



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA,  
CONTABILIDADE E SECRETARIADO EXECUTIVO - FEAAC  
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**HERIBERTO BRITO PEREIRA**

**UMA ANÁLISE EMPÍRICA DO MODELO DE CONCESSÕES DAS FERROVIAS  
BRASILEIRAS**

**FORTALEZA – CEARÁ  
2018**

HERIBERTO BRITO PEREIRA

UMA ANÁLISE EMPÍRICA DO MODELO DE CONCESSÕES DAS FERROVIAS  
BRASILEIRAS

Monografia apresentada à Faculdade de Economia, Administração, Atuária, Contabilidade e Secretariado Executivo, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco José Sales Rocha.

FORTALEZA – CEARÁ  
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P491a Pereira, Heriberto Brito.  
Uma análise empírica do modelo de concessões das ferrovias brasileiras / Heriberto Brito Pereira. – 2018.  
40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Francisco José Sales Rocha.

1. Box-Jenkins. 2. SARIMA. 3. Ferrovias. I. Título.

CDD 330

---

HERIBERTO BRITO PEREIRA

UMA ANÁLISE EMPÍRICA DO MODELO DE CONCESSÕES DAS FERROVIAS  
BRASILEIRAS

Monografia apresentada à Faculdade de Economia, Administração, Atuária, Contabilidade e Secretariado Executivo, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Economia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Francisco José Sales Rocha (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Glauber Marques Nojosa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Arley Rodrigues Bezerra  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

A Deus.

Aos meus pais, Ilzonete e João.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e por todo seu amor. A minha mãe, Ilzonete Brito, que nunca deixou de acreditar em mim e foi a pessoa mais importante em toda a minha educação. Ilzonete, você fez, faz e sempre fará parte da minha vida, muito obrigado por tudo. Agradeço a meu pai, João Pereira e aos meus irmãos Herbert Brito e Hemerson Brito, que me deram forças e sempre estiveram torcendo por mim. Ao meu sobrinho João Lucas, pelos momentos de descontração e risos.

A minha amada noiva Jessica Batista, que esteve sempre ao meu lado, dando incentivo e principalmente o que de melhor poderia: seu amor!

Ao Prof. Dr. Francisco José Sales Rocha, pela paciência na orientação e incentivo na minha formação. Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Glauber Nojosa e Prof. Dr. Arley Bezerra pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos amigos Pedro Avelino, Renato Brandão (Xerife), Ronaldo, Elpidio Farnney, Eptacio, Petrus Yuri, Kaique, Mateus Almeida, Matheus Santos, Kassy Monteiro, Caio Carneiro, Anssumane Cassama, Marcelo Lamas, Joaquim Oliveira e a todos que estiveram comigo nessa jornada.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), seus professores e servidores que proporcionaram momentos e ensinamentos que vou levar para sempre comigo.

Os meus sinceros agradecimentos a Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE) e seus membros, que me acolheram durante o período de estágio e por me ensinarem na prática o conhecimento adquirido na graduação.

“E apesar de tudo, o Senhor estava sempre ao meu lado, segurando bem firme a minha mão.  
(Salmos 73:23).”

## RESUMO

Neste trabalho analisam-se os resultados obtidos com o modelo de concessões adotado nas ferrovias brasileiras. Para tanto, objetiva-se especificamente: analisar a evolução da movimentação de cargas no setor; constatar o crescimento de investimentos; verificar a geração de empregos; e desenvolver um modelo de série temporal que melhor explique a dinâmica da movimentação de cargas pelo modal ferroviário, de acordo com a metodologia Box-Jenkins. Isto posto, a base teórica e metodológica para alcançar os objetivos supracitados, fundamenta-se em levantamentos bibliográficos concernentes à temática e bases de dados estatísticos correspondente ao período de 2006 a 2017, fornecidos pela Confederação Nacional de Transportes (CNT), e pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Os resultados alcançados confirmaram que as concessionárias vem revitalizando o sistema ferroviário e que em todos os critérios avaliados as respostas foram positivas. Por fim, o modelo de série temporal que melhor explica a dinâmica da movimentação de cargas pelas ferrovias, segundo a metodologia de Box e Jenkins foi o SARIMA (1,1,1)(0,1,1).

**Palavras-chave:** Box-Jenkins. SARIMA. Ferrovias.



## ABSTRACT

This paper analyzes the results obtained with the model of concessions adopted in the Brazilian railways. To do so, it aims specifically: to analyze the evolution of cargo movement in the sector; note the growth of investments; verify the generation of jobs; and to develop a time series model that best explains the dynamics of cargo movement by the rail mode, according to the Box-Jenkins methodology. The theoretical and methodological basis for achieving the aforementioned objectives is based on bibliographical surveys related to the theme and statistical databases corresponding to the period 2006 to 2017, provided by the National Transport Confederation (CNT), and by the National Agency of Land Transport (ANTT). The results confirmed that the concessionaires have been revitalizing the railway system and that in all the evaluated criteria the answers were positive. Finally, the time series model that best explains the dynamics of the movement of loads by railroads according to the Box and Jenkins methodology was SARIMA (1,1,1) (0,1,1).

**Keywords:** Box-Jenkins. SARIMA. Railways.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– <i>Mapa das Concessionárias Associadas à Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários – ANTF.....</i>	23
Figura 2	– <i>Matriz de Transporte Brasileira.....</i>	24
Figura 3	– <i>Comparativo Entre a Densidade da Malha Ferroviária Brasileira com a de outros Países.....</i>	25
Figura 4	– <i>Investimentos da União e das Concessionárias (R\$ Milhões).....</i>	26
Figura 5	– <i>Quantidade de Cargas Transportadas em TKU (Bilhões).....</i>	27
Figura 6	– <i>Geração de Empregos Motivados Pelo Setor Ferroviário.....</i>	28
Figura 7	– <i>Movimentação Mensal de Cargas Pelas Ferrovias de 2006 a 2017.....</i>	31
Figura 8	– <i>Correlograma da Funções de Autocorrelação e Autocorrelação Parcial .....</i>	32
Figura 9	– <i>FAC e FACP diferenciada em termos sazonal e regular.....</i>	34
Figura 10	– <i>FAC dos resíduos do modelo SARIMA (1,1,1)(0,1,1).....</i>	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Síntese dos resultados dos modelos.....	36
----------	---	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANTF	Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CNT	Confederação Nacional de Transportes
TKU	Tonelada Quilômetro Útil

## LISTA DE SÍMBOLOS

% Percentagem

km Quilômetro

R\$ Real

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1	Desenvolvimento Econômico e Transporte .....	16
2.2	Logística e Infraestrutura .....	17
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO MODAL FERROVIÁRIO</b> .....	20
3.1	Aparato Histórico.....	21
3.2	Características atuais do Transporte Ferroviário de Cargas.....	22
3.3	Principais Resultados Obtidos com o Modelo de Concessões .....	26
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
4.1	Levantamento Bibliográfico.....	29
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
5.1	Metodologia Box-Jenkins.....	31
5.1.1	Etapa de Identificação.....	31
5.1.2	Etapa de Estimação.....	34
5.1.3	Etapa de Verificação.....	35
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	37
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O retrato da matriz de transportes no Brasil indica um setor que dispõe de baixo índice de desenvolvimento econômico e social. Para Ballou (2001), um modelo de transporte eficiente é peça fundamental no que se refere ao avanço da economia e do comércio global. Baseado neste cenário, elabora-se neste trabalho um estudo de caráter exploratório-descritivo, referente aos resultados obtidos com a atuação da iniciativa privada no transporte ferroviário de cargas, visando examinar o desempenho da implantação do modelo de concessões no sistema de transporte ferroviário brasileiro.

No que concerne ao transporte ferroviário, o Brasil ainda está longe de sua produtividade máxima (VILAÇA, 2012). A existência de gargalos como insuficiência de malha ferroviária, infraestrutura desgastada e baixos investimentos, culminaram na atual falta de eficiência do modo ferroviário brasileiro. De acordo com Ballou (2001, p.159), os custos de transportes são bastante relevantes, dado que “a busca por melhorar a eficiência, com a plena utilização dos veículos e do pessoal do transporte é objetivo de grande interesse”. Isto é, ganhos de escala e produtividade ficam dependentes das atuais limitações encontradas hoje no sistema ferroviário brasileiro.

Segundo Vilaça (2012, p.3), “o modelo de concessões é vitorioso: vem revitalizando o sistema ferroviário e salvou o país da total dependência das rodovias, que de outra forma estariam hoje intransitáveis”. De acordo com a Confederação Nacional do Transporte – CNT (2013), as concessionárias foram as principais encarregadas pelos avanços das últimas décadas, sendo as mesmas responsáveis pelos investimentos, geração de empregos, ganhos logísticos e econômicos.

O objetivo geral do presente trabalho, consiste em verificar o funcionamento do modelo de concessões nas ferrovias brasileiras. Para tanto, ter-se-ão como objetivos específicos:

- a) analisar a movimentação de cargas pelo modo ferroviário;
- b) constatar os investimentos no setor;
- c) verificar a geração de empregos;
- d) e desenvolver um modelo de séries temporais conforme a metodologia Box-Jenkins, para explicar a dinâmica da movimentação de cargas no setor ferroviário, tendo como período de análise janeiro de 2006 a dezembro de 2017.

Utilizar-se-á como base teórica, levantamentos bibliográficos concernentes à temática e uma base de dados estatísticos da Confederação Nacional de Transportes (CNT) e

da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Desse modo, o presente estudo é de natureza exploratória e descritiva, valendo-se de obras de autores já consagrados no campo da logística, transporte e economia.

A construção do trabalho é composta por seis seções, iniciada pela introdução. A segunda seção consiste na revisão de literatura, tendo como conceitos-chave: Desenvolvimento Econômico; Transportes; Logística e Infraestrutura. A terceira seção, por sua vez, exibirá, de forma sucinta, um panorama histórico das ferrovias no Brasil, desde a construção da primeira estrada de ferro até a desestatização da Rede Ferroviária Federal S.A – RFFSA. Além disso, serão apresentados os principais resultados obtidos pelo setor ferroviário com o atual modelo de concessões. A quarta seção, alude sobre o levantamento bibliográfico e os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento do modelo de série temporal que melhor explica a dinâmica da movimentação de cargas pelas ferrovias. Na quinta seção discutem-se os métodos e resultados obtidos através do modelo. Por fim, na sexta seção, comentam-se as considerações finais.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi dividida em duas subseções: a primeira disserta sobre a importância do transporte para o desenvolvimento econômico. A segunda subseção alude sobre a relevância da infraestrutura para viabilizar o processo logístico que envolve as modalidades de transporte, em especial as ferrovias.

### 2.1 Desenvolvimento Econômico e Transporte

O debate acerca de desenvolvimento econômico é de grande riqueza no meio acadêmico, principalmente na busca de compreender as principais razões do progresso econômico e da ampliação do bem-estar social. Bresser-Pereira (2006, p.1), define desenvolvimento econômico como sendo:

O processo de sistemática acumulação de capital e de incorporação do progresso técnico ao trabalho e ao capital que leva ao aumento sustentado da produtividade ou da renda por habitante e, em consequência, dos salários e dos padrões de bem-estar de uma determinada sociedade.

Segundo (FURTADO, 1961, p.115-116), “desenvolvimento é, basicamente, aumento do fluxo de renda real, isto é, incremento na quantidade de bens e serviços por unidade de tempo à disposição de determinada coletividade”. Para Monteiro (2014), desenvolvimento está diretamente relacionado com renda, aquisição de bens materiais, acesso a serviços sociais, soberania de escolhas, participação em processos democráticos e também preservação ambiental.

A evolução da rede de transportes desempenhou papel decisivo no desenvolvimento econômico. Para Ballou (2010), quando comparado o nível de atividade produtiva do setor de transportes, entre países desenvolvidos e países em processo de desenvolvimento, fica notória a grande desigualdade. Países desenvolvidos se favorecem com transporte de alta qualidade a custos baixos, países em desenvolvimento apresentam déficit de produtividade em sua matriz de transporte, além disto, ficam sujeitos a terem que ficar com suas cadeias de produção e consumo geograficamente próximas, tornando cada vez mais difícil a geração de concorrência.

De acordo com Novaes (2007) define-se transporte em seu conceito mais básico, como o simples ato de deslocar matérias-primas e produtos acabados entre pontos geográficos distintos. O mesmo autor, afirma que durante muito tempo as atividades ligadas à logística se resumia simplesmente na realização do transporte e armazenagem. Para Monteiro (2015), o sistema de transporte terá que interagir em companhia dos setores econômicos, político-institucionais e de investimentos para conseguir estímulos necessários para promover o desenvolvimento do setor.

O modal ferroviário em especial é um dos principais meios de transporte para o deslocamento de mercadorias em médias e longas distâncias. Wanke (2014), afirma que no Brasil o que se percebe é a perda de espaço das ferrovias nas longas distâncias, exatamente onde ela deveria ser mais utilizada. Para Padula (2008, p.19), “um programa ou plano para o setor deve priorizar a integração territorial, pois é a partir do contínuo espacial que se constrói a identidade nacional”.

Segundo Padula (2008), o desenvolvimento econômico está diretamente ligado ao setor de transportes, pois este é responsável por dinamizar a economia, reduzir os custos de produção, circulação e, além disso, serve como uma espécie de política social, aumentando o nível de renda disponível dos indivíduos.

Para Silva, Bertoni e Silva (2017), à medida que a economia cresce o setor de transportes se torna mais necessário, e, por outro lado, a expansão da infraestrutura de transportes impulsiona o crescimento econômico. De acordo com Arruda *et al.* (2011), é necessário captar investimentos do setor privado e, além disso, os investimentos da união devem ser direcionados na criação de infraestrutura adequada, visando a sustentação do processo de crescimento.

Conforme Para Silva, Bertoni e Silva (2017), os efeitos sobre as regiões que apresentam uma dinâmica de transporte favorável, vão além de suas fronteiras, favorecendo tanto as unidades produtivas compreendida dentro de sua região, como em regiões fora destas, através de efeitos indiretos estimulados pelo maior alcance nas demandas de produtos e serviços.

## **2.2 Logística e infraestrutura**

A logística é um campo de estudo relativamente novo. O primeiro livro-texto a tratar sobre o assunto foi reproduzido em 1961. Uma descrição mais ampla de sua definição pode ser promulgada pelo *Council of Logistics*, onde define-se logística como sendo:

“O processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender as exigências dos clientes”. (BALLOU, 2006, p. 27).

Por bastante tempo a logística foi administrada de forma separada. Suas atividades, que são hoje inter-relacionadas, apresentavam caráter dissociativo. Bowersox (2001, p. 37) afirma que o mérito proveniente da logística está no ato de garantir com maestria: a) a coordenação de um projeto de rede; b) informação; c) transporte; d) estoque; e) armazenagem, manuseio de matérias e embalagens.

No âmbito da logística moderna, tem-se como um de seus princípios pilares o conceito de Logística Integrada, também denominada de *Supply Chain Management* (SCM). Segundo Novaes (2007, p. 40) a Logística Integrada “é a integração dos processos industriais e comerciais, partindo do consumidor final e indo até os fornecedores iniciais, gerando produtos, serviços e informações que agregam valor para o cliente”.

De acordo com Novaes (2007, p. 35), “a logística vem apresentando uma evolução de forma contínua, agregando valor de lugar, de tempo, de qualidade e de informação”. Para Faria (2005, p. 2) “a logística envolve um processo que extrapola os muros das empresas, envolve desde o abastecimento de matérias primas [...], bem como o chamado pós-venda de uma empresa, seja qual for o segmento”.

O setor de transporte e infraestrutura tem papel fundamental para redução nos preços dos bens, produção em larga escala e divisão do trabalho. Ou seja, está estreitamente ligado ao desenvolvimento econômico de um país. Para Silva, Bertoncinie e Silva (2017), na medida em que a economia cresce o setor de transportes se torna mais necessário, e, por outro lado, a expansão da infraestrutura de transportes impulsiona o crescimento econômico.

Segundo Padula (2008), a infraestrutura no setor de transportes possibilita: a) a abertura de novos mercados para que os produtores possam chegar cada vez mais longe e ainda obter maior escala de produção, resultando em economias de escala e ganhos de produtividade; b) gera maior desenvolvimento econômico a novas regiões; c) reduz custos e favorece a competitividade dos produtos no mercado; d) contribui em ganhos de eficiência para a economia; e) fomenta o surgimento de novos empreendimentos.

Ainda que o Brasil apresente em sua cadeia produtiva um desenvolvimento lento, vários setores estratégicos como é o caso da infraestrutura do modal ferroviário vem apresentando melhorias significativas com os investimentos realizados pelas concessionárias.

Para Marchetti e Ferreira (2012), deve-se ressaltar que, com a inclusão da iniciativa privada na operação do modal ferroviário, a taxa de investimento apresentou crescimento superior ao do PIB. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte – DNIT, o governo brasileiro tem a intenção de até 2025, movimentar cerca de 32% da matriz de transporte nacional, pelo modal ferroviário, o que representa uma movimentação quase ideal as características geográficas do Brasil.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DO MODAL FERROVIÁRIO

#### 3.1 Aparato histórico

Em meados do século XIX o governo imperial concedeu a construção da que foi a primeira estrada de ferro do Brasil. Teve como seu responsável o empreendedor Irineu Evangelista de Sousa, mais conhecido como Barão de Mauá. “Em 1850, Mauá organizou o Banco Comercial e Industrial do Brasil, tendo como principal objetivo realocar capitais agora disponíveis para otimizar a infraestrutura do país” (RUTHES e SALOMÃO, 2016, p. 172).

Em 1852, em parceria com investidores ingleses, Mauá venceu a concessão, da que foi a primeira estrada de ferro nacional (TALVIK, 2014). O imperador D. Pedro II concedeu a Mauá a construção e exploração da linha que ficaria situada no Rio de Janeiro. A inauguração da ferrovia foi em 30 de abril de 1854, a extensão da malha era de cerca de 14,5 km (DNIT, 2018).

Porém, Brito (1961) afirma que a ferrovia construída por Mauá não atingiu o esperado, pois não foi capaz de atender condições econômicas, estratégicas ou se quer políticas. Muito se acredita que a falta de critérios na concessão das estradas, unido à falta de experiência do Barão, acarretaram no insucesso da via Guanabara – Petrópolis.

Em 1866, com a chegada dos trilhos em São Paulo, investidores oriundos principalmente do café investiram na criação de uma nova empresa: a Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Em 1872 é construída uma nova estrada que ligava Jundiaí a Campinas que, diferente da construída por Mauá, obteve êxito e acelerou a expansão em direção ao interior de São Paulo (LANG, 2007). Já em 1877, ocorreu um dos principais marcos na história ferroviária brasileira, que foi a ligação da estrada de ferro Rio – São Paulo (CNT, 2013).

Os Barões do café, além de contribuírem para a expansão da malha ferroviária e do desenvolvimento econômico da região de São Paulo, iniciaram o processo de industrialização da região. Durante o período compreendido entre os anos de 1860 e 1930, o estado de São Paulo já havia construído um total de 7.100 km de ferrovias, e nesse primeiro momento a pauta exportadora era caracterizada como agro-exportadora (VENCOVSKY, 2011).

No entanto, o corte em parte dos privilégios garantidos pelo decreto nº 641 de 1852, resultou no desinteresse de investir no setor e com isso o papel de ampliar a malha ferroviária passou a ser predominantemente do estado. E, no final da monarquia, em 1889, o

governo já era proprietário de 34% do total das ferrovias brasileiras, além disso, exercia participação em grandes empresas do ramo ferroviário (LANG, 2007).

No início do século XX, a malha ferroviária chegava a um total aproximado de 29.000 km, mas também é nesse mesmo período em que o transporte de cargas pelas ferrovias começam a perder espaço para o modal rodoviário, inicialmente com o presidente Washington Luís que dava favoritismo pelas rodovias (TALVIK, 2014).

Além disso, o déficit ferroviário crescia de forma descontrolada fazendo com que os governos estaduais abandonassem as ferrovias e destinassem seus investimentos as rodovias (CNT, 2013). Porém, com a inclusão do decreto nº 24.497, de 29 de junho de 1934, que tinha como plano geral promover a interconexão das ferrovias nacionais, o setor ferroviário tentava novamente garantir seu protagonismo, principalmente nas regiões com maior dinâmica capitalista (TAKASAKI, 2014).

Em 1957, é criada a Rede Ferroviária Federal S.A. – RFFSA, com a principal ideia de sanear o sistema ferroviário e desativar trechos inviáveis ou deficitários gerando avanços para o setor. Apesar do desenvolvimento das ferrovias até então, elas ainda representavam 90% do déficit orçamentário público na metade do século (CNT, 2013, p.18). Com isso a geração de recursos pela RFFSA já não era mais suficiente para cumprir com a cobertura da dívida contraída, e novamente se estudava a possibilidade de privatização do setor (TAKASAKI, 2014).

Segundo Railbus *et al.* (2004, *apud* Lang, 2007), é durante o governo de Juscelino Kubitschek que a indústria automobilística é expandida de forma mais agressiva. As estradas de rodagem se multiplicavam pelo país ao mesmo tempo em que as ferrovias entravam em um processo de debilidade financeira (TALVIK, 2014).

Por mais que o Governo Federal tenha empenhado esforços através de fundos destinados ao modal ferroviário, o setor apresentava um profundo desequilíbrio operacional e técnico, que decorreu principalmente graças a degradação da infraestrutura. Além disso, a década de 80 foi marcada pela instabilidade fiscal brasileira, contribuindo ainda mais para o agravamento da crise no setor ferroviário.

Em 1990, o Programa Nacional de Desestatização – PND, decretado pela lei nº 8.031, de 12/04/1990, é instituído e ao longo dos anos foi passando por alterações. Em um primeiro momento sem RFFSA participando do leilão o setor privado não se mostrou interessado na concessão das malhas ofertadas, pois não observavam potencial econômico favorável. Com a inclusão da RFFSA no PND em 10/03/1992, pelo decreto nº 473/92, é iniciada efetivamente a desestatização do setor ferroviário nacional (DNIT, 2009).

“O marco fundamental da reforma setorial foi a Lei de Concessões 9.879/95, que regulamentou o art. 175 da Constituição Federal, e criou condições jurídicas para que concessionárias privadas passassem a operar serviços públicos” (MARCHETTI e FERREIRA, 2012, p. 238). Foram estabelecidos direitos e obrigações entre as partes envolvidas na concessão, definido ainda, equilíbrio econômico e financeiro, manutenção da malha e os direitos dos usuários (DNIT, 2009). De acordo com a CNT (2013), o processo de desestatização estabeleceu: a) a outorga, pela União, da concessão para a exploração do serviço público de transporte ferroviário; e (b) o arrendamento de bens operacionais e a venda de bens de pequeno valor pela RFFSA.

O formato do modelo de concessões escolhido pelo governo federal foi o de “separação vertical, ou seja, a empresa responsável pela concessão controla a infraestrutura, a operação e a comercialização dos serviços de transporte ferroviário em uma determinada região” (CNT, 2013, p. 19).

A RFFSA era composta por seis malhas e possuía uma extensão de 22.000 km. As seis malhas foram leiloadas, e foram cerca de 1,5 bilhão arrecadados. A RFFSA foi concedida às seguintes concessionárias: Ferrovia Novoeste S.A., Ferrovia Centro-Atlântica S.A., MRS Logística S.A., Ferrovia Tereza Cristina S.A., All, Companhia Ferroviária do Nordeste e Ferrovias Bandeirantes S.A., com isso o processo de desestatização da RFFSA foi concluído em 10 de novembro de 1998.

### **3.2 Características atuais do Transporte Ferroviário de Cargas**

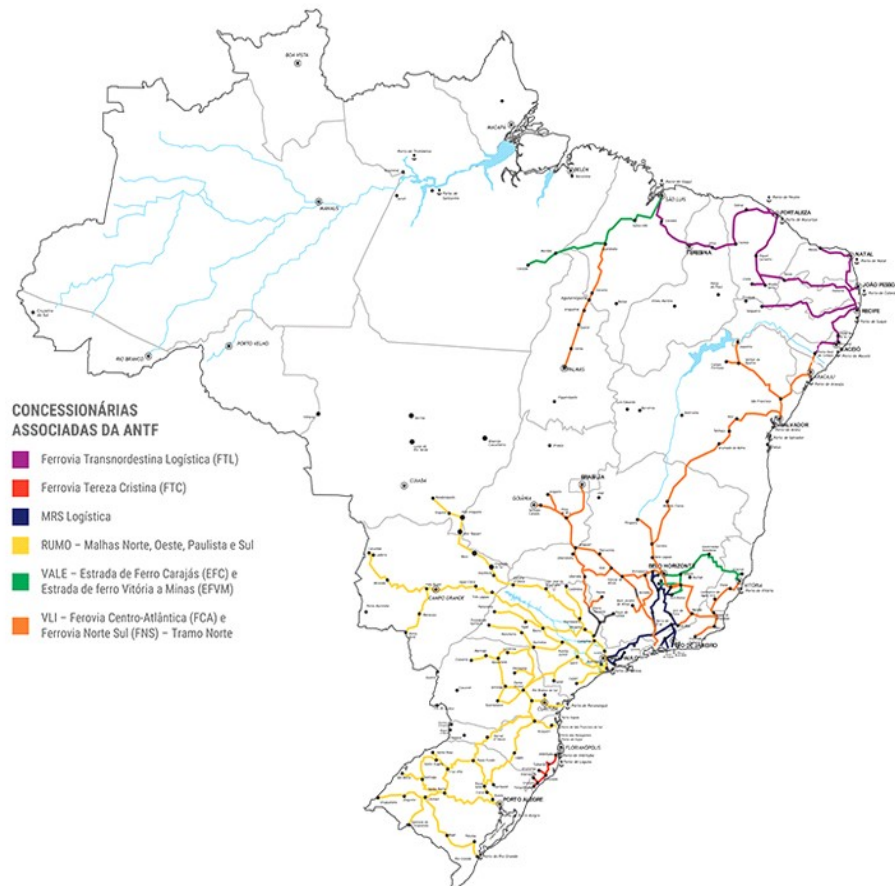
Conforme boletim estatístico da CNT, a malha ferroviária brasileira conta com aproximadamente 30.000 km de extensão distribuída pelo país. De malhas cedidas à iniciativa privada, tem-se um total aproximado de 28.300 km. As malhas são divididas entre 11 concessionárias, sendo um total de 12 malhas concedidas. A figura 1 exhibe o mapa das concessionárias associadas à Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários - ANTF.

Para Fleury, Wanke e Figueiredo (2014), a globalização tem causado aumentos nas distâncias percorridas pelas cargas e gerado maior complexidade operacional, envolvendo legislação, cultura e modais de transporte. No Brasil existe uma extensão de malha considerável, mas ainda longe do ideal se comparado com países como EUA, Rússia e China, que apresentam dimensões territoriais com características semelhantes às do Brasil.

O uso do transporte ferroviário no Brasil está associado, principalmente, ao transporte de grandes volumes e pesos de cargas, geralmente com baixo valor agregado. Por

participar praticamente de toda a atividade da cadeia de produção, sendo o seguimento que gera o maior custo logístico, a escolha do modal mais eficiente é determinante no processo que envolve desde a colheita da matéria-prima, passando por toda a atividade de produção até o consumidor final, incluindo o envolvimento das transações financeiras inerentes ao processo.

*Figura 1: Mapa das concessionárias associadas à Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários - ANTF.*



Fonte: ANTF (2016).

Os principais produtos transportados pela modalidade ferroviária são: minério de ferro, combustíveis, grãos, adubo, carvão mineral, dentre outros. Conforme a ANTT o minério de ferro responde por mais de 75% das cargas movimentadas pelas ferrovias.

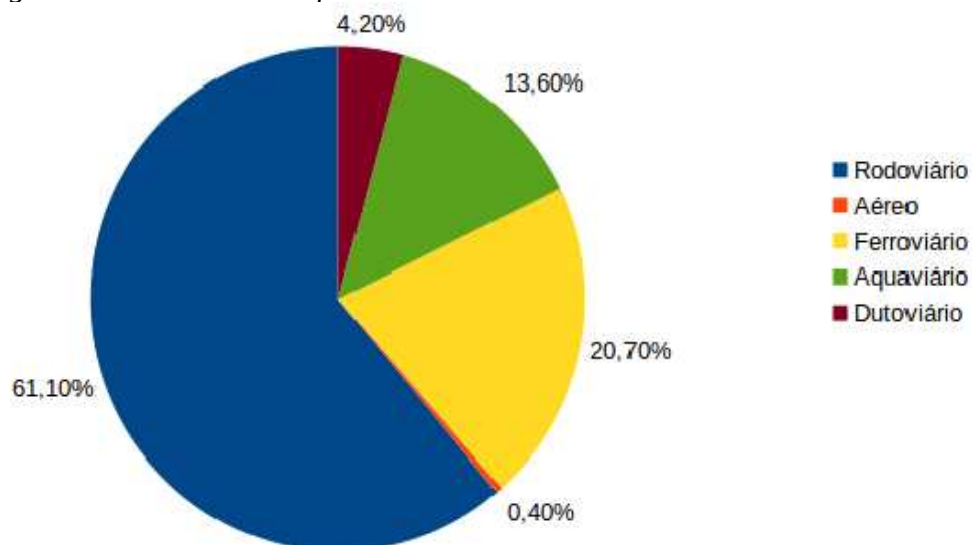
O transporte ferroviário tem como suas principais vantagens: baixo impacto ambiental, eficiência energética, avarias mínimas, possui baixos índices de acidentes, além de, é claro, ser o mais viável economicamente para países de grandes extensões territoriais, isto é, que precisam deslocar suas cargas a distâncias cada vez mais longas, como no caso do Brasil.



Os principais gargalos encontrados no setor são: insuficiência da malha ferroviária, inexistência de um sistema de bitolas padrão, falta de vias de duplicação, falta de terminais de integração, baixa velocidade de circulação, invasão das faixas de domínio, falta de um sistema de Tecnologia da Informação eficiente e, além disso, diversos pesquisadores sobre o assunto afirmam que a distorção na matriz de transporte brasileira tem comprometido a competitividade interna e externa do país.

Para Fleury e Wanke (2006) o principal entrave encontrado na matriz de transporte brasileira, é certamente o uso predominante do modo rodoviário. A figura 2 construída a partir de dados da CNT comprova a afirmação dos autores sobre uso predominante do modo rodoviário no Brasil.

Figura 2: Matriz de Transporte Brasileira



Fonte: CNT (2018).











Para Padula (2008), por se tratar de um país de dimensões continentais, o Brasil necessita de uma rede de transportes que apresente as seguintes distribuições: 40% transportado pelo modo ferroviário 20% pelo rodoviário e 40% pelo aquaviário, isso considerando-se somente esses modais.

Para a CNT (2013, p. 7), “uma rede de transporte ineficiente reduz o potencial de crescimento econômico, particularmente devido à dependência de exportação de matérias-primas, produtos especialmente sensíveis ao valor de frete”. No caso do Brasil em especial, transformações em suas cadeias produtivas e logísticas são decisivas em ganhos de competitividade.

Se comparado a atual distribuição da rede de transporte brasileira com a de outros países, confirma-se o fato de que o Brasil não está usufruindo das vantagens comparativas oferecidas pelo modo ferroviário, ou seja, o potencial produtivo não está sendo plenamente utilizado.

A figura 3 exibe o comparativo entre a densidade da malha ferroviária brasileira com a de outros países com porte territorial semelhante. Pode-se observar na figura 3 que o Brasil apresenta baixa densidade em sua malha quando comparado com países de porte territorial similar. Além disso, países da própria América Latina como Argentina e México apresentam resultados superiores.

*Figura 3: Comparativo Entre a Densidade da Malha Ferroviária Brasileira com a de outros Países*

	Área (milhões km <sup>2</sup> )	Ferrovias (mil km)	Ferrovias/Áreas (km/ 1.000 km <sup>2</sup> )
 EUA	9,83	293,56	29,8
 Índia	3,29	68,53	20,8
 África do Sul	1,22	20,99	17,2
 Argentina	2,78	36,92	13,3
 China	9,60	124,00	13,2
 México	1,96	15,39	7,8
 Canadá	9,98	77,93	7,8
 Rússia	17,1	87,16	5,1
 Austrália	7,74	36,97	4,8
 Brasil	8,52	29,18	3,4

Fonte: ANTF (2017).

Segundo Lang (2007), uma das formas de mensurar o desempenho do transporte ferroviário é através de sua oferta. A Figura 3 compara a disponibilidade das ferrovias/Áreas do Brasil com a de outros países, o resultado exposto na figura 3 mostra que a oferta de países como Argentina e China supera as do Brasil em mais de 3 vezes e quando comparado aos EUA o resultado fica em quase 10 vezes.

Em um país que apresenta dimensões continentais e um processo de desconcentração econômica crescente, “o impacto da logística de transporte não é apenas na

lucratividade das empresas, influenciada pelos custos, mas também na criação de novas oportunidades de mercado através de serviços de valor adicionado” (WANKE, 2011 p. 49).

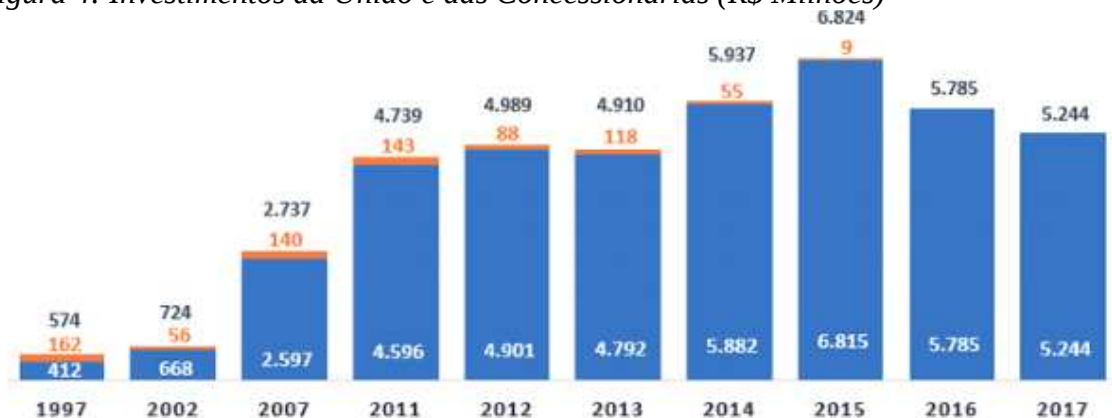
Para o atual cenário das ferrovias, percebe-se ainda a existência de vários entraves a serem superados, porém Vilaça (2012), afirma que o novo regime de concessão é a solução mais adequada no combate às limitações estruturais do sistema ferroviário. Segundo Fleury (2013, p. 16), “apesar de ainda estar longe do ideal, o modal ferroviário já evoluiu em relação ao período pré-privatização, principalmente entre 2001 e 2010”.

### 3.3 Principais Resultados Obtidos com o Modelo de Concessões

De acordo com o relatório do Balanço de Transporte Ferroviário de Cargas da Associação Nacional dos Transportadores (ANTF), os prejuízos acumulados da Rede Ferroviária Federal (RFFSA), só durante o período de 1994 a 1997, estão por volta de R\$ 2,2 bilhões. Ainda segundo o mesmo relatório, as ferrovias nacionais contraíram em média déficit anuais de R\$ 300 milhões. Isto corresponde dizer que, a cada dia, quase 1 milhão era tido como prejuízo à União, graças ao antigo modelo estatal de transporte ferroviário.

Com a inserção da iniciativa privada na prestação do serviço de transporte ferroviário de cargas, a União já arrecadou com os pagamentos em concessão, arrendamentos, tributos federais, estaduais e municipais R\$ 21, 2 bilhões. Isso dá em média 1,25 bilhão ao ano, esses resultados são correspondentes ao realizado de 1997 a 2014.

Figura 4: Investimentos da União e das Concessionárias (R\$ Milhões)



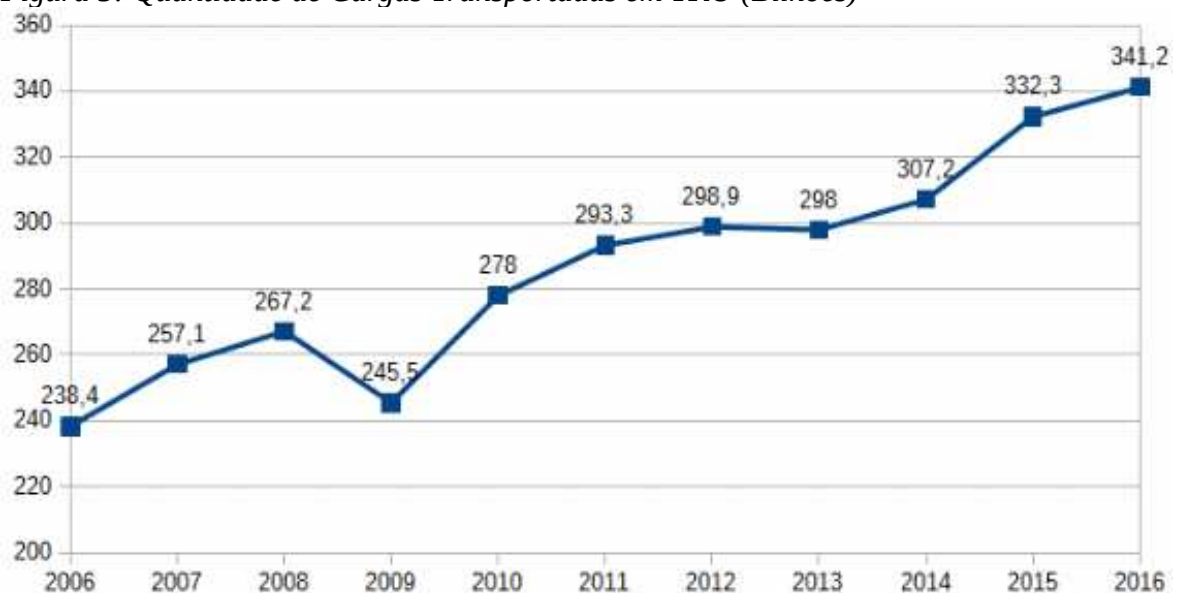
Fonte: ANTF (2018).

A figura 4 demonstra os investimentos realizados pela União e pelas concessionárias durante o período de 1997 a 2017. Pode-se observar na figura supracitada que

a participação do estado tem sido mínima e durante os dois últimos anos nenhum investimento por parte do governo foi realizado. Isto posto, torna-se evidente que a atuação do setor privado tem sido o principal responsável na crescente retomada da reestruturação do modal ferroviário brasileiro.

A movimentação de cargas por Tonelada Quilômetro Útil (TKU) do transporte ferroviário em 2016 ultrapassou a marca de R\$ 341 bilhões. Comparando o realizado de 2006 ao de 2016, o aumento em termos percentuais na movimentação de cargas em TKU, foi de 43,1%, de acordo com o relatório anual da CNT. A figura 5 mostra a trajetória de produtividade do setor durante o período mencionado acima.

Figura 5: Quantidade de Cargas Transportadas em TKU (Bilhões)



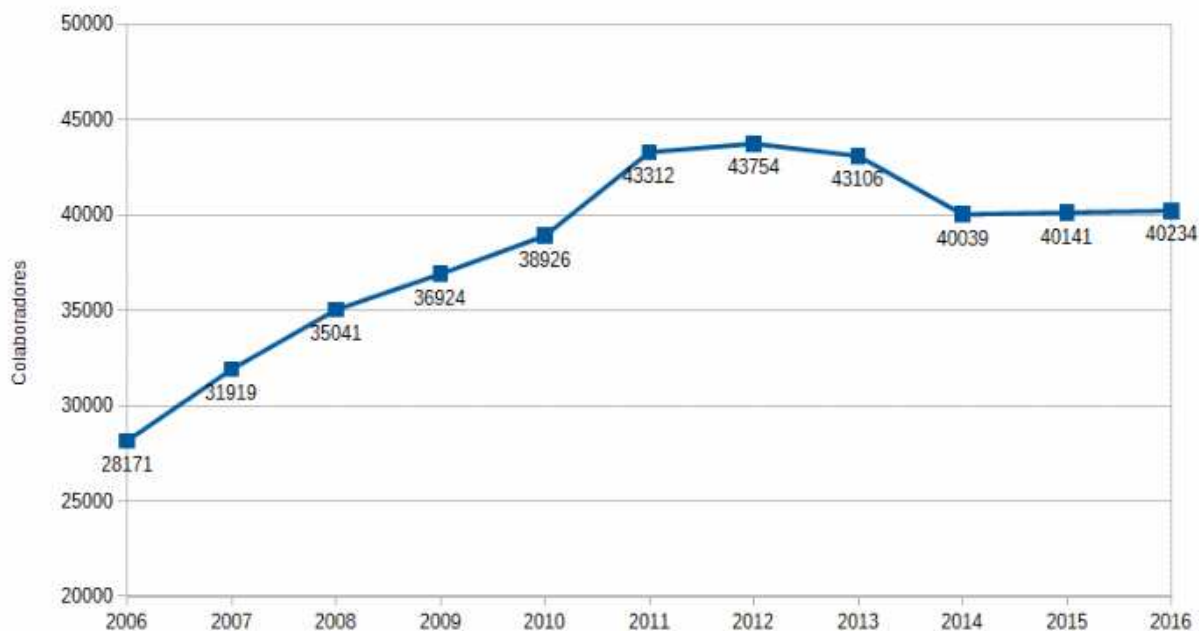
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da CNT (2017).

O gráfico da figura 5 aponta uma queda na movimentação de cargas em 2009, esse declínio pode ser explicado em parte pela contração da demanda externa devido a crise norte-americana. Porém, observar-se que nos anos subsequentes o setor apresenta crescimento contínuo. Além disso, o aumento no nível de produção das ferrovias tem demandado em, praticamente, 100% de toda produção nacional de máquinas e equipamentos do setor ferroviário.

Conforme exposto na figura 6 a geração de empregos motivados pelo setor ferroviário ultrapassou a marca de 40 mil no quantitativo de pessoal próprio e terceirizado. De acordo com a CNT o pico registrado foi no ano de 2012, com a marca de 43.754

colaboradores. A geração de empregos no setor obteve crescimento de mais de 40% durante o período de 2006 a 2016, conforme o anuário ferroviário da CNT.

*Figura 6: Geração de Empregos Motivados Pelo Setor Ferroviário*



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da CNT (2017).

Conforme a ANTF (2017), a geração de empregos no setor ferroviário cresceu em mais de 100%, comparando o resultado de 1997, que era de 16.662 colaboradores com o de 2017, que superou a marca de 40.300 funcionários. Ademais, os índices de acidentes apresentaram uma redução de 86%, colocando o Brasil como referência internacional de segurança no transporte ferroviária (ANTF, 2017).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Levantamento Bibliográfico

Ainda não existe na literatura acadêmica nacional modelos de série temporal que expliquem a dinâmica da demanda pelo uso do transporte ferroviário de cargas. Morettin e Toloi (1987) consideram que o principal intuito dos métodos de séries temporais é “distinguir o padrão de qualquer ruído que possa estar contido nas observações e então usar esse padrão para prever valores futuros da série”.

Para Monteiro (2015, p. 78), “Há diversas metodologias que nos proporcionam lograr estimativas de valores prospectivos, com base no conhecimento do comportamento histórico da grandeza alvo de análise e de outras grandezas a ela associadas”. Segundo Faria (2007) para realizar previsões futuras, basta conhecer os valores passados da variável em análise, pois acredita-se que os valores decorridos forneçam informações pertinentes de valores futuros. Um procedimento bastante conhecido na construção de modelos de série temporal é a metodologia de Box-Jenkins.

Walter (2013) elaborou um modelo de previsão por meio da metodologia Box e Jenkins para explicar a procura por motocicletas no Brasil. Jacobs e Costa (2011) utilizaram da metodologia Box-Jenkins para criar um modelo de série temporal, com o intuito de revelar o comportamento da demanda de um determinado produto do setor alimentício. Bacci (2007) também desenvolveu um modelo de série temporal, utilizando a combinação dos métodos de Dupla Suavização Exponencial, Análise de Tendência Quadrática e Box-Jenkins, para prever a demanda de café no Brasil. Visto que existem vários trabalhos de previsão de demanda, o estudo aqui propõe desenvolver um modelo baseado na literatura já existente com a metodologia de Box-Jenkins.

Segundo Granger (1976, apud XAVIER, 2016, p. 3) “o propósito inicial da análise de séries temporais é tirar inferências sobre as propriedades ou características básicas do mecanismo gerador do processo estocástico das observações da série”. De acordo com Werne e Ribeiro (2003), “os modelos de Box-Jenkins partem da ideia de que cada valor da série (temporal) pode ser explicado por valores prévios, a partir do uso da estrutura de correlação temporal que geralmente há entre os valores da série”. Xavier (2016, p. 3) afirma que “ao analisar uma série temporal, espera-se que nesta exista uma causa relacionada com o tempo, que influenciou os dados e que possam continuar a influenciá-los futuramente.”

Segundo Box & Jenkins (1976, apud WERNER e RIBEIRO, 2003, p. 81), a construção do método é composta por três etapas:

1. Identificação: consiste em descobrir qual dentre as várias versões dos modelos de Box-Jenkins, sejam eles sazonais ou não, descreve o comportamento da série. A identificação do modelo a ser estimado ocorre pelo comportamento das funções de autocorrelações (ACF) e das funções de autocorrelações parciais (PACF).
2. Estimação: consiste em estimar os parâmetros  $\varphi$  e  $\Phi$  do componente autorregressivo, os parâmetros  $\theta$  e  $\Theta$  do componente de médias móveis e a variância de  $\varepsilon_t$ .
3. Verificação: consiste em avaliar se o modelo estimado é adequado para descrever o comportamento dos dados.

Após a definição do modelo, Rocha (2002, p. 6) afirma que, dentre as possíveis escolhas de um modelo alternativo estimado pertencente a metodologia Box-Jenkins, deve-se levar em consideração:

1. Parcimoniosidade nos parâmetros. Deve-se escolher preferencialmente, entre os modelos de melhor ajuste, aqueles com um número menor de parâmetros. A estatística “t-student” tem um papel importante na determinação do número de parâmetros estatisticamente significativos existente nos modelos alternativos.
2. Invertibilidade e estacionaridade dos coeficientes dos modelos estimados.
3. Ajustamento do modelo aos dados da série temporal em estudo, com base nos critérios “Akaike Information Criterion”, AIC, e “Schwartz Bayesian Criterion”, SBC.
4. Análise da estatística Q de Box-Pierce-Ljung,  $Q_{BPL}$ , com o objetivo de identificar se os resíduos dos modelos alternativos estimados são ruído branco.
5. O erro quadrado médio da previsão (EQM).

A metodologia de Box-Jenkins permite que valores futuros de uma série temporal seja previsto graças a correlação temporal existente entre os valores observados. Segundo Pellegrini (2000, p. 17) os modelos de série temporal mais completos para analisar períodos futuros são os de Box-Jenkins, pois “partem da ideia de que os valores de uma série temporal são altamente dependentes, ou seja, cada valor pode ser explicado por valores prévios da série”.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

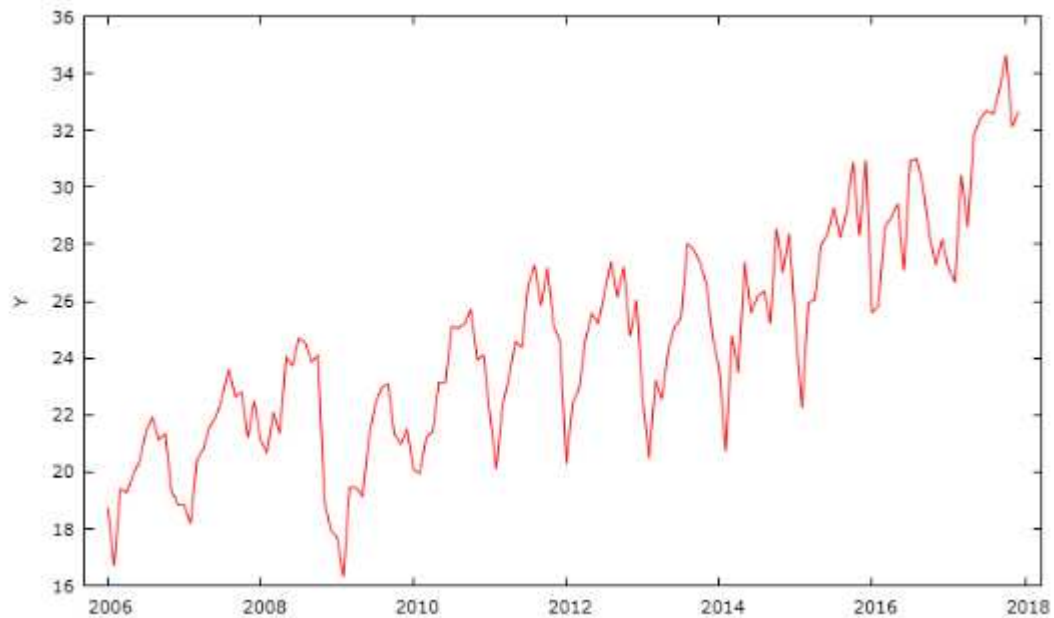
### 5.1 Metodologia Box-Jenkins

Nesta subseção será apresentado o modelo de série temporal que melhor explica a dinâmica na demanda pelo modal ferroviário, no que se refere à movimentação de cargas. A regra de escolha obedece os critérios estabelecidos na metodologia de Box-Jenkins. A base de dados é composta por uma série mensal de 144 observações, correspondente ao período de 2006 a 2017.

#### 5.1.1 Etapa de Identificação

A primeira fase da metodologia de Box-Jenkins é a etapa de preparação dos dados, está consiste em analisar a série de tempo em estudo. Nesta etapa deve-se verificar no gráfico da série original a existência de tendência ou alterações na variância. A figura 6 da série em estudo, apresenta indícios de sazonalidade e tendência crescente, indicando que a série é não estacionária.

*Figura 7: Movimentação Mensal de Cargas Pelas Ferrovias de 2006 a 2017*



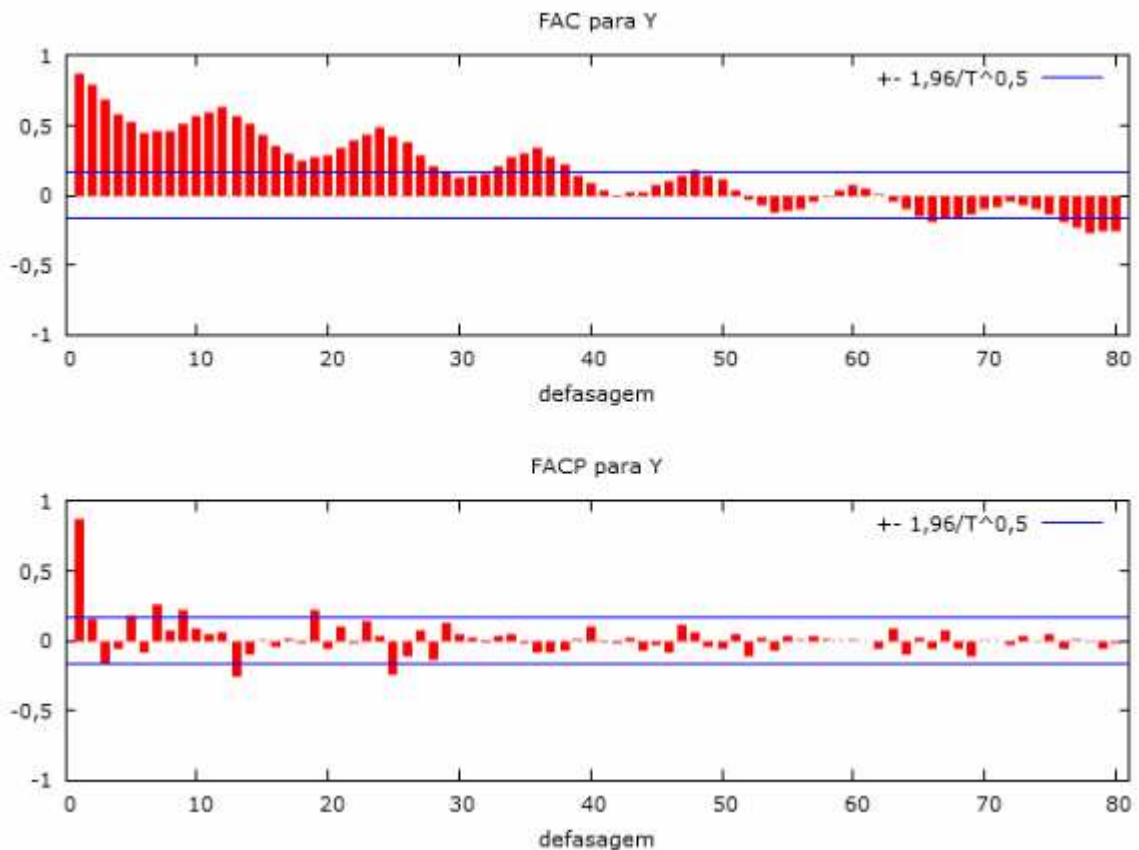
*Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANTT (2017).*

Para certificar-se quanto a existência de tendência e de sazonalidade, deve-se analisar as funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP). Estas também



forneem informações quanto à ordem dos modelos aplicáveis a série. Conforme verificado na figura 7, os resultados obtidos no correlograma da série original, revelaram a existência de sazonalidade e tendência, pois os graficos das FAC e FACP não apresentam autocorrelação que tendem a zero. Para mais, o teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF) comprovou a presença de raiz unitária, ou seja, a hipótese de não estacionariedade não foi rejeitada ao nível de 5% de significância. Isto posto, os dados foram logaritmizados com o intuito de estabilizar a variância e, além disso, foi necessário diferenciar a série em termos regular e sazonal para torná-la estacionária e dar continuidade à análise de escolha do melhor modelo.

Figura 8: Correlograma da Funções de Autocorrelação e Autocorrelação Parcial



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANTT (2017).

Em séries que apresentam sazonalidade a metodologia de Box-Jenkins sugere em geral modelos do tipo SARIMA. Esse tipo de modelo segundo Werner e Ribeiro (2003, p. 52) “contem uma parte não sazonal, com parâmetros (p,d,q) e uma sazonal com parâmetros (P,D,Q)”.

De acordo com Rocha (2002) modelos de série temporal podem ser formalmente descritos de acordo com:

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) y_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t,$$

onde o termo de defasagem é representado por B ( $By_t = y_{t-1}$ ),  $\hat{\mu}_t$  e  $\sigma_t$  são os parâmetros do modelo e  $\varepsilon_t$  o termo de erro. A parte autorregressiva do modelo (AR) é representada pelas variáveis defasadas de  $y_t$ , enquanto que as defasagens do termo de erro é determinada pela parte de média móvel (MA). O modelo exposto acima é chamado de ARMA ( $p,q$ ), em que  $p$  é a ordem de defasagem do termo autorregressivo e  $q$  a ordem de defasagem do termo de média móvel. Os modelos do tipo SARIMA, em regra, são compostos por uma parte não sazonal e outra sazonal. A definição algébrica de modelo misto sazonal – não sazonal é feita como segue:

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - \Phi_1 B^S - \dots - \Phi_P B^{PS}) y_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)(1 - \Theta_1 B^S - \dots - \Theta_Q B^{QS}) \varepsilon_t,$$

$\Phi$  e  $\Theta$  são os parâmetros do modelo sazonal, enquanto que S é o período sazonal. Os termos P e Q pertencem, respectivamente, a ordem de defasagem do componente autorregressivo sazonal (SAR) e do componente de média móvel sazonal (SMA). Dessa forma temos o modelo misto sazonal – não sazonal.

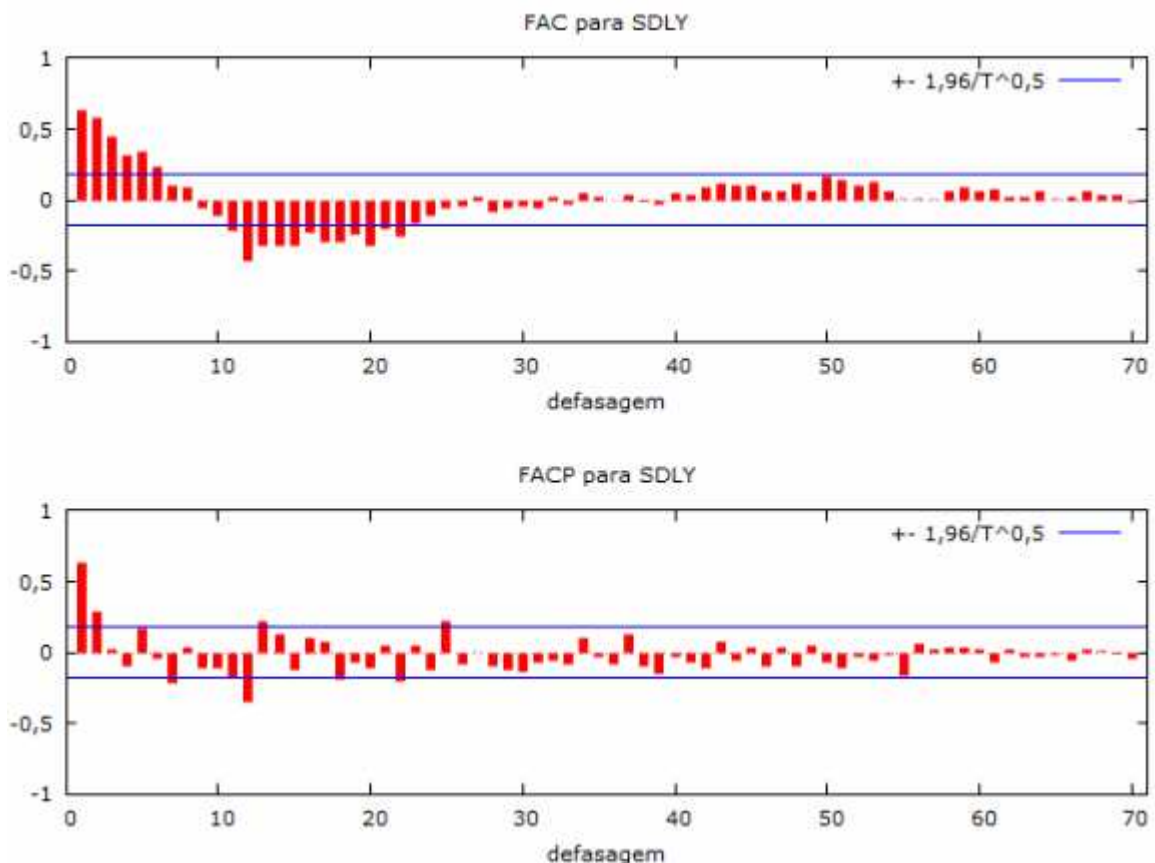
Na figura 8 observa-se o correlograma da série em estudo, diferenciada em nível e sazonal. É a partir deste correlograma que são selecionados os possíveis modelos candidatos para explicar a dinâmica da série temporal em estudo. Segundo Gujarati (2000), o principal método utilizado para a identificação do modelo de série temporal são as funções de autocorreção FAC e FACP.

Tanto na identificação da condição de estacionariedade, como no reconhecimento de possíveis modelos a serem utilizados, a FAC é uma ferramenta importante nessa escolha (BUENO, 2012). A FACP em conjunto com a FAC serve para a identificação dos modelos a serem utilizados e, além disto, também serve para auxiliar na condição de estacionariedade (GUJARATI, 2000).

A Figura 9 apresenta o correlograma da FAC e FACP da série diferenciada em termos regular e sazonal. O resultado exibido na série diferenciada torna plausível a escolha dos possíveis candidatos que melhor explica a dinâmica da movimentação de cargas pelo modal ferroviário de transportes.

Os candidatos escolhidos para explicar a dinâmica da série temporal em estudo conforme a metodologia Box-Jenkins são os que seguem: SARIMA (1,1,1)(0,1,1), SARIMA (2,1,0)(0,1,1) e o SARIMA (1,1,1)(1,1,2). Outros modelos foram testados seguindo a mesma metodologia, mas nenhum apresentou melhores resultados do que os supracitados, conforme os critérios da metodologia utilizada.

Figura 9: FAC e FACP diferenciada em termos sazonal e regular



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANTT (2017).

Segundo Rocha (2013, p.3), “a escolha do melhor modelo requer uma grande habilidade e arte, que só se adquire com a prática”. É com base nas melhores propostas de modelos que se estabelece o segundo passo da metodologia.

### 5.1.2 Etapa de Estimação

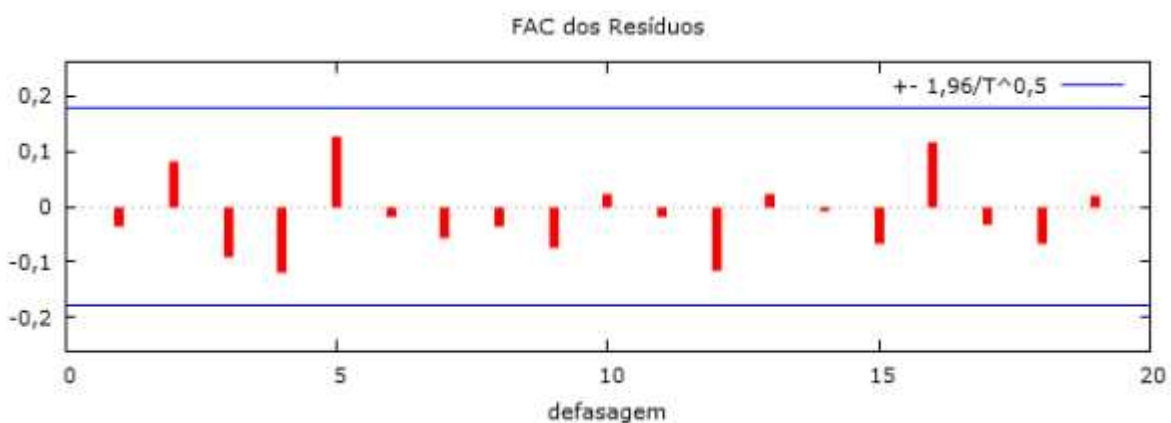
Nesta fase estima-se os modelos sugeridos na etapa de identificação. O melhor modelo, dentre os sugeridos, é selecionado conforme a análise de comparação dos critérios de informação *Akaike Information Criterion* (AIC) e *Schwarz Bayesian Criterion* (SBC). Além

disso, é necessário garantir que o modelo satisfaça as hipóteses de estacionariedade e invertibilidade e a não existência de autocorrelação dos resíduos. Vale destacar também que para Box-Jenkins (1976, *apud* ROCHA, 2013), modelos que garantem maior grau de liberdade, ou seja, não sobreparametrizados, produzem melhores previsões.

### 5.1.3 Etapa de Verificação

De acordo com Werne e Ribeiro (2013, p. 58) a etapa de verificação é utilizada para avaliar por meio da análise de resíduo se os modelos estimados serão “estimativas de ruído branco e, assim, os coeficientes de autocorrelação dos resíduos devem ser estatisticamente iguais a zero”. O gráfico da figura 10 mostra a FAC dos resíduos do modelo que apresentou os melhores resultados de acordo com a metodologia Box-Jenkins.

Figura 10: FAC dos resíduos do modelo SARIMA(1,1,1)(0,1,1)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da ANTT (2017).

O gráfico dos resíduos revela que seu comportamento aleatório é adequado, ou seja, o modelo em análise não apresenta autocorrelação em seus resíduos, não extrapolando os limites de confiança, portanto, comporta-se como um ruído branco. Segundo Werne e Ribeiro (2003), pode-se ainda reforçar a conclusão da análise gráfica de autocorrelação dos resíduos, utilizando o teste de Ljung-Box que verifica a hipótese de erros não correlacionados.

Rocha (2013) ressalta a importância do comportamento dos resíduos de modelos alternativos (concorrentes), sendo necessário verificar a existência de autocorrelação serial entre eles para que a série possa ser explicada pelos coeficientes do modelo ajustado. Isto é observado através da Função de Autocorrelação dos Resíduos (FACr) e Autocorrelação Parcial dos Resíduos (FACPr) que revelam se os resíduos seguem distribuição normal. Vale destacar que nenhum dos modelos testados neste estudo apresentou autocorrelação residual.

Os resultados dos modelos estimados com a série diferenciada em termos regular (nível) e sazonal são apresentados na tabela 1.

*Tabela 1: Síntese dos resultados dos modelos*

<b>Modelo I</b>	<b>Coefficientes</b>	<b>Modelo II</b>	<b>Coefficientes</b>	<b>Modelo III</b>	<b>Coefficientes</b>
AR{1}	0,97	AR{1}	0,54	AR{1}	0,51
p-valor	(0,0000)	p-valor	(9,72e-011)	p-valor	(2,79e-010)
MA{1}	-0,44	AR{2}	0,38	AR{2}	0,40
p-valor	(8,79e-07)	p-valor	(4,36e-06)	p-valor	(9,49e-07)
SMA{1}	-0,78	SMA{1}	-0,75	SMA{1}	-0,83
p-valor	(5,78e-016)	p-valor	(6,14e-016)	p-valor	(4,94e-016)
AIC	-364,9792	AIC	-364,8573	SMA{2}	0,16
SBC	-353,8292	SBC	-353,7073	p-valor	(0,1390)
Q(9)	9,14	Q(9)	11,8	AIC	-364,8258
	(0,42)		(0,22)	SBC	-350,8883
				Q(8)	8,95
					(0.34)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Interpretação dos principais resultados com os modelos ajustados:

- I) Todos os modelos garantem a hipótese de estacionariedade e invertibilidade em seus coeficientes;
- II) De acordo com a estatística Q de Box-Pierce-Ljung, nenhum dos modelos apresentaram problemas de autocorrelação dos resíduos;
- III) Todos os coeficientes de cada modelo foram estatisticamente significativos, exceto o último coeficiente do terceiro modelo. O primeiro modelo foi o que apresentou os melhores resultados conforme os critérios AIC e SBC, seguido pelos modelos 2 e 3 respectivamente. Desta forma, o modelo 1 é o que melhor explica a dinâmica da série temporal de movimentação de cargas pelo modal ferroviário.

## 6 CONCLUSÃO

Buscou-se nesse trabalho analisar o desempenho do modelo de concessões adotado nas ferrovias brasileiras e, além disso, identificar o modelo de série temporal mais adequado para explicar a dinâmica da movimentação de cargas pelas ferrovias, conforme a metodologia Box-Jenkins. Os resultados dos indicadores avaliados neste trabalho mostraram que as concessionárias foram as principais responsáveis pela revitalização das ferrovias aumentando suas movimentações de cargas, a geração de empregos e os investimentos no setor. O modelo mais adequado foi o SARIMA(1,1,1)(0,1,1) em primeira diferença, tanto em nível como sazonal.

O setor ferroviário brasileiro passou por diversas dificuldades em função, principalmente, da carência de capital disponível para seu financiamento. O modelo de concessões se mostrou a alternativa mais adequada, pois os investimentos contínuos realizados pelas concessionárias nas duas últimas décadas além de ter elevado os ganhos de produtividade, também contribuíram para livrar o Brasil da total dependência do modal rodoviário.

Por se tratar de um país de dimensões continentais, existe no Brasil a necessidade de uma nova reestruturação em sua matriz de transportes. A movimentação de cargas pelo setor ferroviário, impulsionada principalmente pelas concessionárias, vem apresentando um crescimento significativo ao longo dos anos, contribuindo dessa forma para a redução do chamado “custo Brasil”. Ademais, vale ressaltar que para se ter uma matriz de transportes equilibrada, o governo terá que promover políticas que priorizem o modal ferroviário, visto que este é o mais adequado para a economia brasileira.

A geração de empregos motivados pelo setor ferroviário ultrapassou a marca de 40 mil no quantitativo de pessoal próprio e terceirizado. Os índices de acidentes também apresentaram resultados positivos, com redução de 86% das ocorrências para o mesmo período, tornando o Brasil referência internacional de segurança em transporte ferroviário de cargas.

O modelo de série temporal escolhido seguiu as etapas de identificação, estimação e verificação, conforme determina a metodologia de Box-Jenkins. O modelo SARIMA (1,1,1)(0,1,1), modelo preferido, não apresentou autocorrelação nos resíduos, garantiu a hipótese de estacionariedade e invertibilidade em seus coeficientes, e foi o que demonstrou os melhores resultados nos critérios de AIC e SBC.

## REFERÊNCIAS

- ANTF. **O Setor Ferroviário de Carga Brasileiro**. Disponível em: <<https://www.antf.org.br/informacoes-gerais/>>. Acesso em 15 out 2018.
- BACCI, Lívio Agnew. Combinação de métodos de séries temporais para previsão da demanda de café no Brasil. **Universidade Federal de Itajubá, Itajubá**, 2007.
- BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial**. 5ª. Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BORGES, Barsanufu Gomides. Ferrovia e modernidade. **Revista UFG**, v. 13, n. 11, 2011.
- BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. O conceito histórico de desenvolvimento econômico. **Texto para discussão EESP/FGV**, v. 157, 2006.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001, 602p
- CASTRO, Newton de. **Estrutura, desempenho e perspectivas do transporte ferroviário de carga**. 2002.
- CNT. Boletim Estatístico-12-2017. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-estatistico-cnt>>. Acesso em 15 nov 2018.
- CNT. Histórico. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/ferrovias/historico.asp>>. Acesso em 12 nov 2018.
- CNT. Confederação Nacional do Transporte (Org.). **O Sistema Ferroviário Brasileiro**. Brasília, 2013. 58 p.
- DA SILVA, Erika Vanessa Alves; BERTONCINI, Bruno Vieira; DA SILVA, Francisco Gildemir Ferreira. **Infraestrutura de transporte e desenvolvimento económico: Uma análise a partir da construção da ferrovia Transnordestina**.
- DE LOSSO, Rodrigo. Econometria de series temporais. **São Paulo: Cengage**, v. 1, p. 363-386, 2011.
- DE OLIVEIRA, Gilson Batista. Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento. **Revista da FAE**, v. 5, n. 2, 2002
- FARIA, A. C.; COSTA, M. F. G. **Gestão de Custos Logísticos**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2008, 431p.
- FARIA, Katon Oliveira Santos. **Estudo da série temporal do preço da arroba do boi gordo da BM&F para o estado de Goiás**. 2015.
- FIGUEIREDO, Kleber Fossati; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter. **Logística Empresarial: A Perspectiva Brasileira**. 1ª. Edição. São Paulo: Atlas, 2014.

- FLEURY, Paulo F. Infraestrutura-sonhos e realidade. **O que esperar do Brasil**, 2013.
- FORMIGONI CARVALHO WALTER, Olga Maria et al. Aplicação de um modelo SARIMA na previsão de vendas de motocicletas. **Exacta**, v. 11, n. 1, 2013.
- FURTADO, Celso. **Desenvolvimento e subdesenvolvimento**. Univ of California Press, 1964.
- GUJARATI, Damodar. M. **Econometria básica**. 3ª ed. São Paulo: Editora Makron Books, 2000.
- ILOS. **Custos logísticos no Braisl**. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/custos-logisticos-no-brasil/>>. Acesso em 10 out 2018.
- JACOBS, William; COSTA, Manfred. Previsão da demanda de um produto industrial utilizando a metodologia de Box-Jenkins. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 3, n. 4, 2012.
- LANG, Aline Eloyse. **As ferrovias no Brasil e avaliação econômica de projetos: uma aplicação em projetos ferroviários**. 2007.
- MARCHETTI, Dalmo dos Santos; FERREIRA, Tiago Toledo. **Situação atual e perspectivas da infraestrutura de transportes e da logística no Brasil**. 2012.
- MARQUES, Vitor; LEAL, José Eugênio; TESSAROLLO, Alexandre. **Um método heurístico de distribuição. Estudo de caso: distribuição de sementes a partir de um Centro de Distribuição**. 2007. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MARTINS, Ricardo Silveira; CAIXETA FILHO, José Vicente. O desenvolvimento dos sistemas de transporte: auge, abandono e reativação recente das ferrovias. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 6, n. 11, 1998.
- MONTEIRO, Luiz Cláudio de Souza. **CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DO DESEMPENHO ECONÔMICO DAS FERROVIAS CONCEDIDAS NO BRASIL**. 2015. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- MORETTIN, P. A; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual editora, 1987
- NATAL, Jorge Luiz Alves. Transporte, ocupação do espaço e desenvolvimento capitalista no Brasil: história e perspectivas. **Ensaio FEE**, v. 12, n. 2, p. 293-307, 1991.
- NOVAES, Antônio Galvão – **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- PADULA, Raphael. Transportes: fundamentos e propostas para o Brasil. **Brasília: Confea**, 2008.
- PELLEGRINI, Fernando Rezende. Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda. **Mestrado em Engenharia de Produção-Departamento de Engenharia de**



**Produção e Transportes. Porto Alegre-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.**

ROCHA, Cristine Fursel. **O transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia.** 2015.

ROCHA, Francisco José Sales; LIMA, Ricardo Chaves. Metodologia box-jenkins de escolha de modelos de séries temporais sazonais: um estudo do comportamento temporal da produção física industrial (PFI) de Pernambuco. In: **Novos desafios na Gestão, Inovação ou renovação?: XII Jornadas Luso-Espanholas de gestão científica.** 2002. p. 192-200.

RUTHES, Jeisson; SALOMÃO, Ivan. O sistema ferroviário brasileiro ao longo da história: das origens à retomada dos investimentos. **Ciências Sociais em Perspectiva**, v. 15, n. 28, p. 169-189.

TAKASAKI, Ely Arima. **O NOVO MODELO BRASILEIRO DE EXPLORAÇÃO FERROVIÁRIA.** 2014. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia do Setor Público, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

TALVIK, Luiz Fernando de Figueiredo. Modelo de Concessão Ferroviário: **uma análise do impacto no desenvolvimento pós-desestatização.** 2014. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

TAYLOR, David A. **Logística na Cadeia de Suprimentos: uma perspectiva gerencial.** Tradução Claudia Freire, São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2005.

VENCOVSKY, Vitor Pires et al. **Ferrovias e logística do agronegócio globalizado= avaliação das políticas públicas e privadas do sistema ferroviário brasileiro.** 2011.

VILAÇA, RODRIGO. Desafios do Crescimento. **Revista Tecnológica**, n. 201, p. 2, 2012.

VILAÇA, RODRIGO. Infraestrutura e competitividade logística. **Revista Tecnológica**, n. 201, p. 98-101, 2012.

WANKE, Peter; FLEURY, Paulo Fernando. Transporte de cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos. **Estrutura e dinâmica do setor de serviços no Brasil. Cap**, v. 12, p. 409-464, 2006.

WERNER, Liane; RIBEIRO, José Luis Duarte. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Gestão e produção. São Carlos, SP. Vol. 10, n. 1 (abr. 2003), p. 47-67, 2003**

WERNER, Liane; RIBEIRO, José Luis Duarte. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Gestão e produção. São Carlos, SP. Vol. 10, n. 1 (abr. 2003), p. 47-67, 2003.**