possível verificar que o petróleo perdeu sua relevância no PIB nos últimos anos, quando comparado com os anos 2000, porém começou a recuperar parte da sua posição de força. Além disso, mesmo com a diminuição da participação, sempre teve uma forte representatividade, sendo o principal produto desse setor. Essa diminuição de impacto no PIB se deve, em grande parte, a diminuição do preço do petróleo, que como será visto nas próximas seções impactou não apenas a posição no PIB, como os outros indicadores econômicos, como a balança comercial do Brasil.

Um ponto a ser analisado é a relação entre o preço do petróleo e o resultado do PIB de países. Em países como a Argélia e Arábia Saudita, que também são exportadores de petróleo, encontrou-se uma correlação e causalidade positiva entre esses indicadores. Porém, quando os países eram importadores, como Japão, encontrou-se uma correlação negativa. Ou seja, países importadores apresentavam uma redução do valor do PIB quando o preço do petróleo aumentava. (chikr

Elmezouar, Abdelhafid *et al.*, 2014, Kitous, Saveyn *et al.*, 2016, Fatine, chikr Elmezouar *et al.*, 2018)

### 3.4 Balança comercial

A balança comercial é um indicador que mede a diferença entre os valores das importações e das exportações de bens e serviços realizadas por um país. Quando as exportações são maiores que as importações, a balança comercial é superavitária. E, quando menor, deficitária (Canelas, 2007)

O Banco Central do Brasil divulga semanalmente os resultados da balança comercial brasileira. Esse estudo consiste em uma pergunta simples e direta: No período em análise houve mais entrada ou saída de bens e serviços do Brasil?

$$\text{Balança Comercial} = \text{Exportações} - \text{Importações}$$

Por exemplo, nos dez primeiros meses do ano de 2019 registrou-se um valor maior de importação do Brasil em relação a exportação (Banco Central, 2019). Nesse caso tivemos um déficit da balança comercial, ou seja, houve uma maior importação de serviços e bens quando comparado com a exportação. Esse cenário gera um número desfavorável ao país, quando se olha financeiramente, devido a menores vendas e saída de capital. No caso contrário quando ocorre um superávit da balança comercial, as exportações de bens e serviços são maiores que as importações gerando ingresso de recursos para o país (ADVFN, 2020).

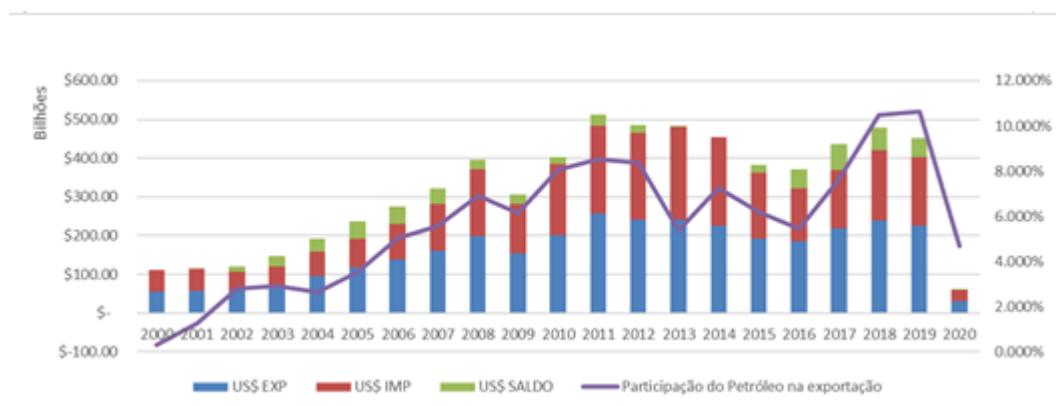
Estudos realizados mostraram os impactos que a balança comercial tem no desenvolvimento do país. Entre 1991 e 2009 as importações superaram as exportações no Brasil. Tal fato gerou uma balança comercial deficitária, e menor crescimento em diversos setores. Isso porque maiores importações podem gerar ociosidade das indústrias do país e, consequentemente, menor incentivo para investimentos e inovação. São necessárias medidas do governo para incentivar um aumento de exportação de modo que o país continue a crescer de forma sustentável (Reichert, Marin *et al.*, 2015).

O petróleo tem grande importância econômica e impacta diretamente a balança comercial do Brasil. Entre 2018 e 2019, o petróleo contribuiu com aproximadamente 10% do saldo da balança comercial do país, como visto na figura 7. Evidenciando o destaque desse produto para o país.

Essa relevância como exportador de petróleo é recente e ocorreu após a descoberta do pré-sal e o desenvolvimento de tecnologias para a produção. Até 2007, o saldo da balança comercial do petróleo era negativo, ou seja, o país importava mais óleo do que exportava. E, recentemente, a balança comercial do petróleo passou a ser superavitária, principalmente quando o preço do barril estava em valores elevados (Barros e Pinto, 2010).

Canelas (2007) também mostrou que, antes desse período superavitário, o petróleo era um dos principais causadores do déficit da balança comercial brasileira, com impactos negativos quando o preço estava em patamares mais elevados. Em 1973 e 1979, nos choques do petróleo causados pela OPEP elevando os preços do barril, aumentou o déficit da balança comercial brasileira e causou aumento significativo da inflação. A passagem de país importador para exportador reduz a dependência externa e, assim, o impacto negativo dos preços do barril na Balança Comercial. A figura 7 mostra a evolução da Balança Comercial do Brasil entre 2000 e 2019.

Figura 7- Balança Comercial Brasileira entre 2000 e 2019



Fonte: Autoria própria com dados de ANP (2020)

A exportação de óleo vem aumentando sua relevância na balança comercial brasileira. Esse impacto pode variar dependendo do preço do óleo. E, em 2015 e 2016 quando o preço do óleo perdeu valor chegando a menos de US\$ 50 o barril, a participação da balança comercial foi também menor, apesar da maior quantidade exportada (Tabela 4).

Tabela 4- Exportação brasileira de óleo ano a ano

Ano	Exportação (Mbep)	Ano	Exportação (Mbep)	Ano	Exportação (Mbep)
2000	7.1	2008	166.4	2016	306.6
2001	42.7	2009	201.9	2017	382.8
2002	89.8	2010	242.6	2018	431.5
2003	92.8	2011	232.2	2019	450.4
2004	88.6	2012	211	2020	31.6
2005	105.4	2013	146.2		
2006	141.8	2014	199.3		
2007	161.9	2015	283		

Fonte:ANP (2020)

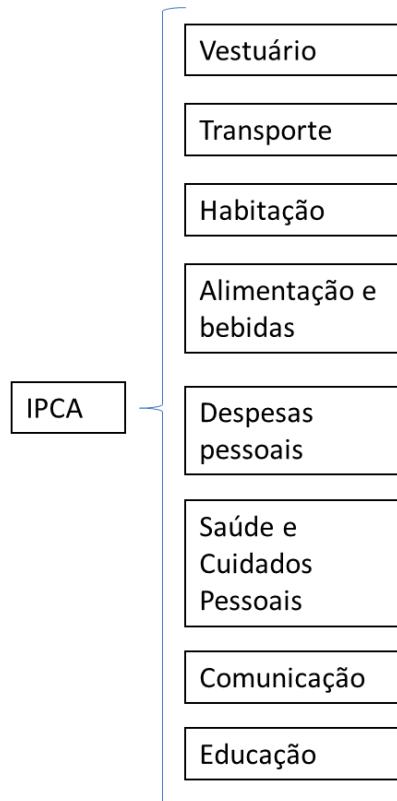
Ao analisar a relação do preço de petróleo e as exportações de petróleo, nota-se que há uma possível relação positiva. Ou seja, quando há uma diminuição do preço do petróleo, há uma diminuição da exportação. Isso se deve, principalmente pelo fato de que os preços baixos são um reflexo da baixa demanda pelo petróleo e uma alta oferta. Assim, os países precisam diminuir suas exportações para que a oferta e demanda voltem ao equilíbrio e o preço volte a subir. Porém, ao analisar não fica claro a existência de causalidade, que pode ser explicado por um terceiro fator influenciando ambos os indicadores (Kitous, Saveyn et al. , 2016)

### 3.5 Inflação

A inflação é o aumento generalizado e contínuo dos preços, gerando uma diminuição do valor da moeda. Existem diversos indicadores que são utilizados para medir, e todos tem o objetivo de auferir a variação dos preços dos produtos (Martinez e Cerqueira, 2011). Um dos mais utilizados é o Índice Nacional de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA) calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IPCA é usado pelo governo para determinar as metas de taxas de juros do

país de forma a amenizar possíveis crescimentos descontrolados da inflação, incentivar a economia e determinar as políticas monetárias. Para o cálculo desse índice é levado em consideração os fatores mostrados abaixo:

Figura 8- Itens que compõe o Índice IPCA



Fonte: Autoria própria com base em Martinez e Cerqueira (2011), BCB (2020)

Esses métodos de medição para o IPCA não necessariamente é o melhor procedimento, pois o índice mede alguns produtos específicos e nem todos se comportam de maneira similar. Além disso, cada família tem maior ou menor peso em itens distintos, gerando valores diferentes (Martinez e Cerqueira, 2011). Por exemplo, há famílias que tem maior custo com educação do que com transportes, gerando uma “inflação” diferente de uma família que tem maior custo com transporte do que com educação.

Outro indicador amplamente utilizado pelo mercado é o IGP-M (Índice geral de preços do mercado) calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Como o IPCA, o IGP-M, mede a variação no preço de uma cesta de produtos em determinado período.

Porém, diferente do IPCA, ele usa outros índices para compor o indicador. Esse é composto por: 60% pelo Índice de Preço ao produto Amplo (IPA), que mede as variações de preço no setor agropecuário e transações interempresariais, 30% pelo Índice de Preço ao Consumidor (IPC), que mede a variação de preço de certos bens e serviços, 10% pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), que mede o custo da construção civil no país.

As políticas econômicas dos países visam controlar o aumento de preços, para que seus cidadãos mantenham o poder aquisitivo. Como retratado por Canelas (2007), a inflação desvaloriza a moeda, ou seja, reduz o poder de compra da população que não consegue comprar os mesmos produtos em mesmas quantidades. Um exemplo é o pacote de arroz de 5kg que custava por volta de R\$ 3,28 em 2000 e ,em 2020, custava R\$ 15,55, assim os mesmos R\$ 3,28 não conseguem comprar mais os 5kg de arroz.

O IBGE mede mensalmente os preços de produtos e em diferentes regiões para calcular uma média nacional e que podem ser dívidas em categorias. Para uma análise da inflação do setor de óleo e gás pode-se analisar algumas categorias específicas, como GLP, Gás encanado e Combustíveis, para entender como o preço do petróleo impacta a economia.

A figura 9, mostra a evolução da inflação, do preço do combustível e do preço do barril de petróleo desde os anos 2000 até 2019. A ideia é observar como cada um variou no período.

Figura 9- Evolução da inflação no Brasil (2000 ate 2019)



Fonte: Autoria própria com base em dados IBGE (2020)

O primeiro ponto que é necessário ressaltar é que o gráfico mostra a taxa de inflação acumulada de cada ano. Porém, parece não haver correlação entre a inflação, o preço do combustível e barril de petróleo. Isso porque há anos em que o preço do barril está alto, porém a inflação fica baixa e há anos em que o preço do petróleo está baixo e a inflação fica alta.

É interessante notar que quando ocorreu um aumento da inflação entre 2007 e 2008, o preço do combustível aumentou menos. Já nos outros anos de 2014 e 2015, a inflação subiu pouco, o combustível teve um acréscimo considerável. Essas diferenças se devem porque a inflação do país é calculada com base na variação de preço de uma cesta de produtos (como alimentos, moradia, educação, despesas pessoais e outros), e aqui estamos analisando o combustível. Segundo o IBGE, o combustível tem um peso de aproximadamente 5% na inflação.

Países como a Turquia e Rússia apresentaram correlações positivas e até causalidade unilateral entre o preço do petróleo a o valor da inflação nos períodos de

1961 até 2012, explicitando a influência do preço do petróleo nos países (Gokmenoglu, Azin *et al.*, 2015).

### 3.6 Arrecadação tributária

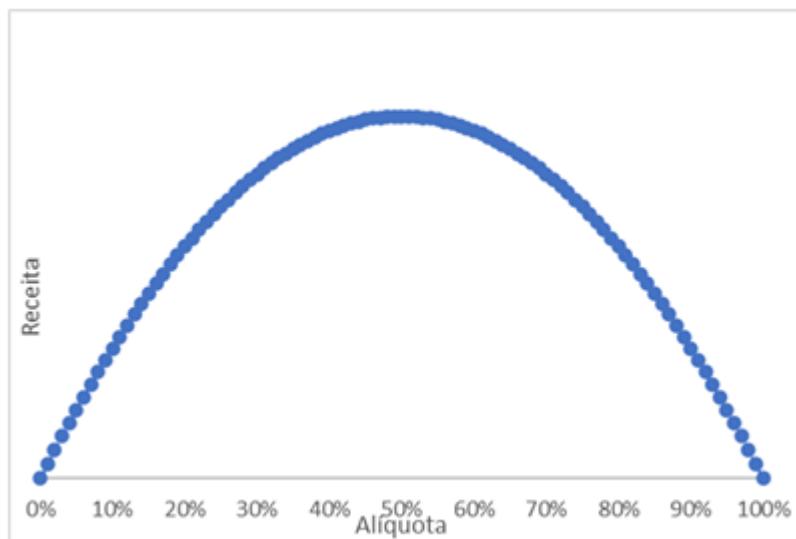
A arrecadação tributária é uma das principais formas do governo de um país conseguir dinheiro. Essa é calculada pela Receita Federal, órgão também responsável pelo recolhimento dos tributos tanto para pessoas físicas como jurídicas. O objetivo dessa arrecadação é promover o bem estar, garantir uma qualidade de vida adequada, como acesso à educação, alimentação e saúde para toda a população, além de promover o bem estar de pessoas jurídicas.

O Brasil, atualmente, possui uma das maiores cargas tributárias, constituindo quase 34% do PIB, em 2019 (Tesouro Nacional, 2020). Essa alta carga, faz surgir diversas questões como a necessidade de reformas e a evasão de pagamento por parte de pessoas físicas e jurídicas, já que essas taxas influenciam diretamente na competitividade das empresas. A elevada taxa dos tributos faz as pessoas optarem por evadir os pagamentos, gerando menores receitas para o governo.

Esse aspecto da economia mostra que o sistema de tributações não é eficiente. No caso eficiente, as empresas tomam as decisões não influenciadas pelas das tributações e, consequentemente, não há evasão do pagamento de impostos (Mendes 2008). Atualmente, há diversos estudos na área para garantir que os impostos cobrados sejam eficientes e recebidos de fato pelos governantes (Lima e Rezende, 2019).

A curva de Laffer, como mostrado por Lima e Rezende (2019), é um exemplo desses estudos. Ela busca compreender quanto de receita é gerado por alíquota de imposto, buscando o ponto ótimo dessa curva. É mostrado que quando há tributação de 0% não há arrecadação, porém se há 100% de tributação a arrecadação também é nula, pois a população é desencorajada a consumir e há estímulo de contrabandos. Há, portanto um ponto ótimo que se deve utilizar, porém é difícil definir o ponto ótimo, como visto na figura abaixo, e pode variar dependendo das condições.

Figura 10- Modelo de curva de Laffer



Fonte: Autoria própria baseado em Lima e Rezende (2019)

Para entender melhor as arrecadações e garantir que ocorra corretamente, o primeiro passo é entender quais são as principais formas de cobrança dessas taxas. No estudo realizado por Canelas (2007), há o resumo das quatro principais formas de tributação que são recolhidas pelas empresas no geral:

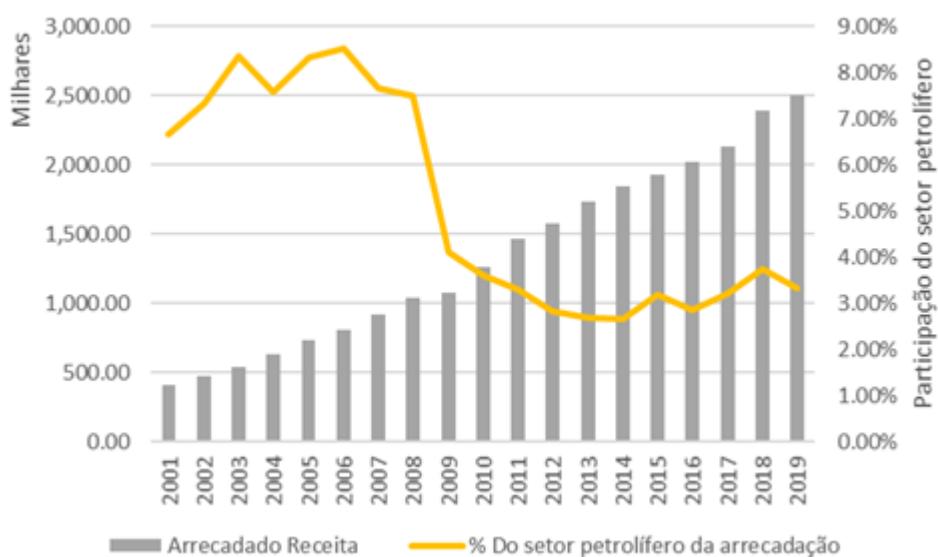
- 1- Contribuições para a Previdência Social, referente a parte que a empresa paga para contribuir com a aposentadoria dos funcionários.
- 2- Deduções, são os valores que são retiradas da receita bruta da empresa que podem ser caracterizadas como ICMS, ISS, IPI, PIS, COFINS entre outros referentes a vendas e serviços (as porcentagens podem mudar de acordo com as leis).
- 3- Impostos e Taxas, que podem ser IPTU, ITR, IPVA etc. Para esse caso não está incluso deduções da receita bruta, nem as provisões do imposto de renda;
- 4- Salários, como FGTS, é o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço, também pago pelo empregador para garantir renda ao funcionário caso seja desligado da empresa sem justa causa. É pago o valor equivalente a 8% do salário do empregado.

5- Imposto de Renda- Tributado sobre a renda que a empresa obteve no período de análise;

O setor petrolífero é um que sofre as maiores taxações. Além das já citadas, há despesas como os *Royalties*, que é o valor calculado sobre a produção total da companhia, obrigando a fornecer parte da produção ao Estado. Esse pagamento é feito mensalmente e tem o valor de 5% a 15%, da produção, segundo a Agencia Nacional do Petróleo (ANP), e é considerada como um pagamento das empresas sobre o direito de exploração dos hidrocarbonetos no país (Canelas, 2007).

Para um melhor entendimento da relevância do setor petrolífero nesse aspecto, foi analisado a participação dele na arrecadação tributária ano a ano, como visto na figura abaixo:

Figura 11- Arrecadação tributária no ano entre 2002 e 2019



Fonte: Autoria própria baseado em dados do site da Receita Federal

Nota-se dois pontos na figura 11: O primeiro é que a arrecadação tributária do país cresceu ano a ano de forma expressiva. E o segundo ponto é que a participação do setor petrolífero perdeu relevância. O que representava mais de 8% da arrecadação por volta dos anos 2000, passou a ser cerca de 3% em 2019. Porém, em termos absolutos ambos cresceram. A arrecadação do setor em 2000 era por volta de

R\$27 bilhões, enquanto no último registro, em 2019, foi de R\$ 83 bilhões, tabela 5. Isso mostra que o país está arrecadando em outros setores da economia, não sendo tão dependente de um único setor, como era a alguns anos. O aumento da tributação no setor petrolífero também pode seguir a curva de Laffer, já que maiores impostos resultariam em um custo por barril mais elevado. Isso faria as empresas perderem competitividade no mercado e consequentemente buscar outros países com taxas menores para produzir, ou diminuir a produção no país atual até ser novamente vantajoso.

Tabela 5 – Arrecadação tributária do setor petrolífero entre 2000 e 2019

Ano	Arrecadação tributária do setor petrolífero (R\$ Bilhões)
2000	27.4
2001	32.7
2002	45.1
2003	55.8
2004	65.3
2005	74.6
2006	86
2007	83.5
2008	125.6
2009	117.6
2010	109.3
2011	47.9
2012	44.4
2013	46.6
2014	49.1
2015	61.1
2016	57.8
2017	68.1
2018	89.6
2019	83.3

Fonte: Autoria própria baseado em dados do site da Receita Federal

A variação da participação do setor petrolífero na arrecadação tributária, vista na figura acima, é explicada por alguns fatores entre eles a variação no preço do petróleo, que quando mais baixo gera menores lucros para as companhias e consequentemente menos impostos. E o segundo ponto é o aumento da alíquota

tributada em outros setores. Isso porque há um aumento dos gastos públicos e necessidade de elevar a arrecadação para o país não ficar deficitário (Canelas, 2007).

É interessante saber como a variação do preço do petróleo afeta a arrecadação do país devido as mudanças no valor do petróleo. Estudos mostram que em países importadores, quando o preço do petróleo diminui, o preço da matéria prima tende a diminuir, fazendo com que empresas nesses países consigam lucros maiores, e, consequentemente, pagando maiores valores para o governo na forma de impostos. O contrário ocorre em países exportadores, já que menores preços geram receitas menores para as empresas exportadoras, diminuindo o lucro e, consequentemente, o valor dos impostos (Zakaria e Shamsuddin, 2017). Mesmo o Brasil não sendo totalmente dependente das receitas geradas pela exportação de petróleo, essa ainda gera um volume de recursos considerável que merece ser analisado.

### **3.7 Taxa de emprego**

No Brasil, o número de pessoas empregadas muitas vezes é medido pelo indicador inverso, a taxa de desemprego. O objetivo dela é medir a porcentagem da população ativa que se encontra sem um trabalho, seja formal ou informal.

Medir esse índice é de extrema importância para o país e é calculado pelo IBGE. Em países onde a taxa de desemprego está baixa, geralmente, se deve a criação de empregos e a economia crescente. Nesses países, os novos empregados geram renda para as pessoas, que irão suprir suas necessidades, consumindo produtos, pagando suas contas, impostos, entretenimento etc. Esses fatores, estimulam a economia e geram mais empregos, em um efeito crescente.

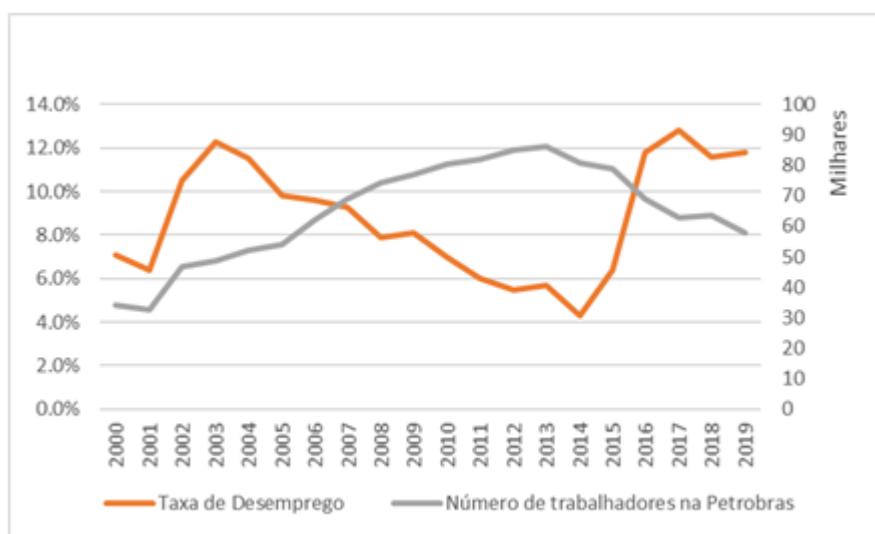
Caso essa taxa de desemprego esteja alta, ou seja, muitas pessoas desempregadas, estudos mostram que há um aumento de criminalidade, pobreza e desabrigados no país. Além disso, há um maior custo do governo para subsidiar essa parte da população, como auxílio desemprego, o que reduz recursos para investimento pelo governo. Nesse caso, a população não tem capital para gastar com

sus necessidades, precisando recorrer a outros meios para obter recursos. Esses podem ser por assistência do governo ou meios ilegais, resultando em aumento da criminalidade e dispêndios do Estado. (Araújo e Antigo, 2016).

De 2000 a 2014, a economia brasileira vinha crescendo, com investimentos internos e externos e a inflação controlada. Esse cenário era favorável para a geração de empregos (Araújo e Antigo, 2016). Entretanto, após esse período, houve um aumento significativo da taxa de desemprego. Em 2000, a taxa era de cerca de 7% subindo para 11% em 2019, ou seja, um aumento de 4% na quantidade de pessoas sem um emprego formal.

A crise de 2008 não afetou de imediato o Brasil, mas sim anos posteriores a ela. Após o ocorrido muitas pessoas ficaram desempregadas, e houve um aumento expressivo na quantidade de empregos informais, o que continuou diminuindo a taxa de desemprego do país, como visto na figura 12.(Canelas, 2007, Araújo e Antigo, 2016)

Figura 12- Evolução da taxa de desemprego do Brasil entre 2000 e 2019



Fonte: Autoria própria baseado dados do IBGE (2020)

Ao analisar o gráfico vemos que a taxa de desemprego do país oscilou consideravelmente nesse período, chegando desde quase 4% até mais de 12% em menos de 20 anos, uma variação grande, quando considerado outros países. Como referência, pode-se comparar com o caso dos Estados Unidos, por exemplo, ele

estava por volta de 4% no início da década, em 2000, chegando a quase 10% durante a crise de 2008, e voltando para patamares de 3.5% em 2019. Assim, vemos que o Brasil ainda sofre das dificuldades econômicas para criar empregos formais. A figura 12 também mostra o número de empregados na Petrobras nesse mesmo período. Mesmo diante da crise em 2008, o número de funcionários cresceu até 2013.

Analisou-se a Petrobras por ser uma das principais empresas do setor petrolífero no Brasil. Porém, segundo o IBP em abril de 2019 existiam cerca de 521.000 empregos formais no setor petrolíferos. Desses, 85% era na parte *downstream* (área que foca nas distribuições e logística do óleo), 9% na parte *upstream* (área que foca na produção do petróleo) e 6% na parte *midstream* (voltada para o refino do petróleo).

Canelas (2007) mostrou em seu trabalho que em 2003 os trabalhadores do setor petrolífero representavam cerca de 0,27% dos empregados totais do Brasil na época, representando cerca de 200 mil empregados. Em 2019, segundo o IBP, esse valor passou para 521 mil, o que representou uma diminuição em relação do número total de empregados, para apenas 0,1%.

Esse fato pode ser explicado, pois, houve uma evolução do setor petrolífero no Brasil, demandando essa mão de obra. Essa demanda foi nas áreas principalmente especializada, como análises de sísmicas, perfuração direcional, gestão de reservatórios e automação. Áreas de tecnologia, que com o seu avanço geram menores necessidades de mão de obra sem especialização (Canelas, 2007).

O importante é ressaltar que o setor petrolífero representa atualmente uma parcela pequena da massa empregada no Brasil. Porém, a análise do indicador é relevante, pois o preço do petróleo está correlacionado com diversos setores da economia. Assim, um aumento ou queda do preço do petróleo não afeta apenas o emprego nas indústrias petrolíferas, mas sim na sociedade como um todo. Para compreender como os indicadores vem sendo afetado pelas variações no preço do petróleo serão usadas técnicas estatísticas que serão apresentadas a seguir.

Ao analisar a economia como um todo, estudos indicam que o aumento do preço do petróleo tem uma correlação positiva com o aumento de desemprego em países

importadores de petróleo. Quando os preços do petróleo aumentam, os preços das matérias primas também aumentam, isso faz com que as empresas diminuam as margens de lucro e, eventualmente, precisem reduzir de tamanho, elevando as taxas de desemprego. Porém, para países exportadores de petróleo o contrário foi encontrado. Nesses países encontrou-se uma causalidade entre o preço do petróleo e o desemprego, o aumento do preço do petróleo aumenta a taxa de desemprego, mostrando que estão relacionadas. (Mellquist e Femermo, 2007, Lescaroux e Mignon, 2008, Najimi e Shorkar, 2019).

## 4 METODOLOGIA

O objetivo do trabalho é identificar padrões e compreender a relação entre o preço do petróleo e os principais indicadores macroeconômicos. Para isso, o trabalho utilizará as técnicas estatísticas de Correlação Cruzada, Granger e Cointegração aplicadas às bases temporais dos indicadores selecionados nos últimos 20 anos, utilizando dados trimestrais. O objetivo do teste de correlação cruzada é verificar se existe relação entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos ao longo das séries temporais. Já o teste de Granger identifica a existência de causalidade entre eles, ou seja, se a mudança de uma variável precede temporalmente a mudança na outra série. E a cointegração verifica se a relação entre as séries temporais é espúria ou não, séries com relação não espúrias possuem relação de longo prazo.

### 4.1 Correlação e coeficiente de regressão linear de Pearson

O coeficiente de regressão linear de Pearson mede a magnitude da relação linear entre os valores (Pereira, 2010). Ele é dado pela fórmula:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

Onde:

X=Valores do componente X que vai de 1 a n

$\bar{X}$  =Valores médios dos componentes X

Y= Valores do componente y que vai de 1 a n

$\bar{Y}$ = Valores médios dos componentes Y

Esse valor de “r” pode variar de 1 a -1. Onde 1 representa a correlação perfeita, ou seja, se o valor de X aumentar o de Y aumenta também na mesma proporção. Se “r” for -1, é uma correlação negativa perfeita, ou seja, se X diminuir, Y vai aumentar na mesma proporção. Por fim, tem-se o caso de “r” =0, isso quer dizer que as variáveis não se correlacionam, são independentes entre si. Se uma variar, não é possível prever para onde a outra variável se movimenta.

Existem diversas formas de correlacionar as variáveis, indo desde métodos mais simples, que são os lineares, até métodos mais complexos. A correlação linear e métodos dos mínimos quadrados são alguns exemplos desses métodos.

O método da regressão linear consiste em aproximar os dados das variáveis por uma reta:

$$y(i) = ax(i) + b + e(i) \quad (3)$$

Onde

$y(i)$ = É o resultado esperado para dado  $x(i)$

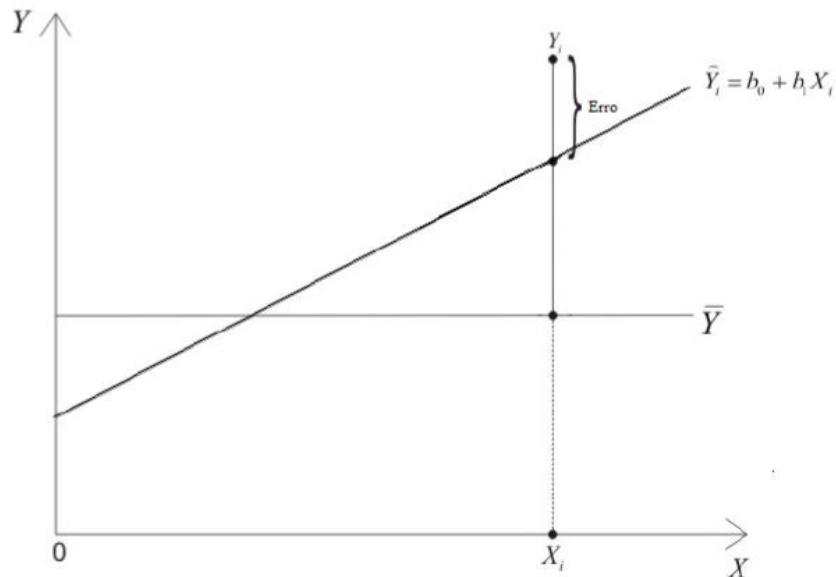
$b$ = Valor de  $y$  quando  $x(0)=0$

$a$ =Inclinação da reta, mostra como varia  $Y$  em decorrência da variação de  $X$

$e(i)$ =Erro associado a  $y(i)$

Essas erro pode ficar mais claro na figura abaixo:

Figura 13- Erro do modelo devido a regressão



Fonte: Pereira (2010)

A reta obtida pela regressão não passa perfeitamente por todos os pontos, então há um erro associado a ela.

Outro ponto relevante é que para aplicar esse método é necessário satisfazer algumas condições:

**1-Linearidade:** A relação entre as variáveis deve ser linear. Analisando dados temporais, nota-se a existência de dados muito dispersos, para diminuir essa dispersão pode-se utilizar a variação, que será melhor apresentado a seguir;

**2-Normalidade de erros:** Os erros associados a Y, “ $e(i)$ ”, devem se aproximar de uma distribuição normal;

**3-Independência de erros:** Os erros de um período não devem ser levados adiante, ou seja, deve haver uma independência entre eles;

**4-Igualdade de variâncias:** A variância deve se manter constante na série, tanto para valores baixos como para valores altos.

Essa última condição está associada a séries estacionárias, onde a média e a variância se mantêm constantes no decorrer da série temporal (Levine, 2008, Pereira, 2010). Uma possibilidade de verificar se o método de correlação é relevante é realizar o teste P dos resultados (teste que verifica a probabilidade do evento ocorrer). Se o valor de P for menor que 5% (valor proposto e aceito pela teoria) o resultado será significante.

É possível também medir a qualidade do ajuste da regressão linear. Para tal pode-se usar o coeficiente de determinação. Esse é uma medida relativa que vai de 0 a 1 e que mostra o quanto da variação de Y pode ser explicada pela relação entre X e Y. Caso encontre-se um coeficiente de 0.7, significa que 70% da variação de Y pode ser explicada pela relação entre X e Y. Os demais 30% da variação não é explicada pelo modelo e decorre de outros fatores. Esse valor é determinado pela equação 4 a seguir:

$$R^2 = \frac{\text{Variação explicada}}{\text{Variação Total}} = \frac{\sum_1^n (\bar{y}_i - y_i)^2}{\sum_1^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (4)$$

Onde:

$y_i$ =É o valor do dado

$\bar{y}_i$ =É a média aritmética dos dados  $y_i$

$\hat{y}_i$ =Valor previsto pelo modelo

Como Levine (2008) cita em seu livro, essa correlação não indica causa e efeito. Por exemplo, não indica que X causou Y ou vice versa, mas apenas se as variáveis são correlacionáveis. Pode ser que duas variáveis estejam correlacionadas, mas a variação seja causada por um fator externo. Um possível exemplo hipotético é verificar que o preço da gasolina e a inflação tenha uma correlação positiva de 0.8, mas não necessariamente o aumento do preço da gasolina causou um aumento de inflação. Pode ser que o aumento do dólar esteja afetando ambas as variáveis de forma que estejam correlacionadas.

Para uma melhor definição de correlação será delimitado intervalos para cada tipo de correlação, mostrado na tabela 5:

Tabela 6- Critérios de correlação (Mukaka, 2012)

Intervalo de R	Tipo de Correlação
-1 a -0.9	Correlação negativa muito forte
-0.89 a -0.7	Correlação negativa forte
-0.69 a -0.4	Correlação negativa moderada
-0.39 a -0.2	Correlação negativa fraca
-0.19 a -0.01	Correlação negativa bem fraca
0	Sem Correlação
0.01 a 0.19	Correlação positiva bem fraca
0.2 a 0.39	Correlação positiva fraca
0.4 a 0.69	Correlação positiva moderada
0.7 a 0.89	Correlação positiva forte
0.9 a 1	Correlação positiva muito forte

Para entender melhor o modelo de causalidade, esse tópico será abordado nas próximas páginas.

## 4.2 Correlação Cruzada

O coeficiente de Pearson é bom para identificar correlações entre séries, porém deve ser aplicado para series com variáveis independentes dentro e entre si. Por exemplo, o valor de X em t-1 não pode impactar o valor de X em t. Um exemplo claro desse tipo de variável é a utilização de um dado aleatório, se na primeira vez jogado o resultado for 3, no próximo jogo não podemos prever qual será o resultado. Esse fato não acontece necessariamente em series temporais como, por exemplo, o preço do petróleo. O preço de ontem do petróleo faz parte da formação do preço do petróleo de hoje e de amanhã, então não há uma independência interna das variáveis (Gonçalves, 2018).

Assim, para conseguir realizar a análise de correlação com séries temporais, usa-se o método das correlações cruzadas. Esse método permite comparar duas séries temporais e observar como estão se correlacionando, podendo evidenciar sequências que não são evidentes (Gonçalves, 2018).

O passo a passo para esse método é:

1-Calcular o coeficiente de correlação de Pearson entre as séries;

2-Deslocar uma das séries criando um “lag”, por exemplo o ponto  $A_t$  será comparado com o  $B_{t+1}$ ;

3-Calcular o coeficiente de Pearson com as séries deslocadas;

4-Repetir os processos 1,2 e 3 para quantos lags forem necessários, porém quanto maior esse número, menor será a chance de encontrar uma correlação;

5-Identificar qual deslocamento de série apresenta a maior correlação em termos absolutos, determinando, assim, onde as séries melhores se correlacionam.

Um ponto interessante de se notar é que quando aplicamos com  $lag=0$  o coeficiente obtido é o próprio coeficiente de Pearson visto no tópico 4.1.

### **4.3 Causalidade-Teste de Granger**

Causalidade é definida pelo dicionário Michaelis como: “Condição, natureza ou qualidade daquilo que é causal, daquilo que fundamenta, gera ou explica algo ou produz algum efeito”. Em outras palavras, ocorre A, então ocorre B. Nesse caso pode-se dizer que o fato A causou fato B (Carneiro, 1997).

O método de Granger é o teste mais conhecido e aplicado para verificar causalidade entre variáveis. O teste busca uma relação de causalidade entre duas séries temporais, como por exemplo variação da taxa de câmbio e saldo da balança comercial. Pela teoria explicitada, se um evento X precede um evento Y então o

evento Y não pode ter causado o evento X, pois um fato futuro não pode afetar um fato passado (Carneiro, 1997, Gujarati e Porter, 2011).

Para aplicar o teste é necessário assumir algumas hipóteses.

1-Todas as informações relevantes para a predição estão contidas nas series de análise. Ou seja, nenhuma outra informação além das provenientes dos dados é utilizada para a análise (fazendo uma análise geral outras informações podem impactar, mas não são levadas em consideração no teste).

2-As séries são estacionárias, ou seja, tem média e variância constante ao decorrer do tempo.

Devido à dificuldade de se obter séries estacionárias, a literatura utiliza a variação das séries nos cálculos. Por exemplo, supondo a existência de uma série temporal hipotética  $x(1)=1; x(2)=3; x(3)=6$ , é utilizado para análise a variação no tempo entre essas series. A variação no tempo tem um caráter mais parecido com series estacionárias:  $t(1)=(3-1)=2$  e  $t(2)=(6-3)=3$  (Carneiro, 1997, Gujarati e Porter, 2011).

Um exemplo de série não estacionária transformada em estacionária utilizando as variações, pode ser visto na figura 14. A série laranja é não estacionária, porém ao utilizarmos as variações entre os períodos, série em cinza, temos um comportamento estacionário.

Um método mais assertivo para determinar se a série é estacionária é verificar se a série tem uma raiz unitária e, portanto, não é estacionaria ou não tem raiz unitária é estacionária. Em outras palavras, a série tem raiz unitária se 1 é raiz da equação, então a série não é estacionária. Entretanto, se as outras raízes, em módulo, forem menores que 1, então a primeira diferença da série é estacionária. Um desses testes para determinar as raízes unitárias e consequentemente a estacionariedade é o método de *Augmented Dickey-Fuller* (ADF).

A ideia do modelo é realizar o teste sobre a série mostrada na equação 5:

$$y_t = \mu + \varphi(y_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t \quad (5)$$

Onde:

$\varepsilon$ = erro, que se espera que seja 0;

Se  $\varphi=1$  a série não é estacionária, e é considerada aleatória. Caso o  $|\varphi| < 1$  a série é considerada estacionária. Assim, realiza-se duas hipóteses a  $H_0$  na qual  $\varphi=1$  e a  $H_1$  na qual  $|\varphi| < 1$ . Aplicando o método dos mínimos quadrado (Equação 6):

$$\varphi' = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-1} * y_t}{\sum_{t=2}^n y_{t-1}^2} \quad (6)$$

Com o método dos mínimos quadrados definido, aplica-se o modelo definido por Dickey e Fuller (1979).

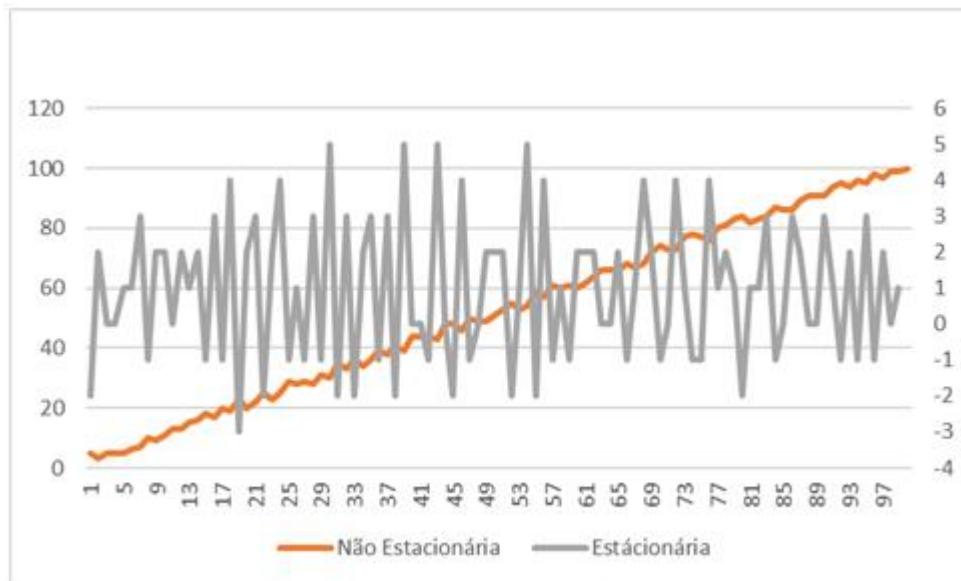
$$\tau' = \frac{\varphi' - 1}{s(\varphi')} \quad (7)$$

$$s(\varphi') = \sqrt{\frac{s}{\sum_{t=2}^n y_{t-1}^2}} \quad (8)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{t=2}^n (y_t - \varphi' * y_{t-1})^2 \quad (9)$$

Onde a equação 7 representa o modelo proposto por Dickey e Fuller, a equação 8 o erro padrão de  $\varphi$  e  $S^2$  (equação 9) é o estimador do desvio padrão. Uma maneira mais simples de verificarmos a estacionariedade é comparar oTau ( $\tau$ ) estatístico, obtido na equação 7, com o Tau crítico (Baseado na tabela de Dickey-Fuller). Caso o estatístico for menor do que o crítico se considera que a série é estacionária (Pereira, 2010).

Figura 14-Modelo de série estacionária (cinza) x série não estacionária (laranja)



Fonte: Autoria própria

Nas séries estacionárias, para representação de causalidade, diz-se que a série A causou a série B, pela literatura colocado na forma de que “a série A causa, no sentido de Granger, a série B” (Carneiro, 1997). Utiliza-se essa denominação pois há controvérsas sobre se realmente o teste calcula a causalidade entre as séries. No decorrer do trabalho será usado apenas o termo “causalidade” ao invés de “causalidade no sentido de Granger” para evitar repetições.

Além disso, se é determinado a relação de causalidade entre a série A e B, diz-se que os valores passados de uma influenciam os valores presentes da outra. Ou seja, A causa B então,  $A_{(t-i)}$  influência  $B_t$ . Como não é possível determinar sem os testes se há causalidade entre as séries, é realizado nas duas direções, A causa B e B causa A para ver se há a relação e o tipo.

Nas fórmulas descritas a regressão assume que os valores presentes de A são influenciados pelos valores passados de A e B mais um erro, assim como os valores presentes de B são influenciados pelos valores passados de A e B mais um erro.

$$A_t = \sum x_i A_{t-i} + \sum y_i B_{t-i} + e_{t-i} \quad (5)$$

$$B_t = \sum x_i A_{t-i} + \sum y_i B_{t-i} + e_{t-i} \quad (6)$$

Existem quatro tipos de causalidade:

1. Causalidade de B para A: Caso em que os coeficientes obtidos em (5) para a variável B são diferentes de zero ( $\sum y_i \neq 0$ ), e os coeficientes obtidos em (6) para a variável A não forem estatisticamente diferentes de zero.
2. Causalidade de A para B: Caso em que os coeficientes obtidos em (6) para a variável A são diferentes de zero ( $\sum x_i \neq 0$ ), e os coeficientes obtidos em (5) para a variável B não forem estatisticamente diferentes de zero.
3. Bicausalidade: Caso em que os conjuntos de coeficientes das variáveis anteriores de A e B forem estatisticamente diferentes de zero nas duas equações, (5) e (6).
4. Independência: Caso em que em ambas as equações (5) e (6), os conjuntos de coeficientes de A e B não forem estatisticamente diferentes de zero.

As equações (5) e (6) são sensíveis aos números de defasagens escolhidos, porém, ao mesmo tempo, não há um número ideal, podendo ser arbitrário. Pode-se escolher, por exemplo,  $A_{(2)}$  e  $B_{(2)}$ . Recomenda-se aplicar o teste para determinar qual o número ideal. Esses testes podem ser “os critérios de informação de Akaike ou de Schwarz”, que ajudam na definição desse número de passos, dado pela maximização da equação abaixo (Carneiro, 1997)

$$BIC = -2 \log f(x_n|\theta) + p \log n \quad (7)$$

Onde:

$f(x_n|\theta)$  = É a verossimilhança do modelo escolhido

p= É o número de parâmetros

n= Número de observações da amostra

Estudos mostram que a escolha de números altos de defasagem é melhor, já que um pequeno número pode causar um enviesamento dos valores. Devido a dificuldade para determinar esse valor, realiza-se alguns testes com softwares e obtém-se valores estatísticos para aprovar ou não a causalidade de Granger. Assim, por exemplo, realiza-se o teste com 1,3 e 6 (valores hipotéticos de defasagem) e obtém-se os valores estatísticos de “p” (probabilidade do evento acontecer) e “F” (razão entre as dispersões das series).

O valor de “p” é obtido a partir do valor de F extraído das tabelas de Fisher (anexo 1). Na hipótese nula, onde não haverá correlação entre as series X e Y, espera-se que o valor de F seja próximo de 1, indicando que as dispersões são similares. Se o valor de “p” for menor do que 0.05 (5%) descarta-se a hipótese nula, ou seja, há causalidade entre a series X e Y. Em caso contrário a hipótese é aceita, consequentemente, não há causalidade (Fred, Dietz *et al.*, 2015, Matta, Lunesu *et al.*, 2015).

Devido a complexidade desse método e a demanda operacional do teste de correlação os dados selecionados, será usado o software *Real Stats* no Excel® com módulo de testes estatísticos. Dessa forma é possível obter resultados mais precisos e em um menor tempo. Além disso, é possível fazer diversos testes com diferentes defasagens para o teste de causalidade para determinar onde se encontram as maiores causalidades, podendo contornar os testes de critério de informação de Schwarz.

#### 4.4 Cointegração de Engle-Granger

Após realizar todos o Teste de Correlação Cruzada e de Causalidade de Granger, pode-se realizar o Teste de Cointegração. Esse teste permite analisar se as séries têm correlação espúria (uma correlação ao acaso) ou se realmente as séries estão correlacionadas no longo prazo. Ou seja, séries não espúrias possuem relações de longo prazo.

Nesse teste, é aplicado o método de Engle-Granger, que consiste em considerar a função identificada no teste de causalidade de Granger e analisar os erros da função. Se esse erro tiver características estacionária, então diz-se que as séries são cointegradas.

Assim o procedimento consiste em:

- 1-Achar a função que representa a regressão linear entre as duas séries;
- 2-Aplicar o teste de Dickey-Fuller (presente no tópico 4.3) nos resíduos da regressão;
- 3-Se os resíduos apresentarem estacionariedade, diz-se que as séries são coitntegradas

Assim, considerando duas série A e B, algebraicamente temos:

$$A_t = \alpha + xB_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$\varepsilon_t = p\varepsilon_{t-1} + \mu \quad (9)$$

A equação 8 representa a regressão linear entre as duas series temporais (etapa 1), enquanto a equação 9 representa o erro dessa equação (parte da etapa 1). Aplicando-se o método ADF sobre a equação 9, é possível determinar sua estacionariedade.

Se os resíduos forem estacionários então as séries são cointegradas e consequentemente, a correlação não é espúria. Os resíduos são classificados como a diferença entre o valor obtido pelo modelo matemático e a realidade, figura 13.

Assim, como no teste de Granger, é necessário determinar um valor  $p$  de significância para ser utilizado como *threshold*. Na literatura, usualmente, é determinado o valor de 5%, resultados que sejam superiores que esse limite são classificados como não cointegrados (Akira e Tadao, 2009).

#### 4.5 Bases de dados utilizadas

Para a realização dos testes foram usadas bases de dados trimestrais dos últimos 20 anos das seguintes variáveis: preço do petróleo (considerado o petróleo WTI); PIB do Brasil; Taxa de inflação, Taxa de Desemprego; Arrecadação Tributária; e Balança Comercial. As bases foram extraídas das seguintes fontes:

- 1-PIB: Disponíveis no site do IBGE;
  - 2-Taxa de Inflação: Foi utilizado o IPCA calculado pelo;
  - 3-Taxa de Desemprego: Disponível no site do IBGE;
  - 4-Arrecadação Tributária: disponível no site da Receita Federal, órgão responsável pela arrecadação dos tributos de pessoas jurídicas e físicas.;
  - 5-Balança Comercial: calculada pelo Banco Central do Brasil e disponível no site da instituição;
  - 6-Preço do Petróleo: Informações disponíveis no site “Investing.com”, que fornece séries históricas do preço da *commodity*;
- Após a obtenção das informações e tratamento dos dados (transformado em séries estacionárias caso necessário) foi aplicado métodos de correlação cruzada entre os indicadores e o preço do petróleo, buscando entender se há correlação entre eles, como explicado no próximo tópico. Em seguida foi aplicado o teste de Granger, buscando averiguar se além de correlação há causalidade entre o preço de petróleo e os indicadores macroeconômicos. E, por fim, foi aplicado o teste de Cointegração para verificar se existem relações de longo prazo entre duas séries temporais.

## 5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO E DISCUSSÕES

Inicialmente consolidou-se os dados e atestou-se a estacionariedade das séries. Verificou-se que nenhuma das séries obtidas inicialmente eram estacionárias, sendo necessário aplicar o método das primeiras diferenças para obter séries estacionárias.

Tabela 7-Principais indicadores macroeconômicos<sup>4</sup>

Ano	PIB Brasil (R\$ Bilhões)	Arrecadação Brasil (R\$ Bilhões)	Balança Comercial (Milhões R\$ )	Desemprego (%)	Inflação (%)
2000	655.4	22.0	158.6	7.1%	6.0%
2001	559.4	27.0	720.9	6.4%	7.7%
2002	508.0	35.0	1,691.4	10.5%	12.5%
2003	558.3	45.0	2,121.9	12.3%	9.3%
2004	669.3	48.0	2,527.7	11.5%	7.6%
2005	891.6	60.5	4,164.4	9.8%	5.7%
2006	1,108.0	68.2	6,894.3	9.6%	3.1%
2007	1,397.0	70.1	8,905.1	9.3%	4.5%
2008	1,696.0	77.9	13,682.8	7.9%	5.9%
2009	1,667.0	44.0	9,370.4	8.1%	4.3%
2010	2,209.0	45.6	16,293.2	7.0%	5.9%
2011	2,616.0	47.9	21,785.4	6.0%	6.5%
2012	2,465.0	44.4	20,305.9	5.5%	5.8%
2013	2,473.0	46.6	12,956.6	5.7%	5.9%
2014	2,456.0	49.1	16,356.7	4.3%	6.4%
2015	1,802.0	61.1	11,781.3	6.4%	10.7%
2016	1,796.0	57.8	10,073.8	11.8%	6.3%
2017	2,054.0	68.1	16,625.0	12.8%	3.0%
2018	1,869.0	89.6	25,096.8	11.6%	3.8%
2019	1,825.0	83.3	24,002.3	11.8%	4.3%

Fonte: Dados do IBGE (2020), ANP (2020) e Receita Federal (2020)

Após a obtenção dos dados, realizou-se o teste ADF, para obter o Tau crítico e o estatístico para verificar a estacionariedade, mostrado na tabela abaixo.

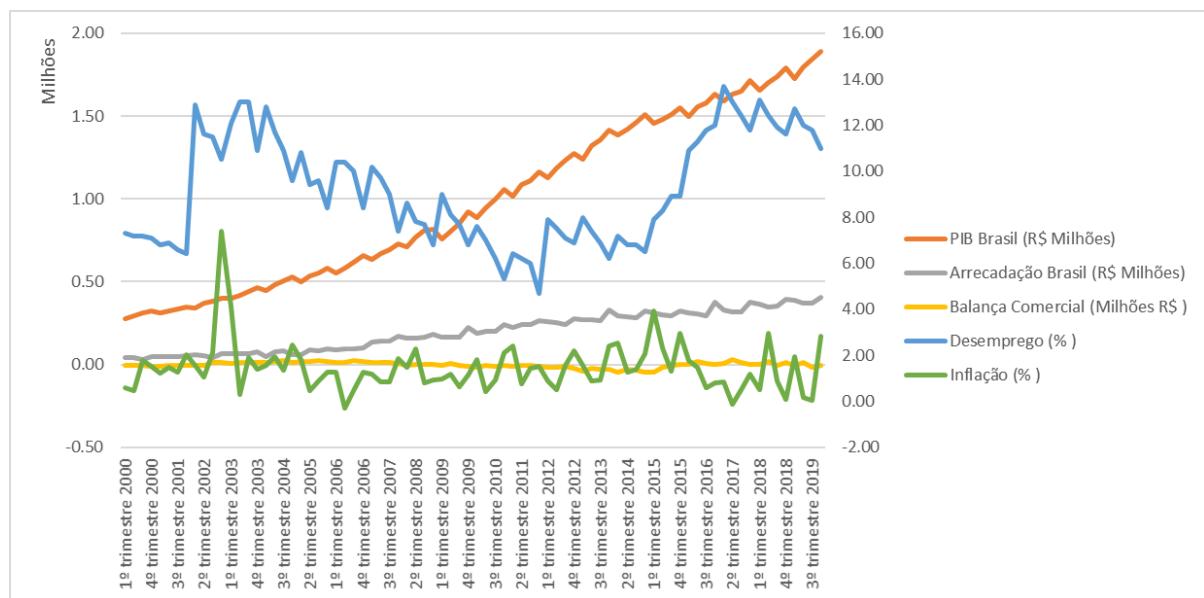
<sup>4</sup> -Os dados apresentados na tabela 7 são anuais, porém os testes realizados foram feitos com bases trimestrais, presentes em anexo.

Tabela 8- Teste ADF para verificar a estacionariedade das series históricas

	PIB	Arrecadação Brasil	Balança Comercial	Desemprego	Inflação
Tau-Stat	0.77657	-0.39838	-2.89497	-2.41500	-6.46272
Tau-Crit	-2.89841	-2.89841	-2.89841	-2.89841	-2.89841
Estacionariedade	Não	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Autoria própria

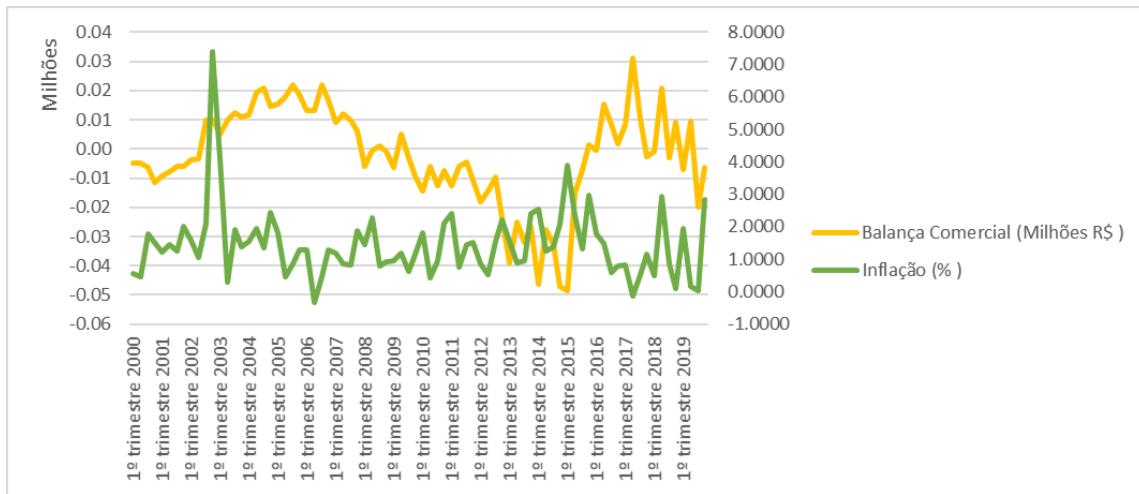
Figura 15- Evolução dos indicadores macroeconômicos, verificando a estacionariedade



Fonte: Autoria própria

No caso da balança comercial e inflação, esses indicadores são muito inferiores aos outros, dando a impressão de que são estacionários, figura 15, porém quando olhados no individualmente, na figura 16, é possível ver as oscilações.

Figura 16- Evolução dos indicadores macroeconômicos com foco na Balança Comercial e Inflação, verificando a estacionariedade



Fonte: Autoria própria

Em todos os casos os Taus estatísticos são maiores que os Taus críticos, mostrando que as séries não são estacionárias, exceto no caso da inflação, visto na tabela 8. Porém, ao realizar as primeiras diferenças entre as séries e refazer o teste ADF percebemos que já há estacionariedade, os Taus estatísticos das séries são menores que os críticos e é possível prosseguir com o teste de causalidade de Granger. A figura 17, permite uma melhor visualização das series estacionárias.

Tabela 9- Sériess históricas dos indicadores macroeconômicos utilizados para análise, considerando as 1-Diferenças

Ano	PIB Brasil (R\$ Bilhões) 1-Diferença	Arrecadação Brasil (R\$ Bilhões) 1-Diferença	Balança Comercial (Milhões R\$ ) 1-Diferença	Desemprego (%) 1-Diferença	Inflação (%) 1-Diferença
2000					
2001	-96.0	5.0	562.3	-0.7%	1.7%
2002	-51.4	8.0	970.5	4.1%	4.9%
2003	50.3	10.0	430.6	1.8%	-3.2%
2004	111.0	3.0	405.8	-0.8%	-1.7%
2005	222.3	12.5	1,636.8	-1.7%	-1.9%
2006	216.4	7.7	2,729.8	-0.2%	-2.6%
2007	289.0	1.9	2,010.8	-0.3%	1.3%
2008	299.0	7.8	4,777.7	-1.4%	1.4%
2009	-29.0	-33.9	-4,312.4	0.2%	-1.6%
2010	542.0	1.6	6,922.9	-1.1%	1.6%
2011	407.0	2.4	5,492.2	-1.0%	0.6%
2012	-151.0	-3.5	-1,479.6	-0.5%	-0.7%
2013	8.0	2.2	-7,349.3	0.2%	0.1%
2014	-17.0	2.5	3,400.1	-1.4%	0.5%
2015	-654.0	12.0	-4,575.4	2.1%	4.3%
2016	-6.0	-3.3	-1,707.5	5.4%	-4.4%
2017	258.0	10.3	6,551.2	1.0%	-3.3%
2018	-185.0	21.5	8,471.8	-1.2%	0.8%
2019	-44.0	-6.3	-1,094.4	0.2%	0.6%

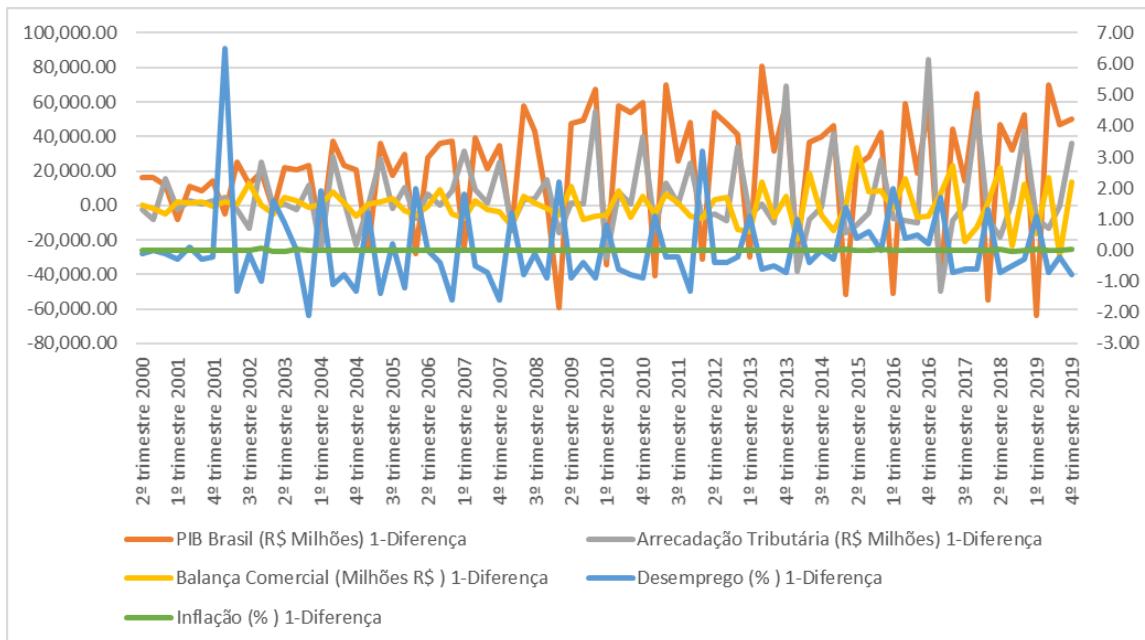
Fonte: Dados do IBGE (2020), ANP (2020) e Receita Federal (2020)

Tabela 10- Teste ADF para verificar a estacionariedade das séries históricas com 1-Diferenças

	PIB 1-Diferença	Arrecadação Brasil 1-Diferença	Balança Comercial 1-Diferença	Desemprego 1-Diferença	Inflação 1-Diferença
Tau-Stat	-13.0349	-13.0661	-12.4671	-11.7487	-10.6473
Tau-Crit	-2.89889	-2.89889	-2.89889	-2.89889	-2.89889
Estacionariedade	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autoria própria

Figura 17- Evolução dos indicadores macroeconômicos considerando as 1-Diferenças



Fonte: Autoria própria

Os mesmos testes e procedimentos foram aplicados para o preço do petróleo, como descrito na tabela abaixo:

Tabela 11-Série histórica do preço do petróleo WTI juntamente com a série da 1-Diferença

Ano	Preço do Barril WTI (U\$\$)	WTI 1- Diferença
2000	29.74	
2001	25.23	-4.51
2002	26.56	1.33
2003	30.83	4.27
2004	41.59	10.76
2005	57.28	15.69
2006	66.96	9.68
2007	74.94	7.98
2008	98.58	23.64
2009	63.92	-34.66
2010	79.98	16.06
2011	97.00	17.02
2012	94.25	-2.75
2013	97.60	3.35
2014	91.22	-6.38
2015	49.30	-41.92
2016	44.46	-4.84
2017	51.86	7.40
2018	64.54	12.68
2019	57.09	-7.45

Fonte: Index Mundi (2020)

Tabela 12-Teste de estacionariedade para as séries do preço do petróleo

	WTI	WTI-1
Tau-Stat	-2.08878	-7.34032
Tau-Crit	-2.89841	-2.89889
Estacionariedade	Não	Sim

Fonte: Autoria própria

## 5.1 Resultados

Realizou-se inicialmente o Teste de Correlação Cruzada, para verificar se as séries apresentam correlação e, caso positivo, com quantos *lags* de diferença. Em seguida, realizou-se o Teste de Granger nos dois sentidos para cada um dos indicadores macroeconômicos. Ou seja, no primeiro foi testado se o indicador macroeconômico causa no sentido de Granger o preço do petróleo WTI, e no segundo

teste se o preço do petróleo WTI causa no sentido de Granger o indicador macroeconômico. Por fim, realizou-se o Teste de Cointegração, para verificar se a relação é de longo prazo. Os resultados podem ser vistos na tabela 13 a seguir:

Tabela 13- Resultados dos testes de correlação cruzada, Granger e cointegração entre indicadores macroeconômicos e preço do petróleo WTI

Relação	Correlação Cruzada	Teste de Causalidade de Granger	Teste de Cointegração
PIB causa Preço WTI	Correlação positiva fraca com <i>lag</i> 0	Evidência de causalidade com 9 lags	Não Cointegrada
Preço WTI causa PIB	Correlação positiva fraca com <i>lag</i> 0	Evidência de causalidade com 1 lags	Não Cointegrada
Balança comercial causa Preço WTI	Correlação negativa fraca com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Preço WTI causa Balança comercial	Correlação negativa fraca com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Arrecadação tributária causa Preço WTI	Correlação positiva moderada com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Preço WTI causa Arrecadação tributária	Correlação positiva moderada com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Desemprego causa Preço WTI	Correlação negativa moderada com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Preço WTI causa Desemprego	Correlação negativa moderada com <i>lag</i> 0	Evidência de causalidade com 1 lags	Não Cointegrada
Inflação causa Preço WTI	Correlação negativa moderada com <i>lag</i> 4	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Preço WTI causa Inflação	Correlação negativa moderada com <i>lag</i> 4	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada

Fonte: Autoria própria

## 5.2 Discussões dos resultados

Como mostrado na metodologia para os testes de correlação foram aplicados testes de correlação cruzada, e a partir dos resultados foi possível determinar a intensidade da correlação, seja ela positiva ou negativa. Já para o caso do teste de causalidade de Granger, usou-se a convenção de 5% para o valor de P para aprovar ou rejeitar a hipótese nula. Devido a essa alta exigência para rejeitar as hipóteses foram encontrados menores causalidades entre os indicadores e o preço do petróleo.

### 5.2.1 PIB

Ao realizar o teste de correlação cruzada entre o PIB e o preço do petróleo obtém-se um coeficiente R de maior intensidade com *lag* 0, no valor de 0.36 e  $R^2$  de 0.1296. O que é considerado uma correlação positiva fraca, ou seja, quando o preço do petróleo sobe, há indicações de que o PIB sobe também. Além disso, o  $R^2$  indica que cerca de 12.96% das variações encontradas podem ser explicadas pelo modelo, reforçando a correlação. Analisando a tabela 14, vemos que quanto maior a defasagem menor é a correlação entre o PIB e o preço do petróleo.

Tabela 14- Teste de correlação cruzada entre o PIB e preço do Petróleo considerando *Lags* de 1 a 10

<i>Lag</i>	Correlação
0	0.364584
1	0.336953
2	0.313151
3	0.288468
4	0.25745
5	0.227111
6	0.198124
7	0.165313
8	0.122109
9	0.08264
10	0.050202

Fonte: Autoria própria

Porém, como visto, não necessariamente há uma causalidade, então realiza-se o teste de Granger para verificar esse aspecto. É necessário o teste nos dois sentidos: PIB, causando no sentido de Granger, o preço do petróleo e, no segundo sentido, o preço do petróleo causando no sentido de Granger o PIB. A hipótese nula que se tem em ambos os casos é que não há essa causalidade. Os testes podem ser vistos na tabela 15.

Tabela 15-Teste de Granger para verificar se o PIB causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa o PIB, considerando de 1 a 10 lags

Lags	Hipótese: PIB não causa no sentido de Granger	Hipótese: Preço WTI não causa no sentido de Granger
	Preço WTI	PIB
1	7.13%	0.06%
2	56.26%	0.18%
3	54.48%	0.86%
4	27.90%	0.01%
5	33.48%	0.01%
6	35.11%	0.05%
7	38.32%	0.02%
8	22.32%	0.23%
9	3.40%	0.88%
10	7.20%	1.96%

Fonte: Autoria própria

Tabela 16- Teste de Engle- Granger para cointegração entre PIB e preço do petróleo

Teste de Engle-Granger	Resultado
tau-stat	-1.50895
tau-crit	-3.41357
Cointegrado	Não

Fonte: Autoria própria

Ao verificar os testes, nota-se que com 1 lag a hipótese é refutada no caso do preço do petróleo não causa no sentido de Granger o PIB. Ou seja, o preço do petróleo causa o valor do PIB, porém o valor do PIB não impacta o preço do petróleo, apenas com lag igual a 9. Em relação ao teste de cointegração, verificou-se que com

significância de 5% as séries não são cointegradas, ou seja, as correlações entre as séries são espúrias, tabela 16.

Em relação a correlação e causalidade o resultado é esperado que ocorra, pois como exposto o Brasil é um exportador desse bem e tem parte de sua economia baseada nesse *commodity*, assim, quando os preços estão elevados o petróleo é vendido por preços maiores, gerando uma maior receita para o país. Ao mesmo tempo, o Brasil não é um *player* tão grande para influenciar nos preços do mercado de petróleo, logo, a lógica de que o valor do PIB não causa impacto do preço do *commodity* está de acordo com as expectativas. Outro ponto que reafirma essa conclusão são os resultados similares obtidos para a Argélia e Arábia Saudita, países que também são exportadores de petróleo (chikr Elmezouar, Abdelhafid *et al.*, 2014, Fatine, chikr Elmezouar *et al.*, 2018).

### 5.2.2 Balança comercial

Há uma correlação negativa fraca de -0.39 entre o preço do petróleo e a balança comercial brasileira para *lag* igual a 0, com um  $R^2$  de 0.1521, ou seja, cerca de 15.21% das variações podem ser explicadas pelo modelo. Um ponto interessante é que a medida que os *lags* aumentam a intensidade da correlação aumenta, passando de negativa para positiva. Isso indica que no presente um aumento no preço do petróleo espera-se que a balança comercial diminua, porém ao decorrer do tempo, espera-se que a balança comercial aumente com esse aumento. A tabela 17 ilustra o resultado obtido.

Tabela 17- Teste de correlação cruzada entre a Balança Comercial e preço do Petróleo considerando Lags de 1 a 10

<i>Lag</i>	Correlação
0	-0.39011
1	-0.33456
2	-0.25553
3	-0.13318
4	-0.03309
5	0.003715
6	0.062637
7	0.158102
8	0.21641
9	0.217406
10	0.26863

Porém os testes indicam uma falta de causalidade entre essas duas variáveis a uma significância de 5%, visto na tabela 18.

Tabela 18- Teste de Granger para verificar se a balança comercial causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa a balança comercial, considerando de 1 a 10 lags

<i>Lags</i>	Hipótese: Balança comercial não causa no sentido de Granger	Hipótese: Preço WTI não causa no sentido de Granger
	Preço WTI	Balança comercial
1	32.618%	58.671%
2	29.713%	9.772%
3	41.828%	11.361%
4	15.567%	46.790%
5	30.165%	53.477%
6	38.840%	67.435%
7	44.032%	72.582%
8	39.572%	68.067%
9	45.597%	71.159%
10	41.228%	84.756%

Fonte: Autoria própria

Tabela 19- Teste de Engle- Granger para cointegração entre Balança Comercial e preço do petróleo

Teste de Engle-Granger	Resultados
tau-stat	-2.039226792
tau-crit	-3.413572344
Cointegrado	Não

Fonte: Autoria própria

Como pode-se notar nenhuma das hipóteses foi refutada a 5% de significância, apenas a 10%. Assim, pelo método de Granger, não há causalidade em nenhuma direção entre o preço do petróleo e a balança comercial do Brasil, diferentemente, do que era esperado. Já que quando os preços aumentam, espera-se que as petrolíferas produzam mais e exportem mais. Porém, há uma correlação relativamente expressiva, explicada, novamente, pela teoria de que quando os preços sobem é viável para as empresas produzirem e venderem o petróleo de forma a aumentarem suas receitas. No curto prazo o aumento do preço do petróleo pode gerar uma menor demanda do produto, que volta a crescer a medida que surgem as necessidades pelo *commodity*. Esse resultado está de acordo com a teoria apresentada por Kitous, Saveyn *et al.* (2016). Uma possível explicação para a falta de causalidade encontrada é que ambos os fatores, preço do petróleo e exportações, são afetados por um terceiro fator externo, explicando assim a possível correlação encontrada, mas a falta de causalidade. Além disso, não foi encontrado evidências de cointegração entre as séries a 5% de significância, mostrando que as relações entre as séries são espúrias, tabela 19.

### 5.2.3 Arrecadação tributária

O teste de correlação cruzada entre a arrecadação tributária e o preço do petróleo foi mais significativo quando o *lag* foi de 0, com valor R de 0.41 e R<sup>2</sup> de 0.1681. A medida que o número de *lags* aumenta o valor da correlação diminui, como mostrado pela tabela 20.

Tabela 20- Teste de correlação cruzada entre a Arrecadação Tributária e preço do Petróleo considerando *Lags* de 1 a 10

Lag	Correlação
0	0.410082
1	0.394544
2	0.37175
3	0.3354
4	0.297103
5	0.269516
6	0.234464
7	0.187633
8	0.150349
9	0.126891
10	0.093798

Fonte: Autoria própria

Além disso realizando o teste de Granger, novamente nos dois sentidos, tem-se os resultados apresentados na Tabela 21:

Tabela 21- Teste de Granger para verificar se a arrecadação tributária causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa a arrecadação tributária, considerando de 1 a 10 *lags*

---

	Hipótese: Arrecadação tributária não causa no sentido de Granger Preço WTI	Hipótese: Preço WTI não causa no sentido de Granger Arrecadação tributária
<i>Lags</i>	Valor-P	Valor-P
1	58.99%	90.16%
2	24.57%	36.99%
3	26.67%	15.41%
4	34.51%	41.52%
5	49.39%	55.13%
6	63.74%	38.72%
7	25.26%	48.85%
8	17.67%	55.06%
9	16.31%	58.79%
10	23.33%	58.74%

Fonte: Autoria própria

Tabela 22- Teste de Engle- Granger para cointegração entre Arrecadação tributária e preço do petróleo

Teste de Engle-Granger	Resultados
tau-stat	-1.476365423
tau-crit	-3.413572344
Cointegrado	Não

Fonte: Autoria própria

Nota-se que em nenhum caso a hipótese é refutada, ou seja, tem um valor P menor que 5%. Esse aspecto indica que o preço do petróleo não causa a arrecadação tributária, assim como a arrecadação tributária não causa o preço do óleo. Além disso, o teste de cointegração a 5% não foi positivo para essas séries, indicando uma relação espúria.

A correlação entre as séries indica que quando o preço do petróleo aumenta o valor da arrecadação também aumenta, porém, a falta de causalidade e de cointegração, indica que essas séries são afetadas por fatores externos e não estão necessariamente correlacionadas, tabela 22.

#### 5.2.4 Desemprego

Os testes indicam uma correlação negativa de -0.47 entre o preço do petróleo e o desemprego e um R<sup>2</sup> de 0.2209 para *lag* igual a 0. Ou seja, quando o preço do petróleo aumenta nota-se uma diminuição da taxa de desemprego, visto na tabela 23. Nota-se que a medida que os *lags* aumentam o valor da correlação aumenta.

Tabela 23- Teste de correlação cruzada entre o Desemprego e preço do Petróleo considerando *Lags* de 1 a 10

<i>Lag</i>	Correlação
0	-0.47559
1	-0.43058
2	-0.39324
3	-0.3461
4	-0.26578
5	-0.21789
6	-0.19727
7	-0.17943
8	-0.11638
9	-0.08769
10	-0.10486

Fonte: Autoria própria

Além disso, foi indicado causalidade unidirecional, no qual o preço do petróleo causa no sentido de Granger o desemprego, tabela 24.

Tabela 24- Teste de Granger para verificar se o desemprego causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa o desemprego, considerando de 1 a 10 *lags*

<i>Lags</i>	Hipótese: Desemprego não causa no sentido de Granger	Hipótese: Preço WTI não causa no sentido de Granger
	Preço WTI	Desemprego
1	75.64%	4.22%
2	87.62%	4.70%
3	58.81%	8.70%
4	47.70%	30.48%
5	56.34%	38.61%
6	64.56%	49.30%
7	73.19%	72.78%
8	71.28%	65.22%
9	50.11%	38.79%
10	44.49%	54.23%

Fonte: Autoria própria

Tabela 25- Teste de Engle- Granger para cointegração entre Desemprego e preço do petróleo

Teste de Engle-Granger	Resultados
tau-stat	-2.616832684
tau-crit	-3.413572344
Cointegrado	Não

Fonte: Autoria própria

Por fim, o teste de Engle-Granger indicou que não há cointegração entre as séries, levando a considerar que essas séries estão relacionadas, porém por fatores externos, tabela 25. Esses resultados de correlação e causalidade estão de acordo com estudos na área. Lescaroux e Mignon (2008), mostram em seu estudo que em países exportadores de óleo não participantes da OPEP tem uma causalidade entre o preço do óleo e o desemprego, como o caso do Brasil, Noruega e Canadá. Esses valores podem ser explicados, pois quando há aumento do preço do petróleo, a matéria prima de diversos produtos tende a aumentar, consequentemente os produtos tendem a ficar mais caros podendo gerar uma desaceleração da economia e um aumento do desemprego no longo prazo. Porém, no curto prazo, há um resultado inverso, países exportadores conseguem melhores resultados em suas operações, pois estão vendendo por um preço mais alto. Consequentemente, há uma correlação negativa, o aumento do preço do petróleo diminui o desemprego nesses países. No longo prazo, com o aumento dos outros produtos importados, a economia será afetada e acompanhará o resultado de outros países que foram afetados (Najimi e Shorkar, 2019).

### 5.2.5 Inflação

Por fim, nos testes realizados entre a inflação e o preço do petróleo nota-se uma correlação negativa fraca de -0.26 com *lag* igual a 4 e com um  $R^2$  de 0.0676, o que não é um valor muito expressivo, apenas 6.76% das variações podem ser explicadas pelo modelo de regressão aplicado. A tabela 26 mostra os resultados com diversos *lags*:

Tabela 26- Teste de correlação cruzada entre a Inflação e preço do Petróleo considerando *Lags* de 1 a 10

Lag	Correlação
0	-0.10257
1	-0.07648
2	-0.15345
3	-0.22596
4	-0.26984
5	-0.24509
6	-0.21229
7	-0.20931
8	-0.23355
9	-0.21536
10	-0.10523

Fonte: Autoria própria

O teste de Granger retornou causalidade para lag 0 nos dois sentidos, como pode ser visto na tabela 27.

Tabela 27- Teste de Granger para verificar se a inflação causa o preço do barril WTI ou se o preço do barril WTI causa a inflação, considerando de 1 a 10 *lags*

Passos	Hipótese: Inflação não causa no sentido de Granger Preço WTI	Hipótese: Preço WTI não causa no sentido de Granger Inflação
	Valor-P	Valor-P
1	7.88%	9.14%
2	38.70%	26.30%
3	45.81%	34.98%
4	29.57%	41.79%
5	39.20%	52.85%
6	47.08%	57.81%
7	58.27%	67.76%
8	65.11%	77.09%
9	33.57%	88.72%
10	46.85%	91.94%

Fonte: Autoria própria

Tabela 28- Teste de Engle- Granger para cointegração entre Desemprego e preço do petróleo

Teste de Engle-Granger	Resultados
tau-stat	-1.803588159
tau-crit	-3.413572344
Cointegrado	Não

Fonte: Autoria própria

Esse resultado para os testes de Granger é contraintuitivo, pois como a inflação é medida por diversos aspectos de consumo da sociedade, sendo o combustível (derivado do óleo) um deles, assim esperava-se que houvesse uma causalidade mais evidente entre as variáveis. Espera-se que quando houvesse um aumento do preço do petróleo, o preço do combustível aumentasse e consequentemente a inflação também. O petróleo é matéria prima para diversos produtos da sociedade e esperava-se uma correlação positiva entre eles. Esse resultado é contrário ao encontrado para a Turquia e a Rússia, este país apresentou mais de 50% da sua economia baseada na venda de óleo e gás em 2017. Foi encontrado que o preço do petróleo influência no curto prazo na inflação e produção industrial. Vale ressaltar que, diferentemente da Rússia, a venda de petróleo, por mais que seja relevante para a economia brasileira, não tem esse mesmo impacto no número de exportações, podendo trazer resultados menos significativos e não gerando causalidade, como mostrado nos resultados. Além disso, não foi encontrado evidências de que as séries são cointegradas, assim espera-se que essas variáveis estejam relacionadas por outros fatores, tabela 28 (Gokmenoglu, Azin *et al.*, 2015, Aziza, Cihan *et al.*, 2019).

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho era identificar padrões e relações existentes entre o preço do petróleo e alguns importantes indicadores macroeconômicos nos últimos vinte anos por meio técnicas estatísticas.

A partir dos resultados encontrados é possível ver que além de correlações, seja positiva ou negativa, entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos, há causalidade evidente apenas entre o preço do petróleo com o valor do PIB e a taxa de desemprego. Esse resultado, não necessariamente indicam que não haja causalidade entre as outras variáveis, apenas que nesse período de vinte anos não foi possível evidenciar tal resultado. Em relação a cointegração, todas as séries mostraram ter relações espúrias com o preço do petróleo, ou seja as relações de correlação e causalidade parecem ser ao acaso, ou tem um terceiro fator que impacta ambas as variáveis.

Possíveis explicações para essas conclusões são: 1) O teste de Granger considera para os cálculos de causalidade apenas os valores das séries temporais, desconsiderando fatores externos, que podem afetar esses resultados. Por exemplo, caso houvesse um aumento significativo do preço do petróleo isso poderia no curto prazo gerar um aumento da inflação e aumento da arrecadação tributária dos setores petrolíferos, porém no longo prazo poderia levar a uma desaceleração econômica. Esse é um exemplo de causalidade mostrado em outros estudos, porém não observado nesse período analisado.

2) O segundo motivo para os resultados concluídos é o tamanho das séries temporais. Nesse estudo foi olhado um período de 20 anos, com períodos trimestrais, e nesse período não foi encontrado causalidade pelo teste de Granger em algumas variáveis, porém olhando outros períodos de tempo maiores, poderiam gerar resultados distintos. Esses resultados poderiam ser distintos, pois poderiam ser feitos testes de Granger com um maior número de lags. Assim, por exemplo, de 1 a 10 lags não foi possível observar causalidade, porém para maiores lags talvez possa ser observado.

3) O teste de correlação, teste de Granger e cointegração são para casos lineares, caso alguma dessas relações entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos não seja linear os testes não apontarão correlação cruzada, causalidade de Granger nem cointegração.

Levando em consideração essas possíveis explicações e os resultados obtidos, o trabalho permite que se entenda melhor as relações entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos do país, atingindo assim, o objetivo do trabalho de entender essas relações.

Mesmo não encontrando um maior número de relações de causalidade explícita entre as variáveis, os resultados obtidos, juntamente com os indicadores de correlação cruzada ajudam a determinar para onde se espera que os valores se movam quando há um aumento ou diminuição do preço do petróleo. Além disso, os resultados do trabalho permitem entender os porques desses indicadores macroeconômicos estarem relacionados com o preço do petróleo.

Permitindo, por exemplo, que as futuras medidas feitas para o país, pelo seus líderes, se baseiem nesse novo conhecimento, procurando os melhores resultados que beneficiem a população ou então metodologias que diminuam o efeito do preço do petróleo nesses indicadores.

Para trabalhos futuros há dois possíveis desdobramentos. O primeiro é o uso de períodos mais longos, usar séries temporais com um maior número de dados. Por exemplo, o uso de séries dos últimos 50 anos pode permitir encontrar relações de mais longo prazo entre as variáveis e permite uma outra visão do projeto. Além disso, o segundo desdobramento, é a utilização de outros métodos de correlação, causalidade e cointegração. Os métodos escolhidos por esse trabalho se baseavam em relações lineares, o que não necessariamente é a realidade, pode-se encontrar outros tipos de relações que se adequem melhor aos modelos e encontrem resultados distintos.

## REFERÊNCIAS

ADVFN. "**Balança Comercial.**" Disponível em <https://br.advfn.com/> - (Acessado em 10/06/2020)

ANP. "Exportação e Importação de petróleo no Brasil." Disponível em <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. - (Acessado em 11/06/2020)

**ARAGÃO, A. P. Estimativa da Contribuição do Setor Petróleo ao Produto Interno Bruto do Brasil: 1955/2004.** ANP, ANP: 5-10, 2005.

ARAÚJO, J. P. F. d. e M. F. Antigo. "Desemprego e qualificação na mão de obra do Brasil." **Revista de Economia Contemporânea** 20: 308-335, 2016.

AZIZA, S., T. CIHAN, N. SYMBAT e K. ALMAZ "The effects of changes in oil prices on the russian economy." **Revista Espacios** 40: 15, 2019.

Banco Central. **Evolução recente da balança comercial** - Estudo Especial nº 66. Banco Central do Brasil, 2019.

Bank, World. "**Economy.**" Disponível em <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/themes/economy.html>. - (Acessado em 20/04/2020)

BARROS, P. S. e L. F. S. PINTO. " O Brasil do pré-sal e a organização dos países exportadores de petróleo (OPEP)." **Repositório IPEA:** 10. - (Acessado em 20/04/2020)

Banco Central do Brasil. "O que é inflação.", Disponível em <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/oqueinflacao>. - (Acessado em 20/04/2020)

BOTELHO TAVARES, F. E R. BICALHO. "**Impactos do Setor de Petróleo na Economia Brasileira: Grandes Números do Setor de Petróleo e Gás**", 2014.

BRAGA, M. e L. PAULANI, "**A Nova Contabilidade Social**". São Paulo, 2001.

CANELAS, A. L. D. S. "**Evolução da importância econômica da indústria de petróleo e gás natural no Brasil: Contribuição a variáveis macroeconômicas**". Mestre, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

CARNEIRO, F. G. "**A Metodologia dos Testes de Causalidade em Economia**", Universidade de Brasília, 1997.

CHIKR ELMEZOUAR, Z., M. ABDELHAFID, M. BENZAIRE E A. E. K. BOUDI "Test of Causality Between Oil Price e GDP Growth in Algeria." **Springer Proceedings in Mathematics and Statistics** 87: 205-213, 2014.

CZIMIKOSKI, F. , "O PIB reflete o crescimento e desenvolvimento socioeconômico" Graduação em ciências econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

DICKEY, D. A. E W. A. FULLER , "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root." **Journal of the American Statistical Association** 74(366a): 427-431, 1979.

DUNN, S. E J. HOLLOWAY . "The Pricing Of Crude Oil." **RBA Bulletin (Print copy discontinued)**: 65-74, 2012.

Empresa de Pesquisa Energética , Contexto mundial e preço do petróleo: uma visão de longo prazo. M. d. M. e. Energia. **Empresa de Pesquisa Energética:** 55, 2008.

ESTIGARRIBIA, J. Petróleo cai a mínima em 17 anos com batalha entre russos e sauditas. **EXAME**. São Paulo: Disponível em [https://exame.com/negocios/petroleo-cai-a-minima-em-17-anos-com-batalha-entre-russos-e-sauditas/#:~:text=O%20coronav%C3%ADrus%20continua%20causando%20efeitos,barris%20por%20dia%20\(bpd\)](https://exame.com/negocios/petroleo-cai-a-minima-em-17-anos-com-batalha-entre-russos-e-sauditas/#:~:text=O%20coronav%C3%ADrus%20continua%20causando%20efeitos,barris%20por%20dia%20(bpd).). - (Acessado em 20/04/2020)

FATINE, M., Z. CHIKR ELMEZOUAR E I. ALMANJAHIE , "Test of Causality between Oil Prices and GDP. Case Study Saudi Arabia." **Economic computation and economic cybernetics studies and research** 52: 279-289, 2018.

FERREIRA, R. **Economia**. São Paulo, Universidade Anhembi Morumbi, 2009.

FRED, A., J. DIETZ, D. AVEIRO, K. LIU E J. FILIPE. **Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management**. Lisbon, Portugal, 2015.

GEYER-KLINGEBERG, J. E A. RATHGEBER, **Determinants of the WTI-Brent Price Spread Revisited**, 2019.

GOKMENOGLU, K., V. AZIN E N. TASPINAR. "The Relationship between Industrial Production, GDP, Inflation and Oil Price: The Case of Turkey." **Procedia Economics and Finance** 25: 497-503, 2015.

GUJARATI, D. N. E D. C. PORTER, **ECONOMETRIA BÁSICA** v.8, 2011

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook 2018**.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). "Os limites do preço do petróleo." Disponível em [https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3261&catid=28&Itemid=39](https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=3261&catid=28&Itemid=39). - (Acessado em 10/05/2020)

MUNDI, INDEX. "Preços do Petróleo Bruto." Disponível em <https://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de->

mercado/?mercadoria=petr%C3%B3leo-bruto&meses=300. - (Acessado em 10/05/2020)

KITOUS, A., B. SAVEYN, K. KERAMIDAS, T. VANDYCK, L. SANTOS E W. KRZYSZTOF. **Impact of low oil prices on oil exporting countries**, 2016.

KYRITSIS, E. E A. SERLETIS. "Oil Prices and the Renewable Energy Sector." **SSRN Electronic Journal**, 2017.

LESCAROUX, F. E V. MIGNON. "On the Influence of Oil Prices on Economic Activity and Other Macroeconomic and Financial Variables." **Opec Energy Review** 32: 343-380, 2008.

LEVINE, D. M. **Estatística - Teoria e Aplicações**, 2008.

LIMA, E. M. E A. J. REZENDE. "Um estudo sobre a evolução da carga tributária no Brasil: uma análise a partir da Curva de Laffer." **Interações (Campo Grande)** 20: 239-255, 2019.

MACHADO, G. V. **"Estimativa da Contribuição do Setor Petróleo ao Produto Interno Bruto do Brasil"**. ANP. Brasil, ANP: 14, 2002.

MĂNESCU, C. B. E G. NUÑO. **Quantitative effects of the shale oil revolution**. E. C. BANK, European Central Bank: 34, 2015.

MARTINEZ, T. S. E V. D. S. CERQUEIRA. "Estrutura da inflação brasileira: determinantes e desagregação do IPCA" **Economia e Sociedade** 22: 48, 2011.

MATTA, M., M. I. LUNESU E M. MARCHESI. **"The Predictor Impact of Web Search Media On Bitcoin Trading Volumes"**, 2015.

MELLQUIST, H. e M. FEMERMO. **"The Relationship Between the Price of Oil and Unemployment in Sweden"**. Independent thesis Basic level (degree of Bachelor) Student thesis, 2007.

MENDES, M. J. **"Os sistemas tributários de Brasil, Rússia, China, Índia e México: comparação das características gerais"**. C. L. d. S. Federal: 54, 2008.

MUKAKA M. M.. "Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research". **Malawi medical journal : the journal of Medical Association of Malawi**, 24(3), 69–71, 2012.

NAJIMI, E. U. e N. SHORKAR. **"Oil Prices and Unemployment Relationship in Swedish Economy."**, 2019.

OZON, R. H. **"Determinantes dos preços do petróleo no mercado internacional: Uma análise empírica utilizando modelos GARCH"**, UFPR, 2008.

PEREIRA, J. R. "Estudo de correlações não lineares entre variações do Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA) e variações de preço de ações". Mestrado, Universidade de São Paulo, 2010.

PEREIRA, M. B.. "Teste de Dickey-Fuller Robusto Baseado nos Ranks Para séries Temporais com Observações atípicas". Bacharelado, Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.

Petrobras. "Pré-Sal." Disponível em <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas/pre-sal/>. (Acessado em 10/05/2020)

RAMOS, J. F.. "Fatores que Influenciam a Formação do Preço do Petróleo", Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

REICHERT, H., S. R. MARIN e C. A. P. d. SANTOS . "Aspectos Teóricos e Empíricos do Modelo de Thirlwall: Uma relação com a Abordagem Estruturalista." **Revista Economia Ensaio**: 7-27, 2015.

ROOS, B. C. e A. L. C. d. LOURENÇO. "Dos voos de galinha ao crescimento sustentado? Projetando o crescimento potencial brasileiro para o período 2013-2020, com ênfase no efeito do setor petróleo." **Nova Economia** 26: 809-854, 2016.

ROSSETTI, J. P. "Contabilidade Nacional: uma abordagem introdutória". São Paulo, Atlas, 1979.

ZAKARIA, Z. e S. SHAMSUDDIN. "Causality Relationship between Crude Oil Variables and Budget Variables in Malaysia." **International Journal of Energy Economics and Policy** 7(2): 132-138, 2017.

## ANEXO A - TABELA DE FISHER USADA PARA TESTE DE GRANGER

Exemplo da tabela de Fisher com probabilidade de 5%

Gl.	Limites unilaterais da distribuição F de Fisher-Snedecor ao nível de 5% de probabilidade.															V1				
	V2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	40	60	120
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	244.7	245.4	245.9	248.0	251.1	252.2	253.3	253.8
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.446	19.471	19.479	19.487	19.492
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.660	8.594	8.572	8.549	8.538
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.803	5.717	5.688	5.658	5.643
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.558	4.464	4.431	4.398	4.382
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.874	3.774	3.740	3.705	3.687
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.445	3.340	3.304	3.267	3.249
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.150	3.043	3.005	2.967	2.947
9	5.117	4.256	3.883	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.936	2.826	2.787	2.748	2.727
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.774	2.661	2.621	2.580	2.559
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.646	2.531	2.490	2.448	2.426
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.544	2.426	2.384	2.341	2.319
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.459	2.339	2.297	2.252	2.230
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.388	2.266	2.223	2.178	2.155
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.328	2.204	2.160	2.114	2.090
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.276	2.151	2.106	2.059	2.035
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.230	2.104	2.058	2.011	1.986
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.191	2.063	2.017	1.968	1.943
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.155	2.026	1.980	1.930	1.905
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.124	1.994	1.946	1.896	1.870
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.096	1.965	1.916	1.866	1.839
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.071	1.938	1.889	1.838	1.811
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.048	1.914	1.865	1.813	1.785
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.027	1.892	1.842	1.790	1.762
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.198	2.165	2.136	2.111	2.089	2.007	1.872	1.822	1.768	1.740
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	1.990	1.853	1.803	1.749	1.720
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	1.974	1.836	1.785	1.731	1.702
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	1.959	1.820	1.769	1.714	1.685
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	1.945	1.806	1.754	1.698	1.669
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.268	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.932	1.792	1.740	1.683	1.654
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.893	1.693	1.637	1.577	1.544
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.784	1.634	1.576	1.511	1.476
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.748	1.594	1.534	1.467	1.430
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.703	1.545	1.482	1.411	1.370
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.676	1.515	1.450	1.376	1.333
120	3.920	3.072	2.680	2.447	2.290	2.175	2.087	2.016	1.959	1.910	1.869	1.834	1.803	1.775	1.750	1.659	1.495	1.429	1.352	1.307
240	3.881	3.033	2.642	2.409	2.252	2.136	2.048	1.977	1.919	1.870	1.829	1.793	1.761	1.733	1.708	1.614	1.445	1.375	1.290	1.237

## ANEXO B - DADOS UTILIZADOS PARA OS TESTES

Trimestre	PIB Brasil (R\$ Milhões)	Arrecadação Brasil (R\$ Milhões)	Balança Comercial (Milhões R\$ )	Desemprego (%)	Inflação (%)
1º trimestre 2000	276,927.00	42,810.00	-4,705.00	7.30	0.5711
2º trimestre 2000	292,789.00	40,514.00	-4,744.00	7.20	0.4706
3º trimestre 2000	308,896.00	32,458.00	-6,387.00	7.20	1.7766
4º trimestre 2000	320,481.00	48,269.00	-11,306.00	7.10	1.5073
1º trimestre 2001	312,470.00	45,742.00	-9,326.00	6.80	1.2249
2º trimestre 2001	323,724.00	48,609.00	-7,740.00	6.90	1.4570
3º trimestre 2001	332,524.00	49,692.00	-5,822.00	6.60	1.2647
4º trimestre 2001	347,038.00	52,666.00	-5,966.00	6.40	2.0235
1º trimestre 2002	342,297.00	57,471.00	-3,923.00	12.90	1.5679
2º trimestre 2002	367,363.00	55,245.00	-3,348.00	11.60	1.0535
3º trimestre 2002	379,795.00	42,278.00	9,712.00	11.50	2.1046
4º trimestre 2002	399,333.00	67,474.00	10,108.00	10.50	7.3923
1º trimestre 2003	397,242.00	66,159.00	5,015.00	12.10	4.0840
2º trimestre 2003	418,987.00	66,896.00	9,688.00	13.00	0.3084
3º trimestre 2003	439,350.00	64,393.00	12,363.00	13.00	1.9114
4º trimestre 2003	462,372.00	75,910.00	11,093.00	10.90	1.3862
1º trimestre 2004	444,783.00	49,981.00	11,643.00	12.80	1.5580
2º trimestre 2004	481,795.00	78,411.00	19,432.00	11.70	1.9423
3º trimestre 2004	505,252.00	81,141.00	20,995.00	10.90	1.3557
4º trimestre 2004	525,920.00	58,310.00	14,754.00	9.60	2.4293
1º trimestre 2005	499,710.00	58,432.00	15,437.00	10.80	1.8209
2º trimestre 2005	535,557.00	85,619.00	17,792.00	9.40	0.4498
3º trimestre 2005	552,859.00	83,586.00	21,962.00	9.60	0.8724
4º trimestre 2005	582,458.00	93,971.00	18,628.00	8.40	1.2753
1º trimestre 2006	554,270.00	86,206.00	13,261.00	10.40	1.2754
2º trimestre 2006	581,977.00	92,611.00	13,030.00	10.40	-0.3200
3º trimestre 2006	617,848.00	92,608.00	22,050.00	10.00	0.4707
4º trimestre 2006	655,355.00	100,840.00	16,881.00	8.40	1.2753
1º trimestre 2007	631,423.00	132,561.00	9,091.00	10.20	1.1846
2º trimestre 2007	670,655.00	141,466.00	12,065.00	9.70	0.8424
3º trimestre 2007	691,846.00	143,160.00	9,895.00	9.00	0.8320
4º trimestre 2007	726,339.00	167,987.00	6,020.00	7.40	1.8711
1º trimestre 2008	712,055.00	156,538.00	-5,967.00	8.60	1.4570
2º trimestre 2008	769,525.00	159,972.00	-368.00	7.80	2.2872
3º trimestre 2008	812,603.00	164,263.00	1,138.00	7.70	0.8021
4º trimestre 2008	815,620.00	179,427.00	-698.00	6.80	0.9228
1º trimestre 2009	756,127.00	163,865.79	-6,352.00	9.00	0.9526
2º trimestre 2009	803,578.00	165,605.35	4,996.00	8.10	1.1947

3º trimestre 2009	852,843.00	166,513.12	-2,957.00	7.70	0.6313
4º trimestre 2009	920,491.00	220,817.82	-9,125.00	6.80	1.1544
1º trimestre 2010	886,397.00	190,453.78	-14,473.00	7.60	1.8308
2º trimestre 2010	944,145.00	198,087.92	-5,888.00	7.00	0.4300
3º trimestre 2010	997,935.00	199,062.57	-12,622.00	6.20	0.9424
4º trimestre 2010	1,057,370.00	238,914.68	-7,469.00	5.30	2.1045
1º trimestre 2011	1,016,531.00	226,194.29	-12,630.00	6.40	2.3989
2º trimestre 2011	1,086,713.00	239,415.25	-5,958.00	6.20	0.7716
3º trimestre 2011	1,112,334.00	239,955.07	-4,493.00	6.00	1.4367
4º trimestre 2011	1,160,804.00	264,327.45	-10,590.00	4.70	1.5277
1º trimestre 2012	1,129,472.00	256,848.65	-18,005.00	7.90	0.8723
2º trimestre 2012	1,183,124.00	251,706.50	-14,427.00	7.50	0.5206
3º trimestre 2012	1,230,449.00	243,235.83	-9,511.00	7.10	1.5579
4º trimestre 2012	1,271,715.00	277,468.63	-23,498.00	6.90	2.1958
1º trimestre 2013	1,241,622.00	271,730.79	-38,959.00	8.00	1.5479
2º trimestre 2013	1,322,587.00	272,253.94	-25,076.00	7.40	0.8926
3º trimestre 2013	1,354,133.00	262,461.41	-32,009.00	6.90	0.9429
4º trimestre 2013	1,413,277.00	331,879.77	-26,664.00	6.20	2.3984
1º trimestre 2014	1,385,945.00	293,425.83	-46,416.00	7.20	2.5512
2º trimestre 2014	1,422,288.00	285,168.44	-27,457.00	6.80	1.2653
3º trimestre 2014	1,462,126.00	283,916.04	-32,778.00	6.80	1.3961
4º trimestre 2014	1,508,593.00	325,432.19	-47,157.00	6.50	2.0841
1º trimestre 2015	1,456,837.00	309,375.64	-48,373.00	7.90	3.9098
2º trimestre 2015	1,480,131.00	297,832.10	-15,079.00	8.30	2.3380
3º trimestre 2015	1,508,220.00	293,845.55	-7,107.00	8.90	1.3053
4º trimestre 2015	1,550,600.00	320,493.21	1,412.00	8.90	2.9587
1º trimestre 2016	1,499,483.00	313,014.15	-464.00	10.90	1.7696
2º trimestre 2016	1,558,286.00	304,242.80	15,378.00	11.30	1.4867
3º trimestre 2016	1,577,224.00	293,993.78	8,300.00	11.80	0.6008
4º trimestre 2016	1,634,335.00	378,653.45	1,843.00	12.00	0.7820
1º trimestre 2017	1,589,214.00	328,744.22	8,355.00	13.70	0.8323
2º trimestre 2017	1,633,651.00	319,840.21	31,260.00	13.00	-0.1509
3º trimestre 2017	1,647,680.00	319,749.23	10,185.00	12.40	0.5109
4º trimestre 2017	1,712,773.00	374,074.01	-2,504.00	11.80	1.1644
1º trimestre 2018	1,657,834.00	366,401.05	-837.00	13.10	0.5007
2º trimestre 2018	1,704,702.00	347,853.88	20,773.00	12.40	2.9460
3º trimestre 2018	1,736,935.00	350,029.61	-2,932.00	11.90	0.8714
4º trimestre 2018	1,789,705.00	392,829.33	9,287.00	11.60	0.0896
1º trimestre 2019	1,725,681.00	385,341.17	-7,070.00	12.70	1.9421
2º trimestre 2019	1,795,806.00	372,254.05	9,386.00	12.00	0.1500
3º trimestre 2019	1,842,700.00	371,619.37	-20,026.00	11.80	0.0299
4º trimestre 2019	1,892,740.00	407,864.11	-6,368.00	11.00	2.8350

## ANEXO C - ARTIGO SÍNTESE

**Universidade de São Paulo**

**Engenharia de Petróleo – Escola Politécnica**

**Número USP: 9381322**

**Data: 31/10/2020**



### **PREÇO DO PETRÓLEO E INDICADORES MACROECONÔMICOS NO BRASIL**

**André Deberaldini de Aguiar Vás**

Orientador: Regina Meyer Branski

Artigo Sumário referente à disciplina PMI1096 – Trabalho de Formatura para Engenharia de Petróleo II  
Este artigo foi preparado como requisito para completar o curso de Engenharia de Petróleo na Escola Politécnica da USP. Template versão 2018v11.

#### **Resumo**

O preço do petróleo afeta diretamente as economias tanto dos países produtores como importadores. Em 2006, o Brasil descobriu importantes reservas de petróleo no chamado pré-sal e passou a ser um grande produtor. Consequentemente, passou a ser mais afetado pelas oscilações no preço dessa commodity. O impacto das variações no preço do petróleo sobre a economia de um país pode ser avaliado observando suas relações com os indicadores econômicos. O objetivo do trabalho foi identificar padrões e relações existentes entre o preço do petróleo e os seguintes indicadores: Produto Interno Bruto (PIB), Balança Comercial, Inflação, Arrecadação Tributária e Taxa de Emprego. Após o levantamento dos dados dos últimos 20 anos, entre 2000 e 2019, foram aplicados testes estatísticos de Correlação Cruzada, Causalidade de Granger e Cointegração. Os resultados mostraram que as séries do PIB e Balança Comercial apresentam correlações fracas com o preço do petróleo, enquanto o Arrecadação Tributária, Inflação e Taxa de Emprego tem uma correlação moderada. Além disso, encontrou-se evidências de causalidade apenas entre as séries do preço do petróleo causando o PIB e a Taxa de Emprego. Analisado a cointegração, não foram encontradas evidências em nenhuma série o que indica relações de longo prazo inexistentes. Assim, foi possível analisar as relações entre as séries e o preço do petróleo e os indicadores econômicos, permitindo um maior entendimento de como desse preço desse commodity afeta a economia do país.

#### **Abstract**

The price of the oil impacts the economy of countries that imports or exports it. In 2006, Brazil discovered meaningful oil reservoirs on the pre salt layer and became a great producer. Thus, Brazil became more impacted by the oil price changes. The meaning of this oscillations on the economy can be measured by assessing the relations between it and the economic indicators. The objective of this study was identifying the patterns and existent relations between the oil price and the indicators: Growth Domestic Product (GDP), Commercial Balance, Tax Income,

Inflation and Employment. After collecting the data, It was applied the methodology of Cross Correlation, Granger Causality and Cointegration. The results showed that that the GDP and Commercial Balance has weak correlation with the oil price, while Tax Income, Inflation and Employment had moderate correlation. Furthermore, it was found evidence of oil price causing the GDP and Employment rate. Related to the cointegration, it was not found evidence of long-term relation between the series. To conclude, it was possible to understand better the relation between the indicators and the oil price and how It affects the economy of the country.

## **1. Introdução**

O petróleo é uma matéria prima de suma importância para os países. Esse bem sempre apresentou uma grande relevância na matriz energética e nas economias dos países. No caso do Brasil, por mais que o país tenha grande parte da sua matriz energética baseada em energias renováveis, o petróleo impacta diretamente em sua economia devido a grandes reservas que possui e por ser exportador de óleo, confiando parte de suas riquezas nessa commodity.

Apesar da crescente importância das energias limpas, segundo a International Energy Agency (IEA), em 2018 o mundo ainda possuía como principal fonte de energia as matérias não renováveis, sendo o petróleo a principal delas. Além disso, é esperado que a demanda por energia e petróleo cresça ao decorrer dos anos. Estima-se que a demanda por petróleo passe de cerca de 2,4mb/d (milhões de barris de óleo por dia) em 2017 para 2.5mb/d até 2030.

Essa dependência do petróleo, faz com que o preço seja um fator relevante para as economias mundiais. Altos preços resultam em maiores gastos com esse produto por parte de importadores (compradores) e uma maior receita por parte de exportadores (vendedores).

O petróleo é uma commodity e seu preço é determinado pelo mercado internacional de acordo com a oferta e demanda mundial. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2016), dois tipos de petróleo são negociados nas principais Bolsas de valores - West Texas Intermediate (WTI) e Brent Crude (Brent) – com diferentes propriedades e preços. A oferta decorre da produção mundial e de sua estabilidade e, a demanda, da necessidade de energia dos países e, portanto, da evolução da economia mundial.

Além da oferta e demanda, outros fatores influenciam o preço do petróleo, entre eles encontram-se questões geopolíticas, crises globais, descobertas de novos métodos de exploração, como a extração de óleo a partir do xisto betuminoso entre outros. Em suma, existem inúmeros acontecimentos que podem influenciar no preço da commodity, e que resultam em uma maior ou menor oferta e demanda de óleo no mercado. Uma alta oferta com baixa demanda resulta em preços baixos, e uma baixa oferta com alta demanda resulta em preços elevados. A Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) é um dos principais agentes desse mercado, produzindo em maior quantidade quando desejam uma maior oferta, ou menor quantidade quando desejam a elevação no preço.

Os preços do petróleo afetam diretamente as economias de países produtores. Esse impacto da variação dos preços pode ser visto nos principais indicadores de desempenho econômico dos países, entre eles o Produto Interno Bruto (PIB), Inflação, Desemprego, Arrecadação Tributária, Balança Comercial, entre outros. Quando há um aumento dos preços, esses países aumentam suas receitas e os indicadores econômicos são afetados positivamente. Porém, em caso de queda

do valor, há uma redução da receita, o que diminui os investimentos realizados no país, impactando negativamente os indicadores (EPE, 2008).

Em 2006, o Brasil descobriu grandes reservas de petróleo, no chamado “pré-sal” (Petrobras, 2018). Essas reservas são de dimensões significativas e o país passou a ser um grande produtor de petróleo. Consequentemente, passou a ser mais afetado pelas oscilações de preço com impactos sobre seus indicadores econômicos. Esses indicadores são importantes porque refletem a situação econômica dos países, servem como referência para governantes definirem suas estratégias, além de serem a base para investidores e empreendedores decidirem quais são as melhores oportunidades. Assim, é importante o estudo da relação entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos do país.

## 2. Objetivo

O objetivo do trabalho é identificar padrões e compreender a relação entre o preço do petróleo e os principais indicadores macroeconômicos. Para isso, o trabalho utilizará os testes estatísticos de Correlação Cruzada, Granger e Cointegração aplicados às bases temporais dos indicadores selecionados nos últimos 20 anos. A Correlação Cruzada indica se as variáveis estão relacionadas, Causalidade de Granger indica se mudanças em uma variável precedem temporalmente mudanças em outra variável e, finalmente, Cointegração indica se existe relação de longo prazo entre duas séries temporais.

## 3. Metodologia

### 3.1 Correlação de Pearson

Esse coeficiente mede com que magnitude da relação linear entre os valores (Pereira 2010), dado pela equação 1. Esse valor de “r” pode variar de 1 a -1. Onde 1 representa a correlação perfeita, ou seja, se o valor de X aumentar o de Y aumenta também na mesma proporção. Se “r” for -1, é o caso de uma correlação negativa perfeita. Isso representa, se X diminuir, Y vai aumentar, em outras palavras, um faz o “oposto” do outro. Por fim, tem-se o caso de “r” =0, isso quer dizer que as variáveis não se correlacionam, são independentes entre si. Se uma variar, não é possível prever para onde a outra variável se movimenta.

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

O método da regressão linear consiste em aproximar os dados das variáveis por uma reta. Essa reta obtida pela regressão não passa perfeitamente por todos os pontos, então há um erro associado a ela. É possível também medir a qualidade do ajuste da regressão linear. Para tal pode-se usar o coeficiente de determinação. Esse é uma medida relativa que vai de 0 a 1, que mostra o quanto o modelo pode explicar a variabilidade encontrada. Caso encontre-se um

coeficiente de 0.7, isso representa que o modelo consegue explicar 70% da variabilidade. Enquanto os outros 30% não estão previstos no modelo. Para uma melhor definição do nível de correlação será delimitado intervalos para cada tipo de correlação, mostrado na tabela 1.

Como Levine (2008) cita em seu livro, essa correlação não indica causa e efeito. A correlação não indica causalidade, por exemplo não indica que X causou Y ou vice versa, apenas se as variáveis são correlacionáveis. Pode ser que duas variáveis estejam correlacionadas, mas um outro fator externo tenha causado eles. Um possível exemplo hipotético é verificar que o preço da gasolina e a inflação tenha uma correlação positiva de 0.8, mas não necessariamente o aumento do preço da gasolina cause um aumento de inflação.

Tabela 1: Níveis de correlação entre duas variáveis

Intervalo de R	Tipo de Correlação
-1 a -0.9	Correlação negativa muito forte
-0.89 a -0.7	Correlação negativa forte
-0.69 a -0.4	Correlação negativa moderada
-0.39 a -0.2	Correlação negativa fraca
-0.19 a -0.01	Correlação negativa bem fraca
0	Sem Correlação
0.01 a 0.19	Correlação positiva bem fraca
0.2 a 0.39	Correlação positiva fraca
0.4 a 0.69	Correlação positiva moderada
0.7 a 0.89	Correlação positiva forte
0.9 a 1	Correlação positiva muito forte

### 3.2 Correlação Cruzada

O coeficiente de Pearson é bom para identificar correlações entre séries, porém deve ser aplicado para series com variáveis independentes dentro si e entre si. Esse fato não acontece necessariamente em series temporais, por exemplo, o preço do petróleo. O preço de ontem do petróleo faz parte da formação do preço do petróleo de hoje e de amanhã, então não há uma independência interna das variáveis. Assim, para conseguir realizar a análise de correlação com séries temporais, usa-se o método das correlações cruzadas. Esse método permite comparar duas series temporais e como estão se correlacionando, podendo evidenciar sequencias que não são evidentes

O passo a passo para esse método é:

- 1-Calcular o coeficiente de correlação de Pearson entre as séries;
- 2-Deslocar uma das séries criando um “lag”, por exemplo o ponto At será comparado com o Bt+1;
- 3-Calcular o coeficiente de Pearson com as séries deslocadas;
- 4-Repetir os processos 1,2 e 3 para quantos *lags* forem necessários, porém quanto maior esse número, menor será a chance de encontrar uma correlação;
- 5-Identificar qual deslocamento de série apresenta a maior correlação em absoluto, determinando, assim, onde as séries melhores se correlacionam.

### 3.3 Causalidade-Teste de Granger

Causalidade é definido pelo dicionário Michaelis como:” Condição, natureza ou qualidade daquilo que é causal, daquilo que fundamenta, gera ou explica algo ou produz algum efeito”. Em outras palavras ser traduzido como dado que um fato A ocorra, então o fato B ocorre. Nesse caso pode se dizer que o fato A causou fato B. O método de Granger é o teste mais conhecido e aplicado para verificar causalidade entre variáveis. Pela teoria explicitada, se um evento X precede um evento Y então o evento Y não pode ter causado o evento X, pois um fato futuro não pode afetar um fato passado. O teste busca uma relação de causalidade entre duas series temporais, como por exemplo variação da taxa de câmbio e saldo da balança comercial.(Carneiro 1997, Gujarati and Porter 2011).

Para aplicar o teste é necessário assumir algumas hipóteses. A primeira é que toda as informações relevantes para a predição estão contidas nas series de análise. Ou seja, nenhuma outra informação além das provenientes dos dados é utilizada para a análise (fazendo uma análise geral outras informações podem impactar, mas não são levadas em consideração no teste). A segunda hipótese é que as séries são estacionárias, ou seja, tem média e variância constante ao decorrer do tempo. Para testar tal condição é aplicado o método *Augmented Dickey-Fuller* (ADF).

Satisfazendo as hipóteses e se é determinado a relação entre duas séries A e B, diz-se que os valores passados de uma influenciam os valores presentes da outra. Ou seja, seguindo o exemplo de A causa B, então A(t-i) influência em Bt. Como não é possível determinar sem os testes se há causalidade entre as séries, é realizado nas duas direções, A causa B e B causa A para ver se há a relação e o tipo.

Nas fórmulas descritas a regressão assume que os valores presentes de A são influenciados pelos valores passados de A e B mais um erro, assim como os valores presentes de B são influenciados pelos valores passados de A e B mais um erro.

$$A_t = \sum x_i A_{t-i} + \sum y_i B_{t-i} + e_{t-i} \quad (2)$$

$$B_t = \sum x_i A_{t-i} + \sum y_i B_{t-i} + e_{t-i} \quad (3)$$

Existem quatro tipos de causalidade:

1. Causalidade de B para A: Caso em que os coeficientes obtidos em (2) para a variável B são diferentes de zero ( $\sum y_i \neq 0$ ), e os coeficientes obtidos em (3) para a variável A não forem estatisticamente diferentes de zero.
2. Causalidade de A para B: Caso em que os coeficientes obtidos em (3) para a variável A são diferentes de zero ( $\sum x_i \neq 0$ ), e os coeficientes obtidos em (2) para a variável B não forem estatisticamente diferentes de zero.
3. Bicausalidade: Caso em que os conjuntos de coeficientes das variáveis anteriores de A e B forem estatisticamente diferentes de zero nas duas equações, (2) e (3).
4. Independência: Caso em que em ambas as equações (2) e (3), os conjuntos de coeficientes de A e B não forem estatisticamente diferentes de zero. (Carneiro 1997)

Estudos no campo preferem a escolha de números altos de defasagem ( $x_i$  e  $y_i$ ), já que um pequeno número pode causar um enviesamento dos valores, pois há ausência de dados. Devido a alta dificuldade para determinar esse valor de defasagens, realiza-se alguns testes com softwares e obtém-se valores estatísticos para aprovar ou não a causalidade de Granger. Assim, por exemplo, realiza-se o teste com 1,3 e 6 (valores hipotéticos) e obtemos os valores estatísticos de “p” (Probabilidade do evento acontecer) e “F” (Razão entre as dispersões das series). O valor de “p” é obtido a partir do valor de F olhando nas tabelas de Fisher. Na hipótese nula, onde não haverá correlação entre as series X e Y, espera-se que o valor de F seja próximo de 1, indicando as dispersões sejam similares. Se o valor de “p” for menor do que 0.05 (5%) descarta-se a hipótese nula, ou seja, há causalidade entre a series X e Y, caso contrário a hipótese é aceita, consequentemente, não há causalidade (Fred, Dietz et al. 2015, Matta, Lunesu et al. 2015).

### **3.4 Cointegração de Engle-Granger**

Essa permite analisar se as séries tem correlação espúria (uma correlação ao acaso) ou se as séries tem um relação de longo prazo. Nesse teste, é aplicado o método de Engle-Granger, que consiste em considerar a função identificada no teste de causalidade de Granger, é analisar os erros da função. Se esse erro tiver características estacionária, então diz-se que as séries são cointegradas.

Assim o procedimento consiste em:

- 1-Achar a função que representa a regressão linear entre as duas séries;
- 2-Aplicar o teste de Dickey-Fuller nos resíduos da regressão;

3-Se os resíduos apresentarem estacionariedade, diz-se que as séries são cointegradas Assim, como no teste de Granger, é necessário determinar um valor p de significância para ser utilizado como *threshold*. Na literatura, usualmente, é determinado o valor de 5%, resultados que sejam superiores que esse limite são classificados como não cointegrados (Akira e Tadao 2009).

## 4. Bases Utilizadas

Para realização dos testes foram usadas bases de dados dos últimos 20 anos, coletadas trimestralmente, das seguintes variáveis: Preço do Petróleo WTI, PIB do Brasil, Taxa de Inflação, Taxa de Desemprego, Arrecadação Tributária e Balança Comercial. As bases foram extraídas das seguintes fontes:

- 1-PIB: Disponíveis no site do IBGE;
- 2-Taxa de Inflação: Foi utilizado o IPCA calculado pelo IBGE;
- 3-Taxa de Desemprego: Disponível no site do IBGE;
- 4-Arrecadação Tributária: disponível no site da Receita Federal, órgão responsável pela arrecadação dos tributos de pessoas jurídicas e físicas.;
- 5-Balança Comercial: calculada pelo Banco Central do Brasil e disponível no site da instituição;
- 6-Preço do Petróleo: Informações disponíveis no site “Investing.com”, que fornece séries históricas do commodity;

## 5. Resultados

Após a obtenção das informações e tratamento dos dados (transformado em séries estacionárias caso necessário) foi aplicado métodos de correlação cruzada entre os indicadores e o preço do petróleo, buscando entender se há correlação entre eles. Em seguida, realizou-se o teste de Granger, buscando averiguar se além de correlação há causalidade entre o preço de petróleo e os indicadores macroeconômicos. Testou-se nos dois sentidos para cada um dos indicadores macroeconômicos. Ou seja, o teste do indicador macroeconômico causando no sentido de Granger o preço do petróleo WTI, e o teste do preço do petróleo WTI causando no sentido de Granger o indicador macroeconômico. Realizou-se testes com significância de 5%, e em casos específicos optou-se por realizar com 10% também. Além disso os testes de correlação cruzada e de causalidade foram aplicados com até 10 *lags*. E, por fim, foi aplicado o teste de Cointegração para verificar se existem relações de longo prazo entre duas séries temporais. Os resultados podem ser vistos na tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Resumo dos resultados obtidos para os testes de correlação cruzada, de causalidade de Granger e cointegração

Relação	Correlação Cruzada	Teste de Causalidade de Granger	Teste de Cointegração
PIB causa Preço WTI	Correlação positiva fraca com <i>lag</i> 0	Evidência de causalidade com 9 <i>lags</i>	Não Cointegrada
Preço WTI causa PIB	Correlação positiva fraca com <i>lag</i> 0	Evidência de causalidade com 1 <i>lags</i>	Não Cointegrada
Balança comercial causa Preço WTI	Correlação negativa fraca com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Preço WTI causa Balança comercial	Correlação negativa fraca com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Arrecadação tributária causa Preço WTI	Correlação positiva moderada com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Preço WTI causa Arrecadação tributária	Correlação positiva moderada com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Desemprego causa Preço WTI	Correlação negativa moderada com <i>lag</i> 0	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Preço WTI causa Desemprego	Correlação negativa moderada com <i>lag</i> 0	Evidência de causalidade com 1 <i>lags</i>	Não Cointegrada
Inflação causa Preço WTI	Correlação negativa moderada com <i>lag</i> 4	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada
Preço WTI causa Inflação	Correlação negativa moderada com <i>lag</i> 4	Não se encontrou evidências de causalidade	Não Cointegrada

## 6. Conclusão

A partir dos resultados encontrados é possível ver que além de correlações, seja positiva ou negativa, entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos, há causalidade evidente entre algumas delas, como o valor do PIB e a taxa de desemprego. Esse resultado, não necessariamente indicam que não haja causalidade entre as outras variáveis, apenas que nesse período de vinte anos não foi possível evidenciar tal resultado. Possíveis explicações para essas conclusões são:

- 1) O teste de Granger considera para os cálculos de causalidade apenas os valores das séries temporais, desconsiderando fatores externos, que podem afetar esses resultados. Por exemplo, caso houvesse um aumento significativo do preço do petróleo isso poderia no curto prazo gerar um aumento da inflação e aumento da arrecadação tributária dos setores petrolíferos, porém no longo prazo poderia levar a uma desaceleração econômica. Esse é um exemplo de causalidade mostrado em outros estudos, porém não observado nesse período analisado.

2) O segundo motivo para os resultados concluídos é o tamanho das séries temporais. Nesse estudo foi olhado um período de 20 anos, e nesse período não foi encontrado causalidade pelo teste de Granger em algumas variáveis, porém olhando outros períodos de tempo maiores, poderiam gerar resultados distintos. Esses resultados poderiam ser distintos, pois poderiam ser feitos testes de Granger com um maior número de *lags*. Assim, por exemplo, de 1 a 5 *lags* não foi possível observar causalidade, porém para maiores *lags* talvez possa ser observado.

3) O teste de correlação e teste de Granger são para casos lineares, caso alguma dessas relações entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos não seja linear os testes não apontarão correlação de Pearson e causalidade de Granger.

Levando em consideração essas possíveis explicações e os resultados obtidos, o trabalho permite que se entenda melhor as relações entre o preço do petróleo e os indicadores macroeconômicos do país.

Mesmo não encontrando um maior número de relações de causalidade explícita entre as variáveis, os resultados obtidos, juntamente com os indicadores de Pearson ajudam a determinar para onde se espera que os valores se movam quando há um aumento ou diminuição do preço do petróleo. Além disso, os resultados do trabalho permitem entender os porquês desses indicadores macroeconômicos estarem relacionados com o preço do petróleo.

Permitindo, por exemplo, que as futuras medidas feitas para o país, pelos seus líderes, se baseiem nesse novo conhecimento, procurando os melhores resultados que beneficiem a população ou então metodologias que diminuam o efeito do preço do petróleo nesses indicadores.

## 7. Referências

ADVFN. "Balança Comercial." Disponível em <https://br.advfn.com/> - (Acessado em 10/06/2020)

ANP. "Exportação e Importação de petróleo no Brasil." Disponível em <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. - (Acessado em 11/06/2020)

**ARAGÃO, A. P. Estimativa da Contribuição do Setor Petróleo ao Produto Interno Bruto do Brasil: 1955/2004.** ANP, ANP: 5-10, 2005.

**ARAÚJO, J. P. F. d. e M. F. Antigo.** "Desemprego e qualificação na mão de obra do Brasil." **Revista de Economia Contemporânea** 20: 308-335, 2016.

**AZIZA, S., T. CIHAN, N. SYMBAT e K. ALMAZ** "The effects of changes in oil prices on the russian economy." **Revista Espacios** 40: 15, 2019.

Banco Central. **Evolução recente da balança comercial** - Estudo Especial nº 66. Banco Central do Brasil, 2019.

Bank, World. "**Economy.**" Disponível em <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/themes/economy.html>. - (Acessado em 20/04/2020)

BARROS, P. S. e L. F. S. PINTO. "O Brasil do pré-sal e a organização dos países exportadores de petróleo (OPEP)." **Repositório IPEA:** 10. - (Acessado em 20/04/2020)

Banco Central do Brasil. "O que é inflação.", Disponível em <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/oqueinflacao>. - (Acessado em 20/04/2020)

BOTELHO TAVARES, F. E R. BICALHO. "**Impactos do Setor de Petróleo na Economia Brasileira: Grandes Números do Setor de Petróleo e Gás**", 2014.

BRAGA, M. e L. PAULANI, "A Nova Contabilidade Social". São Paulo, 2001.

CANELAS, A. L. D. S. "**Evolução da importância econômica da indústria de petróleo e gás natural no Brasil: Contribuição a variáveis macroeconômicas**". Mestre, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.