

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL LOPES TURINO

**APLICAÇÃO DE UMA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DAS REFINARIAS
DE PETRÓLEO BRASILEIRAS**

FRANCISCO BELTRÃO

2018

RAFAEL LOPES TURINO

**APLICAÇÃO DE UMA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DAS REFINARIAS
DE PETRÓLEO BRASILEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Me. Maiquiel Schmidt De Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Vilmar Steffen

FRANCISCO BELTRÃO

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

Aplicação de uma análise de eficiência das refinarias de petróleo brasileiras

Rafael Lopes Turino

Trabalho de Conclusão de Curso

Obtenção do título de Engenheiro Químico

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Francisco Beltrão

Engenharia Química

Data: 18 de junho de 2018

Orientador: Prof. Me. Maiquiel Schmidt De Oliveira

Membro da Banca Prof. Dr. Vilmar Steffen

UTFPR-FB

Membro da Banca Prof^a. Dr^a. Sheila Regina Oro

UTFPR-FB

A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial a Deus por todo auxílio e discernimento concedido para que esse trabalho fosse concluído, aos meus pais, Luis e Sofia, meus irmãos Miguel e Duda, aos meus padrinhos, Marília e Agenor, e à toda minha família por terem demonstrado todo apoio ao longo dos anos e com isso tornado este momento possível.

Agradeço também ao meu orientador Prof. Me. Maiquiel Schmidt de Oliveira e coorientador Prof. Dr. Vilmar Steffen por cederem seu tempo, conhecimento e paciência para que fosse possível a realização deste projeto. Assim também, agradeço aos membros da Banca Examinadora por estarem presente neste momento, auxiliando e enriquecendo meu trabalho.

Aos meus amigos de turma, em especial Gabrielly, Gustavo, Marcos, Paulo e Fabiana que me acompanharam ao longo desses anos e a minha namorada que foi sustento e incentivo para que este trabalho fosse finalizado com êxito.

Por fim, sou grato a todos que fizeram parte destes anos de graduação, e que de alguma forma contribuíram para a construção e conclusão deste trabalho.

RESUMO

Turino, Rafael Lopes. Aplicação de uma análise de eficiência das refinarias de petróleo brasileiras. 2018. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

O Brasil atualmente é o nono maior produtor de petróleo do mundo, sendo dentre os países que não fazem parte da OPEP, o que obteve o maior crescimento de produção, 3,2% no ano de 2016. Em um contexto nacional, o setor petrolífero movimentava em 2014 13% do PIB brasileiro, 10% a mais que em 2000, correspondendo a aproximadamente R\$ 717,8 bilhões. Dentre as indústrias de processos químicos, a indústria petroquímica é uma das que possui o sistema produtivo e de gestão mais complicados. Nesse contexto, o presente trabalho busca avaliar a eficiência das refinarias brasileiras com o intuito de verificar quais aspectos podem ser melhorados para que refinarias ineficientes se tornem eficientes. Para isso, se fez uso da técnica de Análise Envoltória de Dados, orientada a produto, pelo modelo BCC, para avaliar a eficiência de 13 refinarias de petróleo brasileiras, das quais 12 são pertencentes a Petrobras e uma é particular. O modelo foi construído a partir dos insumos Capacidade de Produção e Número de Acessos, e do produto Produção de Derivados. Com isso, obteve-se quatro refinarias eficientes (Replan, Revap, Regap e Lubnor) e uma média de eficiência de 0,8449, apontando para as refinarias ineficientes as folgas existentes em cada insumo e produto e quais refinarias eficientes servem de referência, para que estas atinjam a fronteira de eficiência.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados. Eficiência. Refinarias de petróleo brasileiras.

ABSTRACT

Turino, Rafael Lopes. Application of an analysis of efficiency of petroleum refineries in Brazil. 2018. 44p. Work on completion of the course. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

Brazil is currently the 9th largest producer of oil in the world, being among the countries that are not part of the OPEC, countries which obtained the highest growth of production in recent years, 3.2% in 2016. In a national context the petroleum sector has moved in 2014 13% of the Brazilian GDP, 10% more than in 2000, corresponding to approximately R\$ 717.8 billion. Among the industries of chemical processes, the petrochemical industry is one that has the productive system and management more complicated. In this context, the present study seeks to evaluate the efficiency of refineries in Brazil with the aim of determining which aspects can be improved so that inefficient refineries to become efficient. For this, is done using the technique of Data Envelopment Analysis, guided the product, the BCC model, to evaluate the efficiency of 13 petroleum refineries in Brazil, of which 12 are belonging to Petrobras and one is particular. The model was built from the inputs of production capacity and number of accesses, and product production of derivatives. With this, four efficient refineries were obtained (Replan and Revap, Regap and Lubnor) and a mean efficiency of 0.8449, pointing to the inefficient refineries the existing gaps in each input and product and which efficient refineries serve as a reference, so that they reach the border of efficiency.

Keywords: Data Envelopment Analysis. Efficiency. Petroleum refineries in Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa das Refinarias do Brasil	14
Figura 2: Representação da eficiência técnica utilizando-se dois insumos	17
Figura 3: Representação da eficiência técnica e alocativa.....	17
Figura 4: Retorno constante de escala	19
Figura 5: Retorno crescente de escala.....	19
Figura 6: Retorno decrescente de escala.....	20
Figura 7: Modelo CCR orientado a output.....	24
Figura 8: Modelo BCC orientado a output.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlação entre todos as variáveis do processo	30
Tabela 2: Eficiência das refinarias conforme descrito por EF1	31
Tabela 3: Eficiência das refinarias conforme descrito por EF2	32
Tabela 4: Pesos distribuídos aos insumos e produtos do modelo descrito por EF2.....	33
Tabela 5: Ranking de eficiência das refinarias com restrição de pesos	33
Tabela 6: Pesos distribuídos aos insumos e produtos do modelo descrito por EF2.....	35
Tabela 7: Estatísticas do modelo escolhido.	35
Tabela 8: Frequência com que as refinarias eficientes foram referência para as ineficientes.....	36
Tabela 9: Percentual de contribuição das refinarias eficientes para as refinarias ineficientes.....	37
Tabela 10: Folgas e projeções para cada insumo e produto por refinaria.....	38
Tabela 11: Retorno de escala para cada uma das refinarias analisadas	40

LISTA DE SIGLAS

AM	Amazonas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
AR	<i>Assurance Region Method</i>
BA	Bahia
BCC	Banker, Charnes e Rhodes
CCR	Charles, Cooper e Rhodes
CE	Ceará
Dax Oil	Dax Oil Refino S. A.
DEA	Análise Envoltória de Dados
DMU	Unidade de tomada de decisão
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
Lubnor	Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste
MG	Minas Gerais
PE	Pernambuco
Petrobras	Petróleo Brasileiro S.A.
PIB	Produto Interno Bruto
PR	Paraná
QAV	Querosene de aviação
Recap	Refinaria de Capuava
Reduc	Refinaria Duque de Caxias
Refap	Refinaria Alberto Pasqualini S.A.
Regap	Refinaria Gabriel Passos
Reman	Refinaria Isaac Sabbá
Repar	Refinaria Presidente Getúlio Vargas
Replan	Refinaria de Paulínia
Revap	Refinaria Henrique Lage
Riograndense	Refinaria de Petróleo Riograndense S.A.
RJ	Rio de Janeiro
Rlam	Refinaria Landulpho Alves
Rnest	Refinaria Abreu e Lima
RPBC	Refinaria Presidente Bernardes
RPCC	Refina Potiguar Clara Camarão
RS	Rio Grande do Sul
SP	São Paulo
TRANSPETRO	Petrobras Transporte S.A.
Univen	Univen Refinaria de Petróleo Ltda.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	REFINARIA	13
2.2	PRODUTIVIDADE	15
2.3	EFICIÊNCIA	16
2.4	EFICÁCIA	18
2.5	RETORNOS DE ESCALA	18
2.5.1	Retorno Constante de Escala	18
2.5.2	Retorno Crescente de Escala	19
2.5.3	Retorno Decrescente de Escala	20
2.6	TÉCNICAS PARAMÉTRICAS	21
2.7	TÉCNICAS NÃO PARAMÉTRICAS	21
2.8	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	22
2.8.1	Modelo CCR	23
2.8.2	Modelo BCC	24
2.8.3	<i>Cone ratio</i>	26
3	METODOLOGIA	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	46
	ANEXOS	50

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa atualmente o nono lugar dentre os maiores produtores de petróleo do mundo, sendo dentre os países que não fazem parte da OPEP, o que obteve o maior crescimento de produção, 3,2% no ano de 2016. Em de 2016, o parque de refino Brasileiro contava com uma capacidade de produção de 2,4 milhões de barris por dia, sendo processados aproximadamente 1,83 milhões de barris por dia, dos quais 83,1% eram de origem nacional, o que representa grande parte do produto Interno Bruto brasileiro. No ano 2000 o setor petroquímico representava cerca de 3% das riquezas do país, contudo em 2014 já representava aproximadamente 13% do PIB nacional, correspondendo a R\$ 717,8 bilhões de reais (IBGE, 2015).

No âmbito da Indústria de Processos Químicos, um dos segmentos que possui um sistema produtivo e gestão da cadeia de suprimentos mais complexos é o petrolífero, por envolver esquemas de refino complexos, diversas qualidades de matéria-prima (petróleos com diferentes características), produtos diversos e que devem ser produzidos atendendo a restrições ambientais cada vez mais rígidas. No entanto, além de um elaborado sistema de produção de derivados, estes e o óleo bruto precisam ser transportados, exigindo assim a gestão das operações de transporte segundo diferentes modais (marítimo, fluvial, rodoviário, dutoviário) entre plataformas, terminais, refinarias, e centros de distribuição (JOLY, 2012).

O petróleo é uma mistura, composta por gases, líquidos e sólidos, de coloração variante entre preto, marrom e verde, composto predominantemente por hidrocarbonetos (cerca de 90%) e contaminantes, como enxofre, íons metálicos, oxigênio e nitrogênio (ANP, 2018).

Existem diversas maneiras de se classificar o petróleo, entre elas tem-se a de óleo leve ou pesado, sendo os óleos leves aqueles que possuem menor densidade, enquanto que pesados os com alta densidade. O petróleo leve possui propriedades capazes de produzir derivados de maior valor agregado, enquanto que o pesado é utilizado na produção de produtos menos nobres.

Em seu estado natural, o qual é extraído, pode ser apenas utilizado como fornecedor de energia através da combustão, contudo indústrias especializadas e sofisticadas empregam o petróleo como matéria prima para produção de diversos derivados utilizados na sociedade atual (BRASIL; ARAÚJO; SOUSA, 2014).

A indústria responsável pelo processamento do petróleo é a refinaria, que transformam o óleo bruto em derivados que possuam valor comercial, como gasolina, gás liquefeito de petróleo (GLP), diesel, querosene, asfalto e outros produtos. Esta transformação ocorre por meio de etapas físicas e químicas de separação, onde após estes processos se tem grandes frações que passam por outra série de técnicas de separação e também de conversão, afim de fornecer os derivados finais (MARIANO, 2001). Além dessa transformação do óleo em derivados as refinarias possuem o papel de coloca-los dentro das normas, entre elas normas ambientais e de segurança (ANP, 2018). Muitas vezes nas refinarias, são misturados diversos tipos de petróleo afim de se atingir as características desejadas com um menor custo possível.

As refinarias são constituídas de unidades de refino, unidades de tratamento de efluentes, tanques de armazenamento de petróleo, tanques para armazenamento de derivados e contam também com diversos acessos, tanto para o escoamento de derivados quanto para receber óleo bruto.

Entre as principais unidades de refino encontram-se as unidades de separação, como destilação atmosférica e a vácuo, desasfaltação a propano; unidades de conversão como reforma catalítica, craqueamento catalítico, alquilação catalítica, hidrocraqueamento, coqueamento retardado; unidades de tratamento, como tratamento Cáustico Regenerativo, tratamento com Mono-Etanol-Amina; e unidades auxiliares como geração de hidrogênio (CORRÊA, 2009).

Além dos terminais externos, próprios ao armazenamento de petróleo e derivados, as refinarias possuem uma determinada capacidade de armazenamento interno, onde todas juntas possuem a capacidade de armazenar cerca de 5,5 milhões de metros cúbicos de petróleo e 12 milhões de metros cúbicos de derivados. Contudo, o Brasil nos últimos anos tem ultrapassado a marca de 100 milhões de metros cúbicos processados por ano. Portanto as refinarias possuem uma capacidade de armazenamento significativamente inferior à produção, o que implica em uma necessidade de transporte e distribuição eficientes (ANP, 2017).

O escoamento do óleo bruto e derivados, no Brasil, ocorre principalmente através de quatro modais, o rodoviário, ferroviário, hidroviário e dutoviário. Segundo Ribeiro (2002), seu custo varia de 4% a 25% do faturamento bruto, em alguns casos superando até o lucro operacional da empresa. No Brasil o modal rodoviário é o mais utilizado (65 a 75% do transporte), contudo trata-se do segundo mais caro, estando atrás apenas do aéreo, o que reflete diretamente no gasto logístico da empresa. Desta

forma, uma boa distribuição dos acessos em uma refinaria é de grande importância, uma vez que pode influenciar diretamente no lucro da empresa.

Grande parte do PIB brasileiro é devido a indústria petroquímica, contudo esta é uma indústria que possui um complexo sistema de produção, o que leva muitas vezes a operar abaixo de sua capacidade máxima. Fazendo com que as mesmas obtenham um lucro inferior quando comparado ao que se poderia obter com capacidades maiores de operação.

Além disto o setor de transporte no Brasil possui grandes dificuldades devido à grande extensão territorial do país e a predominância excessiva do modal rodoviário quando comparado aos demais.

O presente estudo possui como objetivo geral identificar por meio da técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) quais refinarias inseridas no cenário nacional são eficientes e servem de referência para as demais refinarias.

Tem também como objetivos específicos avaliar as folgas existentes em cada insumo e produto em cada refinaria, além de avaliar em um contexto nacional o número de acessos das refinarias de petróleo brasileiras, bem como suas capacidades de produção e produções.

Tal modelo permite avaliar como as refinarias ineficientes podem atingir a fronteira da eficiência, tornando este setor da indústria brasileira ainda mais forte em um contexto internacional e até mesmo nacional, proporcionando maior PIB ao país e buscando a autossuficiência de petróleo e derivados no Brasil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REFINARIA

A transformação do petróleo bruto em derivados de valor agregado é feita pelas refinarias por meio de um elaborado esquema de refino, o que faz com que o contexto industrial no qual a refinaria está inserida as condicione a diversas restrições, como disponibilidade e qualidade associada aos campos produtores, concernentes à logística de recebimento e distribuição, por meio dos modais, e às características físico químicas do petróleo, além de diversas restrições de qualidade (BRASIL; ARAÚJO; SOUSA, 2014)..

Os principais processos utilizados na transformação do petróleo em produtos de valor agregado são os processos de separação, de conversão e de tratamento, onde o primeiro é geralmente feito por meio da diferença nos pontos de ebulição entre os componentes da carga; o segundo é feito utilizando-se de reações químicas, possuem alta rentabilidade, principalmente quando aplicados na conversão de frações de baixo valor agregado (gasóleos e resíduos) em frações de maior valor (naftas, querosene, diesel); por fim os processos de tratamento são utilizados para melhorar a qualidade dos derivados, assim como os processos de conversão são feitos por meio de etapas químicas, contudo estas não objetivam promover mudanças nas frações e sim eliminar contaminantes (BRASIL; ARAÚJO; SOUSA, 2014).

Como citado por Brasil, Araújo e Sousa (2014) uma das restrições ao processo de refino é sua logística de recebimento e distribuição do petróleo. O qual pode ser feito por meio do transporte rodoviário, aquaviário, ferroviário e dutoviário.

O transporte ferroviário possui alto valor de implantação, contudo para o transporte a longas distancias e de grandes volumes, seu custo é baixo; o transporte aquaviário engloba os transportes feitos em rios, lagos, mares ou oceanos, seu valor de implementação é praticamente nulo, possuindo como principal desvantagem a velocidade do transporte e sua flexibilidade; o transporte rodoviário é o em maior utilização no Brasil, possuindo baixo custo de implantação, mas valores de fretes altos, sendo menos competitivo a longas distancias, quando comparado aos demais modais; por fim o modal dutoviário possui alto custo de implantação mas como

litorânea, na qual também se encontram as maiores reservas de petróleo brasileiras, o que facilita o escoamento de petróleo entre refinarias e poços de petróleo (ANP, 2017).

2.2 PRODUTIVIDADE

Uma das formas de se avaliar uma empresa é por meio da sua capacidade de transformar insumos em produtos, conceito esse definido como produtividade (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Coelli et. al. (1997) a produtividade pode ser definida como a relação entre a quantidade de insumos necessários para produzir uma determinada quantidade de produtos, conforme a Equação (1):

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Produtos}}{\text{Insumos}} \quad (1)$$

A produtividade em uma empresa pode ser utilizada para diversas finalidades, citadas por Moreira (1991) e Oum et. al. (1992):

- Como ferramenta gerencial, para verificar efeitos de mudanças organizacionais, ou de introdução de novos processos de produção, para avaliar abertura de novos mercados ou introdução de novos produtos, entre tantos outros.
- Como forma de prever necessidades de mão-de-obra, isto é, partindo-se da previsão quanto à expansão na demanda e tendências de aumento na produtividade, pode-se determinar a força de trabalho necessária para atender à produção, face a tecnologia empregada.
- Para comparar a performance de indivíduos ou departamentos em uma mesma empresa, ou entre indústrias.
- Para medir o desempenho de uma empresa ou indústria através do tempo.

- Para comparar a performance de empresas/indústrias sob regimes políticos públicos alternativos, por exemplo, regulamentação e/ou propriedade do governo.

Segundo Oliveira (2013), para uma boa análise de produtividade e para a comparação entre a produtividade de empresas, é necessário verificar se as mesmas dispõem de insumos e produtos semelhantes.

2.3 EFICIÊNCIA

A eficiência de um objeto de análise é dada pela razão entre a produtividade alcançada pela produtividade máxima possível, assumindo assim um valor máximo de um (FERREIRA e GOMES, 2009).

$$\text{Eficiência} = \frac{P}{P_{\max}} \quad (2)$$

A eficiência de produção é decomposta em duas, a eficiência alocativa e a eficiência técnica. A eficiência técnica é obtida quando se utiliza a mínima quantidade de insumos para produzir determinado nível de produto, ou o contrário, quando se produz um máximo de produtos para um determinado nível de insumos. A eficiência alocativa é obtida quando se tem sucesso na escolha das proporções de insumos que maximizem o lucro (PEARSON, 1993).

Considerando que uma empresa utilize dois insumos X e Y, para produzir uma determinada quantidade de produto, tem-se na Figura 2, portanto todas as combinações possíveis entre esses, e sobre a isoquanta estão os pontos capazes de atingir tal quantidade de produto com o mínimo de insumos, ou seja, os pontos de eficiência técnica. Já qualquer ponto acima da isoquanta não é efetivo, uma vez que com uma menor quantidade de insumos é possível obter a mesma quantidade de produtos.

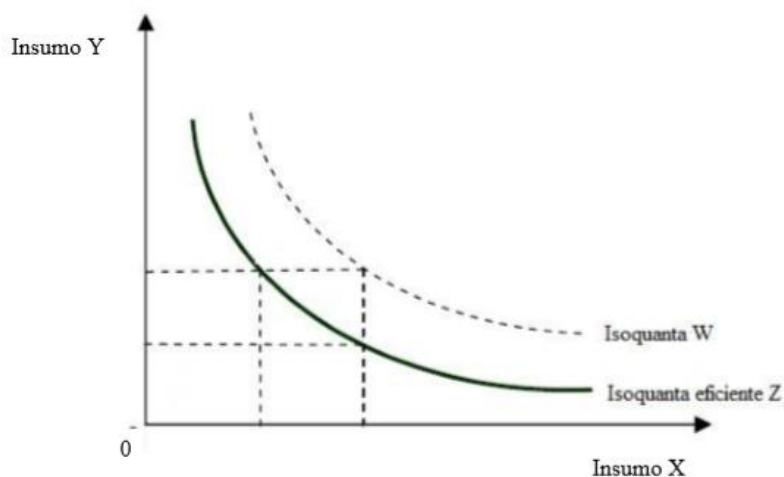


Figura 2: Representação da eficiência técnica utilizando-se dois insumos

Fonte: Oliveira (2013).

A Figura 3 representa os mesmos dados da Figura 2, no entanto foi adicionado a reta tracejada, representando as combinações de insumos que apresentam um mesmo custo, desta forma uma análise da Figura 3, demonstra que os pontos A e B são tecnicamente eficientes, uma vez que estão sobre a isoquanta, no entanto a empresa A é alocativamente ineficiente quando comparada a empresa B, pois a última consegue produzir a mesma quantidade com menor custo de insumos.

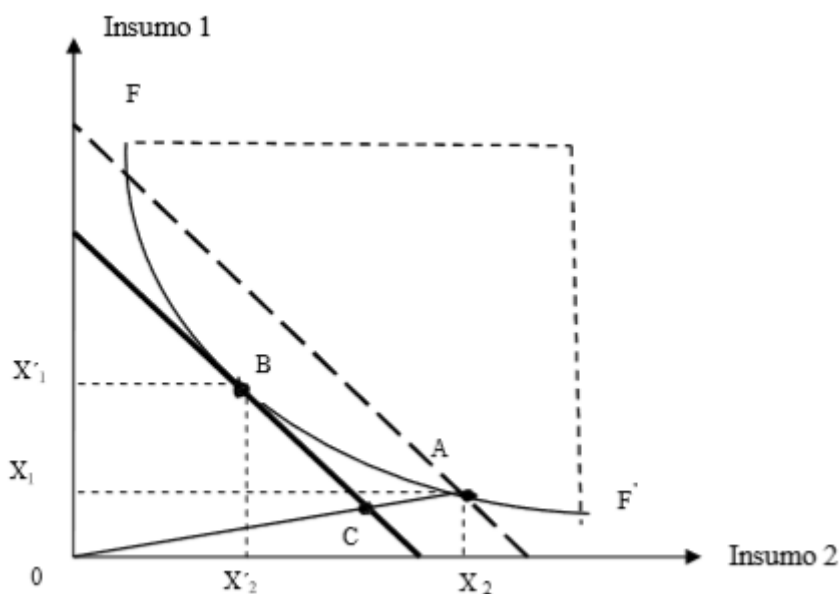


Figura 3: Representação da eficiência técnica e alocativa

Fonte: Oliveira (2013).

A eficiência pode ser calculada como eficiência relativa, termo que surgiu com Farrel (1957), levando-se em consideração a relação com outros objetos de análise que utilizem de *inputs* e *outputs* semelhantes. Ainda segundo o autor, é melhor se avaliar a eficiência em relação a outras do que a um ideal inatingível (RIOS, 2005).

2.4 EFICÁCIA

Muitas vezes o termo eficácia é utilizado como eficiência, contudo os termos possuem significados diferentes. A eficácia é caracterizada pelo alcance de um objetivo pré-estabelecido, sem levar em conta os insumos e recursos utilizados nem como os mesmos foram usados, ou seja, não há uma análise estatística ou técnica dos dados (FERREIRA e GOMES, 2009).

2.5 RETORNOS DE ESCALA

Quando se trabalha com insumos variáveis em uma empresa, onde esses são aumentados em proporções iguais, podem ocorrer três situações em relação ao produto (MANSFIELD, 1980). Pode-se ter retornos constantes, decrescentes e crescentes de escala.

2.5.1 Retorno Constante de Escala

Ocorre quando a produção aumenta exatamente na mesma proporção que os insumos, gerando isoquantas equidistantes uma das outras, conforme demonstra a Figura 4 (MANSFIELD, 1980):

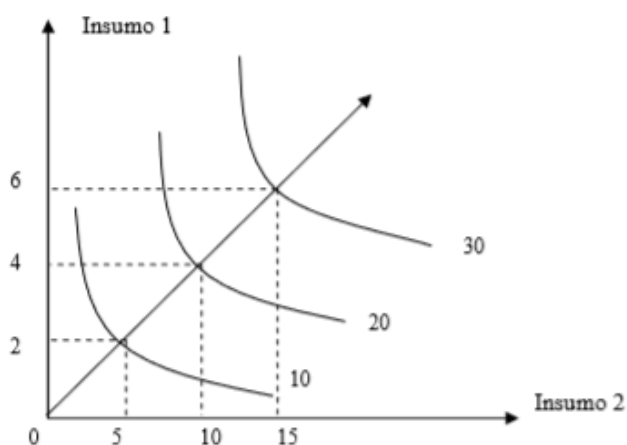


Figura 4: Retorno constante de escala

Fonte: Mansfield (1980).

Pode-se observar que dobrando os insumos de 2 e 5 para 4 e 10, houve um aumento na produção de 10 para 20, caracterizando assim o retorno constante de escala, conforme definido por Mansfield (1980).

2.5.2 Retorno Crescente de Escala

Ocorre quando a produção aumenta numa proporção maior que os insumos, o que faz com que as isoquantas se tornem cada vez mais próximas, como é demonstrado na Figura 5 (MANSFIELD, 1980):

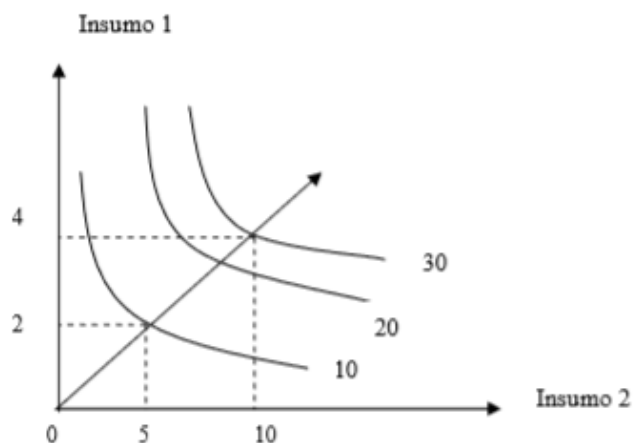


Figura 5: Retorno crescente de escala

Fonte: Mansfield (1980).

Pode-se observar que dobrando os insumos de 2 e 5 para 4 e 10, houve um aumento na produção de 10 para 30, ou seja, essa aumentou em uma proporção maior do que os insumos, caracterizando assim o retorno crescente de escala, conforme o definido por Mansfield (1980).

2.5.3 Retorno Decrescente de Escala

Ocorre quando a produção aumenta numa proporção menor que os insumos, o que faz com que as isoquantas se tornem cada vez mais distantes, conforme a Figura 6 (MANSFIELD, 1980):

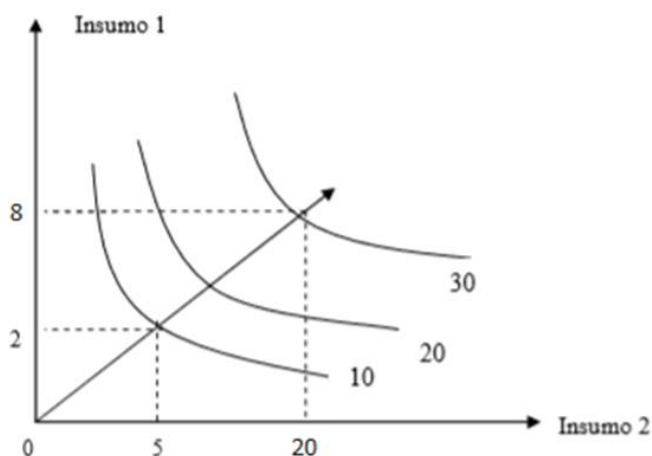


Figura 6: Retorno decrescente de escala

Fonte: Mansfield (1980).

Pode-se observar que aumentando em quatro vezes os insumos de 2 e 5 para 8 e 20, houve um aumento na produção de 10 para 30, ou seja, essa aumentou em uma proporção menor do que os insumos, caracterizando assim o retorno decrescente de escala, conforme o definido por Mansfield (1980).

2.6 TÉCNICAS PARAMÉTRICAS

Existem diversos métodos de se determinar a eficiência, entre estes se encontram as técnicas paramétricas. Para isto é necessário saber como os insumos e produtos se relacionam, para a partir deles se estimar um modelo funcional do problema. As técnicas paramétricas fazem a comparação a partir da média das eficiências e não em relação às melhores eficiências.

Porém, entre as desvantagens de se utilizar um método paramétrico tem-se que o mesmo só permite a utilização de um insumo e de um produto, a não ser que vários insumos ou produtos sejam agregados em apenas um insumo ou produto (HERRERO, 2005).

Dentre as técnicas paramétricas existem os modelos com fronteiras determinísticas e os de fronteiras estocásticas. O primeiro considera que toda ineficiência é devido à ineficiência técnica; já no segundo, os impactos causados por variações aleatórias dos insumos podem ser separados das ineficiências causadas por problemas técnicos (ACOSTA, 2008).

2.7 TÉCNICAS NÃO PARAMÉTRICAS

As técnicas não paramétricas realizam o cálculo da eficiência por meio de programação linear, estabelecendo uma fronteira de melhor prática, esta que é criada a partir de todas as combinações convexas das unidades existentes, sendo as unidades situadas abaixo da fronteira consideradas ineficientes (ACOSTA, 2008).

Os métodos não paramétricos surgiram com o objetivo de calcular a eficiência de uma unidade por meio da comparação entre essas e a fronteira de produção, a partir dos pontos gerados da combinação de insumos e produtos estabelece-se uma medida de eficiência através da distância entre este ponto e a sua projeção na fronteira (PORTELA, 2002).

2.8 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Dentre as técnicas não paramétricas têm -se a Análise Envoltória de Dados (DEA). Método que surgiu em 1978, proposto por Charnes et al. (1978), é um método não paramétrico de análise de eficiência, baseado em programação linear, definindo a eficiência de uma unidade em relação as melhores unidades observadas (VASCONCELOS et al, 2006).

A Análise Envoltória de Dados, faz uma análise comparativa entre as DMU's (Unidade de tomada de decisão) a serem analisadas, onde as DMU's são o objeto de análise, podendo ser um determinado produto, segmento de empresas, departamentos, divisões, entre outros.

O objetivo do DEA consiste em comparar as DMU que realizam tarefas similares, como a produção de derivados de petróleo, no entanto diferenciando-se uma das outras pela quantidade de *inputs* (insumos) que consomem e de *outputs* (produtos) que produzem (MELLO et al, 2003).

Essa técnica permite ainda que insumos e produtos tenham unidades diferentes, ou seja, não é necessário estabelecer relações funcionais entre os insumos e produtos (FERREIRA e GOMES, 2009). Entretanto, a principal desvantagem do método é que este não permite avaliar se o índice de eficiência de uma DMU específica é estatisticamente significativo, pois sua eficiência resulta de uma programação linear e não de um modelo estatístico (ACOSTA, 2008).

As melhores unidades são aquelas que exibem os maiores *outputs* (valores dos produtos) em relação as outras DMU's em um dado número de *inputs* (valores dos insumos) ou aquelas que utilizam um menor montante de *inputs* para atingir um determinado número de *outputs*, sendo o primeiro dito orientado ao produto e o segundo dito orientado ao insumo.

A DEA é uma técnica eficiente em séries de unidades de produção em termos de múltiplos *inputs* e *outputs*, onde cada DMU tem sua eficiência calculada comparando-se os seus *inputs* e *outputs* com todas as outras DMU's do problema (VASCONCELOS et al, 2006). Para resolução de um problema por meio da DEA não se sabe o peso de cada insumo e produto em análise, uma vez que estes serão calculados pelo próprio modelo admitindo-se uma função objetivo que visa maximizar a eficiência da unidade (ACOSTA, 2008). Desta forma uma unidade ineficiente é

aquela que mesmo com os melhores conjuntos de pesos para seus insumos e produtos não conseguem atingir a fronteira da eficiência.

Existem dois modelos que são frequentemente usados, o CCR e o BCC, onde o modelo CCR é utilizado para retornos constantes de escala e o modelo BCC é uma extensão do modelo CCR para que se possa utilizar retornos crescentes, constantes e decrescentes de escala. Devido a essa característica esse modelo permite comparar unidades de portes distintos (MOURA, 2014).

2.8.1 Modelo CCR

O modelo CCR é o modelo original, descrito por Charnier, Cooper e Rhodes, ele utiliza de retornos constantes de escala, podendo ser orientado tanto a *input* quanto ao *output*. Sua eficiência é calculada por meio da média ponderada de produtos em função da média ponderada dos insumos, atingindo um valor máximo de um (AGUIAR JUNIOR, 2016). Ferreira e Gomes (2009) definem o modelo, quando orientado a produto como:

$$\begin{aligned} &\text{Minimizar } E_{t_o} = \sum_{i=1}^r v_i x_{i_o} \\ &(\mu, v) \end{aligned} \quad (3)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^s \mu_j y_{j_o} = 1 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &\sum_{j=1}^s \mu_j y_{j_k} - \sum_{i=1}^r v_i x_{i_k} \leq 0, \forall k \\ &\mu_j, v_i \geq 0, \forall i, j \end{aligned} \quad (5)$$

Em que, x representa o insumo, y o produto, v_i o peso do insumo, μ_j o peso do produto, x_{i_o} é o valor de insumo para a unidade observada e y_{j_o} é o valor do produto para a unidade observada. A Figura 7 representa o modelo CCR orientado a produto.

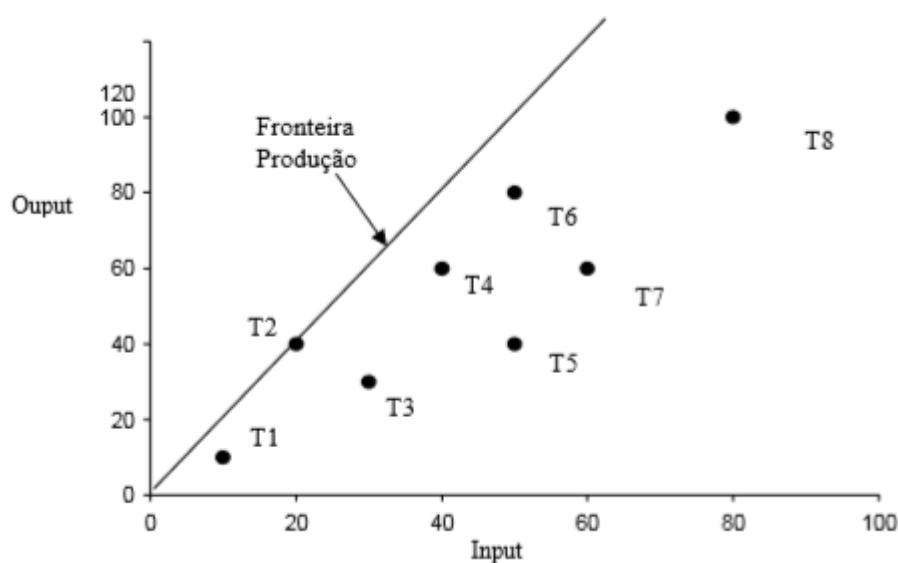


Figura 7: Modelo CCR orientado a output
Fonte: Rios (2005).

A DMU T2 está sobre a fronteira de eficiência, portanto é considerada eficiente, já todas as demais DMUs estão abaixo dessa fronteira, caracterizando-se como ineficientes.

2.8.2 Modelo BCC

Assim como o modelo CCR o modelo BCC possui como título as iniciais de seus fundadores, sendo eles Banker, Charnes e Cooper, tendo como principal diferença para o modelo CCR, permitir a retornos variáveis de escala. Devido a esta característica o modelo BCC possibilita uma variação da produtividade máxima em função da escala de produção, ou seja, possibilita a comparação de unidades com portes distintos (KASSAI, 2002). Ferreira e Gomes (2009) definem o modelo, quando orientado a produto como:

$$\text{Minimizar } E_{t_0} = \sum_{i=1}^r v_i x_{i_0} + v_0 \quad (6)$$

(μ, v)

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^s \mu_j y_{j_o} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^s \mu_j y_{j_k} - \sum_{i=1}^r v_i x_{i_k} + v_0 \leq 0, \quad \forall k \quad (8)$$

$$\mu_j, v_i \geq 0, \quad \forall i, j$$

A Figura 8 representa o modelo BCC quando este é orientado ao produto.

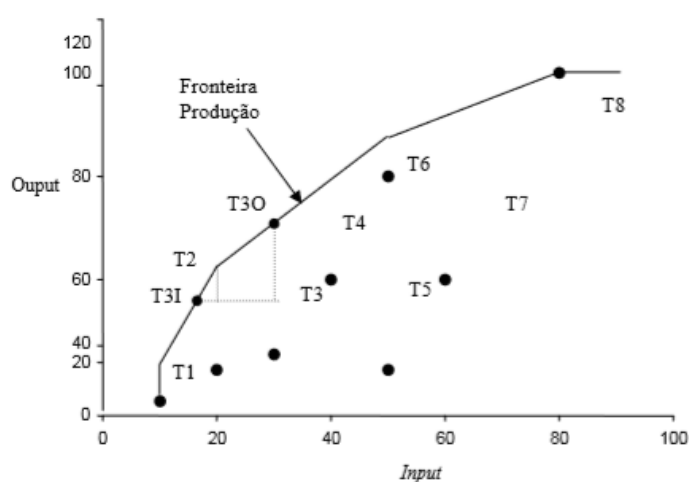


Figura 8: Modelo BCC orientado a *output*
Fonte: Rios (2005).

As DMU T1, T2 e T8 estão sobre a fronteira de eficiência, portanto são consideradas eficientes, já todas as demais DMUs estão abaixo dessa fronteira, caracterizando-se como ineficientes. Comparando-se com o modelo CCR (Figura 7), este modelo por permitir retornos variáveis de escala gera uma fronteira com diversos segmentos de reta, possibilitando que DMUs de portes distintos cheguem a eficiência, ao contrário do que é observado no modelo CCR, no qual apenas a DMU T2 obteve eficiência técnica. Na figura também é possível observar as projeções de T3 quando orientada ao insumo e quando orientada ao produto, correspondendo ao quanto esta DMU precisa se deslocar em cada um dos casos para encontrar a eficiência.

2.8.3 Cone ratio

Os modelos CCR e BCC ao considerarem mais de um insumo e/ou mais de um produto, para maximizar a eficiência, podem atribuir pesos zeros a algumas variáveis do modelo, para contornar tal problema existem técnicas de restrições, entre elas o método *Cone Ratio*, no qual se utiliza dos menores (exceto zero) e maiores pesos obtidos em um modelo inicial sem restrições, relacionando-os até que se encontre um modelo no qual não ocorra peso zero.

Trata-se de um método que impõe restrições aos pesos atribuídos pelos modelos para os insumos e produtos, por meio de uma relação entre os pesos obtidos. A qual é descrita por Maldaner *et al.* (2017) conforme a Equação (9):

$$L_{1,2} \leq \frac{v_j}{v_i} \leq U_{1,2} \quad (9)$$

Em que, $L_{1,2}$ é o limite inferior, $U_{1,2}$ é o limite superior, v_i e v_j são os pesos dos insumos i e j , respectivamente.

Sendo os limites definidos por meio da variação entre os pesos atribuídos pelas DMUs e sendo estes restringidos gradativamente até que se atinja uma variação razoável para as variáveis analisadas. Outro critério que pode ser utilizado é a verificação da relação média entre os pesos das variáveis, insumos ou produtos, definindo seus limites por meio de um determinado valor de desvios padrões distantes dessa média (ACOSTA et al., 2011).

3 METODOLOGIA

A análise da eficiência das refinarias de petróleo brasileiras foi feita por meio da técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA), por meio do modelo BCC com restrição de pesos, orientado ao produto, uma vez que a produção é a variável controlável do processo, podendo aumentar ou diminuir com maior facilidade do que os insumos, como o número de acessos que necessitaria a construção de uma nova rodovia por exemplo, ou a capacidade de produção que precisaria aumentar o porte da indústria.

Para aplicação da DEA foi feito um levantamento de dados, com a finalidade de se definir os *inputs* a serem avaliados na análise, bem como o (s) *outputs*.

As variáveis que poderiam vir a ser dados de insumos (*inputs*) considerados no projeto são a área da refinaria, o número de acesso que ela possui, sua capacidade de produção, o número de unidades produtivas que possui, sua capacidade de armazenamento de petróleo e sua capacidade de armazenamento de derivados. Sendo o único *output* a produção de derivados.

A área da refinaria considerada é a sua área total e não apenas a parcela de área construída da mesma, sendo obtidos em Petrobras (2018) e Greco e Romão (2012).

O número de acessos leva em conta os oleodutos e gasodutos ligados à refinaria, as rodovias as quais ela possui acesso, assim como as ferrovias e se há possibilidade do transporte hidroviário, sendo contabilizado cada acesso e não apenas se há aquele modal de acesso ou não. Os dados de acesso dutoviário, de oleodutos e gasodutos, foram obtidos no anuário estatístico da ANP (2017) e no mapa de dutos e oleodutos da TRANSPETRO (2018). Já os dados de acesso ferroviário utilizaram-se dos dados da ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres) (2018), sendo contabilizada a ferrovia como acesso caso passe pela cidade na qual está instalada a refinaria. Por fim, para os modais hidroviário e rodoviário utilizou-se da ferramenta mapas do Google para avaliar o acesso entre esses e as refinarias.

A capacidade de produção leva em conta todo o potencial de produção da refinaria por dia, ou seja, quanto de petróleo pode ser convertido em derivados em um dia na refinaria.

Quanto a suas capacidades de armazenamento de petróleo e de derivados, correspondem a seus potenciais de armazenamento de petróleo cru e de seus derivados, os quais são separados em duas variáveis. Onde tanto as capacidades de produção quanto as de armazenamento foram retiradas do anuário estatístico da ANP (2017).

O número de unidades produtivas é o número de unidades geradoras de produtos de cada refinaria, desconsiderando as unidades de tratamento de rejeitos, valores retirados em Petrobras (2018), Greco e Romão (2012) e o número de unidades da refinaria Riograndense foi obtido por meio de contato via e-mail.

Por fim, a produção de derivados é quanto foi produzido na refinaria por dia no ano de 2016, ou seja, uma média da produção diária ao longo de um ano. Na modelagem qual derivado é produzido não é levado em conta, sendo considerados todos os produtos juntos. Os valores de produção foram obtidos no anuário estatístico da ANP (2017).

Para a seleção dos insumos foi utilizada a correlação linear entre eles e o produto, por meio da função *correl* do *Microsoft Excel*, o qual realiza a correlação segundo a Equação (10), buscando-se sempre uma alta correlação, resultados e dados coerentes.

$$\rho_{x,y} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (10)$$

Onde, $\rho_{x,y}$ corresponde a correlação, $Cov(X,Y)$ a covariância e σ_x e σ_y aos desvios padrões em x e y respectivamente.

Para resolução dos modelos fui utilizado o software DEA-solver versão 8.0®, utilizando o modelo orientado a produto, com restrição por meio da técnica Assurance Region Method – AR, responsável por inserir as restrições no modelo conforme a técnica de *cone ratio* prevê.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência técnica das refinarias de petróleo brasileiras foi encontrada por meio de uma análise feita acerca das 13 maiores refinarias atualmente em operação no Brasil, referindo-se à capacidade de produção. Sendo elas: Refinaria de Paulínia (Replan – SP), Refinaria Landulpho Alves (Rlam – BA), Refinaria Henrique Lage (Revap – SP), Refinaria Duque de Caxias (Reduc – RJ), Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Repar – PR), Refinaria Alberto Pasqualini S.A. (Refap – RS), Refinaria Presidente Bernardes (RPBC – SP), Refinaria Gabriel Passos (Regap – MG), Refinaria de Capuava (Recap – SP), Refinaria Isaac Sabbá (Reman – AM), Refinaria Abreu e Lima (Rnest – PE), Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste (Lubnor – CE) e Refinaria de Petróleo Riograndense S.A. (Riograndense – RS), sendo a última particular e as demais pertencentes a Petrobras. Não foram utilizadas no presente trabalho as refinarias Dax Oil Refino S.A. (Dax Oil – BA) e Univen Refinaria de Petróleo Ltda. (Univen – SP) devido à falta de alguns dados e a seus portes serem demasiadamente inferiores quando comparados a maior refinaria em operação, respectivamente 2% e 0,5% da capacidade de operação da refinaria Replan. Além destas, foram retiradas da análise a Refinaria de Petróleos Manguinhos S.A. (Manguinhos – RJ) que está fora de operação devido a problemas judiciais, e a Refina Potiguar Clara Camarão (RPCC – RN) que não está em operação.

Para elaboração do modelo a ser utilizado é necessário a seleção de duas a três variáveis de entradas dentre as disponíveis (Anexo A), a escolha dessas no presente estudo foi feita de acordo com a correlação linear entre os insumos e o produto, visando sempre uma alta correlação, e fazendo-se uma avaliação da relação entre as variáveis de boa correlação até que se encontre um modelo com boa representatividade do problema. Primeiramente foi calculado a correlação linear entre todas as variáveis do processo, conforme mostra a Tabela 1:

Tabela 1: Correlação entre todos as variáveis do processo

Variável	Área	Capacidade de Produção	Número de Acessos	Unidades Produtivas	Capacidade de Armazenamento de Petróleo	Capacidade de Armazenamento de Derivados	Produção
Área	1,00	0,51	0,41	0,55	0,57	0,65	0,59
Capacidade de Produção	0,51	1,00	0,68	0,63	0,83	0,85	0,98
Número de Acessos	0,41	0,68	1,00	0,64	0,62	0,75	0,69
Unidades Produtivas	0,55	0,63	0,64	1,00	0,63	0,68	0,61
Capacidade de Armazenamento de Petróleo	0,57	0,83	0,62	0,63	1,00	0,94	0,88
Capacidade de Armazenamento de Derivados	0,65	0,85	0,75	0,68	0,94	1,00	0,91
Produção	0,59	0,98	0,69	0,61	0,88	0,91	1,00

Fonte: Próprio autor, 2018.

A partir dos valores de correlação foi feita a escolha de um insumo e um produto para elaboração do primeiro escore de eficiência. No presente trabalho foi utilizado o valor de Capacidade de Produção de cada refinaria como insumo e a produção como produto, gerando assim o primeiro quociente de produtividade, a partir do qual foi feita a eficiência (Equação (11)), dividindo-se a produtividade de cada refinaria pela maior produtividade encontrada.

$$EF1 = \frac{\text{Produção}}{\text{Capacidade de Produção}} \quad (11)$$

A partir da equação (11), gerou-se os escores de eficiência do primeiro modelo, conforme descreve a Tabela 2:

Tabela 2: Eficiência das refinarias conforme descrito por EF1

Refinaria	Eficiência
Replan (SP)	1
Lubnor (CE)	1
Revap (SP)	1
Regap (MG)	1
Recap (SP)	0,9578
RPBC (SP)	0,9307
Riograndense (RS)	0,9281
Repar (PR)	0,9009
Reduc (RJ)	0,8936
Rnest (PE)	0,8247
Refap (RS)	0,7865
Rlam (BA)	0,778
Remam (AM)	0,7528
Eficiência média	0,9041

Fonte: Próprio autor, 2018.

Este primeiro modelo encontrou quatro refinarias eficientes (Replan, Lubnor, Revap, Regap) e obteve uma eficiência média de 0,9041, resultados considerados bons. No entanto, um modelo para ser válido necessita, como citado anteriormente, de dois a três insumos por produto, desta maneira foram realizados diversos modelos e avaliadas outras características técnicas, a fim de se escolher o modelo que melhor representasse a eficiência da refinaria.

Deste modo, devido à grande extensão territorial do Brasil, ao complexo sistema de gestão da cadeia de suprimentos e ao déficit observados em alguns setores do transporte brasileiro, selecionou-se o número de acessos como o insumo a ser avaliado na análise de eficiência das refinarias, mesmo que este não possuindo a segunda maior correlação.

Acima da correlação apresentada para o número de acessos, tem-se a capacidade de armazenamento de petróleo e a capacidade de armazenamento de derivados, as quais não foram escolhidas devido ao modelo já possuir uma variável relacionada a capacidade, desta forma ao selecionar o número de acessos tem-se um

enriquecimento maior do modelo. Gerando assim um novo escore de eficiência, conforme descreve a Equação (11):

$$EF2 = \frac{\text{Produção}}{\text{Capacidade de Produção} + \text{Número de Acessos}} \quad (12)$$

Os resultados de eficiência gerados pela equação (12) são exibidos na Tabela 3:

Tabela 3: Eficiência das refinarias conforme descrito por EF2

Refinaria	Eficiência
Replan (SP)	1
Revap (SP)	1
Regap (MG)	1
Lubnor (CE)	1
Recap (SP)	0,9578
Rlam (BA)	0,9406
RPBC (SP)	0,9307
Riograndense (RS)	0,9281
Repar (PR)	0,9009
Reduc (RJ)	0,8936
Rnest (PE)	0,8247
Refap (RS)	0,7865
Remam (AM)	0,7528
Eficiência média	0,9166

Fonte: Próprio autor, 2018.

Como é possível observar este segundo modelo se mostrou muito parecido com o primeiro, resultando nas mesmas refinarias eficientes e obtendo um coeficiente de produção média superior ao primeiro modelo, este fato pode ser explicado pelo método DEA buscar sempre maximizar a eficiência. Para contornar tal situação o modelo atribui peso zero aos insumos que reduzem a eficiência da refinaria. A Tabela 4 demonstra os pesos assumidos pelo modelo, para cada insumo e produto avaliado.

Tabela 4: Pesos distribuídos aos insumos e produtos do modelo descrito por EF2

Variável	Peso mínimo	Peso máximo
Produção	0,01	6,20.10 ¹²
Capacidade de Produção	0,00	4,59.10 ¹²
Número de Acessos	0,00	1,14. 10 ¹²

Fonte: Próprio autor, 2018.

Contudo, segundo Ferreira e Gomes (2009) este problema (peso zero) não pode ser aceito como pertinente ao segmento em análise. É nesse sentido que surgem métodos de restrições que visam impedir que as variáveis assumam pesos nulos.

O presente trabalho utilizou-se do método *cone ratio* para fazer as restrições de peso entre os insumos. Sendo 0,07 e 4,59.10¹² o menor e maior peso não nulos respectivamente do insumo Capacidade de Produção e 3,58.10¹¹ e 1,14.10¹² o menor e maior peso não nulos respectivamente do insumo Número de Acessos. Foi feita a restrição de pesos dividindo-se o menor peso da Capacidade de Produção pelo menor peso do Número de Acessos e dividindo-se os maiores pesos da mesma maneira, conforme indicado na Equação (13):

$$1,95 \cdot 10^{-13} \leq \frac{\text{Capacidade de Produção}}{\text{Número de Acessos}} \leq 4,03 \quad (13)$$

Desta forma elaborou-se um novo modelo relacionando esses insumos e a produção de cada refinaria, com a restrição de pesos descrita anteriormente, a qual foi inserida no modelo por meio técnica conhecida como Assurance Region Method – AR (cone ratio), obtendo os resultados de eficiência descritos na Tabela 5:

Tabela 5: Ranking de eficiência das refinarias com restrição de pesos

(continua)

Refinaria	Eficiência	Ranking
Replan (SP)	1	1
Revap (SP)	1	1
Regap (MG)	1	1
Lubnor (CE)	1	1

Tabela 5: Ranking de eficiência das refinarias com restrição de pesos.**(conclusão)**

Refinaria	Eficiência	Ranking
Rlam (BA)	0,9406	5
RPBC (SP)	0,8411	6
Recap (SP)	0,8040	7
Reduc (RJ)	0,8037	8
Repar (PR)	0,7817	9
Refap (RS)	0,7742	10
Remam (AM)	0,7528	11
Rnest (PE)	0,7469	12
Riograndense (RS)	0,5391	13
Eficiência média	0,8449	-

Fonte: Próprio autor, 2018.

Podemos ver que tanto a maior quanto a menor refinaria do Brasil, Replan (SP) e Lubnor (CE) respectivamente, foram consideradas eficientes, o que demonstra que o porte da refinaria não é um fator limitante no seu desempenho. Ambas possuem um papel importante no cenário nacional, sendo que a Replan (SP) produz grande parte dos derivados de alto valor agregado e distribui a grande parte do território nacional, já a Lubnor (CE) é a única refinaria brasileira a produzir lubrificantes naftênicos e umas das líderes em produção de asfalto. Vale salientar que a refinaria Rnest (PE), 12 colocada no ranking, é a mais recente refinaria da Petrobras, com início de operação no ano de 2014, no entanto ainda não está em operação total, fator que pode justificar seu posicionamento no ranking, uma análise coerente de sua eficiência só poderá ser obtida quando a mesma possuir condições de operar em sua capacidade máxima.

Os dados de eficiência obtidos por este modelo apresentaram valores não nulos de pesos para ambos os insumos e para o produto, conforme demonstra a Tabela 6.

Tabela 6: Pesos distribuídos aos insumos e produtos do modelo descrito por EF2

Variável	Peso mínimo	Peso máximo
Produção	$1,44 \cdot 10^{-2}$	0,3739
Capacidade de Produção	$6,61 \cdot 10^{-3}$	0,4380
Número de Acessos	$1,64 \cdot 10^{-3}$	0,1084

Fonte: Próprio autor, 2018.

Após a inserção da restrição de pesos, é possível verificar que as variáveis não assumiram mais valores nulos, e que as mesmas refinarias que eram eficientes sem a restrição de peso se mantiveram eficientes, no entanto as demais refinarias apresentaram quedas em seus valores de eficiência. Sendo a refinaria Riograndense (RS) a que possuiu a maior queda, reduzindo sua eficiência de 0,9281 para 0,5391. Também é possível notar um decréscimo na eficiência média, o que pode ser justificado por refinarias que antes possuíam peso zero para algum insumo agora terem de atribuir valores diferentes de zero, reduzindo assim suas eficiências, o que impacta na eficiência média.

O modelo anteriormente descrito, o qual possui como insumos a Capacidade de Armazenamento e o Número de Acessos e como produto a Produção de cada refinaria, consta com os seguintes dados estatísticos de seus parâmetros.

Tabela 7: Estatísticas do modelo escolhido.

Estatísticas	Capacidade de Produção	Número de Acessos	Produção	Eficiência
Máximo	100,00	100,00	100,00	1,00
Mínimo	2,93	44,44	2,67	0,54
Média	41,40	64,10	40,99	0,84
Desvio Padrão	29,15	19,07	27,69	0,13

Fonte: Próprio autor, 2018.

Como é possível observar, as refinarias possuem portes muito distintos, o que influencia na escolha do método BCC, devido este possibilitar a comparação entre as que possuem portes similares dentro do modelo.

A análise DEA dispõe em sua análise DMUs de referência, ou seja, avalia quais DMUs eficientes são referências para que as DMUs consideradas ineficientes

se tornem eficientes. A Tabela 8 representa quantas vezes cada refinaria eficiente foi referência para alguma refinaria ineficiente.

Tabela 8: Frequência com que as refinarias eficientes foram referência para as ineficientes

Refinaria	Frequência
Regap (MG)	8
Revap (SP)	6
Lubnor (CE)	5
Replan (SP)	3

Fonte: Próprio autor, 2018.

Ao analisar a tabela é possível observar que a refinaria Replan (SP) mesmo sendo a maior refinaria brasileira em produção, é pouco referenciada, fato que pode ser devido a mesma possuir valores de capacidade de produção e produção muito superiores aos das outras refinarias, sendo a Regap (MG) a refinaria que mais serviu de referência para as demais, aparecendo oito vezes.

A Regap (MG) é apenas a oitava refinaria em capacidade de produção e possui o menor número de acessos dentre todas as refinarias, no entanto passou por diversos investimentos de ampliações, nos anos de 1982, 1994, 2009, 2011 e 2012, o que faz com que ela seja a refinaria que opere a valores mais próximos de sua capacidade de operação (PETROBRAS, 2018).

Cada refinaria pode ter até duas outras refinarias como referência, cada uma delas com uma contribuição percentual (λ), que pode ser analisada como a quantidade que um terminal ineficiente precisa aumentar a sua produção, mantendo constante seus insumos, para atingir a fronteira de eficiência, ou seja, um terminal para se tornar eficiente precisa ter uma produção conforme a descrita pela Equação (14):

$$\text{Produção} = \lambda_1 \cdot \text{Produção da Referência}_1 + \lambda_2 \cdot \text{Produção da Referência}_2 \quad (14)$$

O percentual de contribuição das refinarias eficientes às ineficientes, para que estas atinjam a fronteira é dado na Tabela 9:

Tabela 9: Percentual de contribuição das refinarias eficientes para as refinarias ineficientes

Refinaria	Referência ₁	λ_1	Referência ₂	λ_2
Rlam (BA)	Replan (SP)	0,2500	Revap (SP)	0,7500
Reduc (RJ)	Replan (SP)	0,2075	Revap (SP)	0,7925
Repar (PR)	Revap (SP)	0,9802	Regap (MG)	0,0198
Refap (RS)	Revap (SP)	0,6774	Regap (MG)	0,3226
RPBC (SP)	Revap (SP)	0,2836	Regap (MG)	0,7164
Recap (SP)	Regap (MG)	0,4141	Lubnor (CE)	0,5859
Remam (AM)	Regap (MG)	0,2283	Lubnor (CE)	0,7717
Rnest (PE)	Regap (MG)	0,7488	Lubnor (CE)	0,2512
Riograndense (RS)	Regap (MG)	0,1193	Lubnor (CE)	0,8807

Fonte: Próprio autor, 2018.

A refinaria Riograndense, embora seja a mais antiga no país, construída em 1937, apresentou os piores resultados de eficiência e para atingir a fronteira possui como referência a refinaria Regap (MG), a qual possui um número menor de acessos e uma produção cerca de dez vezes superior, e a refinaria Lubnor (CE) como principal referência, sendo que esta, com valores menores para insumos e produtos consegue atingir a fronteira de eficiência.

Para que as refinarias atinjam a eficiência, é necessário retirar as folgas existentes em cada insumo e no produto, de forma a assim alcançar a fronteira de eficiência. Desta forma, a Tabela 10, fornece a folga de cada insumo e produto de cada refinaria, bem como sua projeção e percentual necessário para atingir a eficiência.

Tabela 10: Folgas e projeções para cada insumo e produto por refinaria

Terminais / Variáveis	Valor Ponderado (1/Eficiência)	Projeção	Folga	%
Replan (SP)	1	-	-	-
Capacidade de Produção	100	100	0	0
Número de Acessos	100	100	0	0
Produção	100	100	0	0
Revap (SP)	1	-	-	-
Capacidade de Produção	57,97	57,97	0	0
Número de Acessos	55,56	55,56	0	0
Produção	64,95	64,95	0	0
Regap (MG)	1	-	-	-
Capacidade de Produção	38,26	38,26	0	0
Número de Acessos	44,44	44,44	0	0
Produção	44,68	44,68	0	0
Lubnor (CE)	1	-	-	-
Capacidade de Produção	2,39	2,39	0	0
Número de Acessos	44,44	44,44	0	0
Produção	2,67	2,67	0	0
Rlam (BA)	1,0632	-	-	-
Capacidade de Produção	86,95	68,48	-18,48	-21,25
Número de Acessos	66,67	66,67	0	0
Produção	69,33	73,72	4,39	6,32
RPBC (SP)	1,1889	-	-	-
Capacidade de Produção	39,13	43,85	4,72	12,06
Número de Acessos	66,67	47,59	-19,08	-28,61
Produção	42,42	50,43	8,01	18,89
Capacidade de Produção	14,49	17,24	2,75	18,98
Número de Acessos	55,55	44,44	-11,11	-20
Produção	16,13	20,07	3,94	24,37
Reduc (RJ)	1,2443	-	-	-
Capacidade de Produção	57,97	66,69	8,72	15,04
Número de Acessos	100	64,78	-35,22	-35,22
Produção	58,04	72,22	14,18	24,43
Repar (PR)	1,2793	-	-	-
Capacidade de Produção	49,27	57,58	8,31	16,86
Número de Acessos	88,89	55,33	-33,56	-37,75
Produção	50,46	64,55	14,09	27,93

Tabela 10: Folgas e projeções para cada insumo e produto por refinaria

Terminais / Variáveis	Valor Ponderado (1/Eficiência)	Projeção	(conclusão)	
			Folga	%
Refap (RS)	1,2917	-	-	-
Capacidade de Produção	50,72	51,61	0,89	1,75
Número de Acessos	55,55	51,97	-3,58	-6,45
Produção	45,22	58,41	13,19	29,17
Remam (AM)	1,3283	-	-	-
Capacidade de Produção	10,58	10,58	0	0
Número de Acessos	44,44	44,44	0	0
Produção	9,23	12,26	3,03	32,83
Rnest (PE)	1,3389	-	-	-
Capacidade de Produção	26,50	29,25	2,75	10,38
Número de Acessos	55,55	44,44	-11,11	-20,00
Produção	25,49	34,13	8,64	33,89
Riograndense (RS)	1,8549	-	-	-
Capacidade de Produção	3,92	6,67	2,75	70,16
Número de Acessos	55,55	44,44	-11,11	-20,00
Produção	4,14	7,68	3,54	85,49

Fonte: Próprio autor, 2018.

Analisando os resultados obtidos para a refinaria RPBC (SP) na Tabela 10 tem-se que sua capacidade de produção equivale a 39,13% da capacidade de produção da refinaria com maior valor, no entanto precisa alcançar uma capacidade de 43,85%, ou seja, precisaria aumentar em 12,06% sua capacidade. Quanto ao seu número de acessos, este corresponde a 66,67% da refinaria que possui o maior número de acessos, no entanto necessita apenas de 47,59%, ou seja, possui uma folga de 28,61%. Já a sua produção atualmente corresponde a 42,42% da maior produção dentre as refinarias brasileira, e precisa atingir uma produção de 50,43% para atingir a fronteira de eficiência, aumentando assim em 18,89% sua produção.

As refinarias, mesmo que eficientes podem conter folgas residuais em algum dos insumos, no entanto no presente estudo não ocorreram folgas em nenhuma das quatro refinarias eficientes.

A refinaria mais próxima de atingir a fronteira de eficiência é a Rlam (BA) precisando apenas de um aumento de 6,32% em sua produção e não possui folgas no insumo número de acessos, apenas no insumo de capacidade de produção, na

qual se consta uma folga de 21,25%. Já a refinaria Reman (AM) é a única que sem atingir a eficiência não possui folga em nenhum dos insumos, necessitando aumentar sua produção em 32,83%, sendo uma refinaria de suma importância, devido atender a grande parte da região Norte do Brasil.

Uma análise dos insumos mostra que a maior parte das refinarias possuem valores inferiores aos necessários, ou seja, precisam de um aumento de suas capacidades, já para o insumo número de acessos, se encontra com folgas nas maiorias das refinarias, o que significa que este é superior ao necessário.

As refinarias também respondem de formas diferentes a oscilações em seus insumos e produtos, o que gera retornos de escalas decrescentes, constantes ou crescentes, a Tabela 11 informa a região de retorno de escala na qual as refinarias estão operando.

Tabela 11: Retorno de escala para cada uma das refinarias analisadas

Refinaria	Retorno de Escala
Replan (SP)	Decrescente
Revap (SP)	Constante
Regap (MG)	Constante
Lubnor (CE)	Crescente
Rlam (BA)	Decrescente
RPBC (SP)	Constante
Recap (SP)	Crescente
Reduc (RJ)	Decrescente
Repar (PR)	Constante
Refap (RS)	Constante
Remam (AM)	Crescente
Rnest (PE)	Crescente
Riograndense (RS)	Crescente

Fonte: Próprio autor, 2018.

Ferreira e Gomes (2009) fazem uma avaliação do significado de cada um dos retornos de escala possíveis, tanto para o caso das DMUs serem eficientes quanto para quando as mesmas são ineficientes.

Tipo de retorno	Condição da DMU segundo a pura eficiência técnica	
	Eficiente	Ineficiente
Constante	Esta é a melhor situação. A DMU utiliza os recursos sem desperdício e opera em escala ótima. O aumento da produção deve ocorrer mantendo-se a proporção de uso dos fatores. Os aumentos de custos são proporcionais aos aumentos de produção.	Apesar de estar operando em escala ótima, existe ineficiência técnica. Isso significa que se pode reduzir o uso dos insumos e continuar produzindo a mesma quantidade (orientação insumo). De maneira equivalente, a produção pode crescer utilizando-se os mesmos insumos (orientação produto). Ao eliminar as ineficiências técnicas, a DMU torna-se eficiente com retornos constantes.
Crescente	Apesar de tecnicamente eficiente, não existem insumos utilizados em excesso e o volume de produção está abaixo da escala ótima. Isso significa que a DMU pode aumentar a produção a custos decrescentes. Assim, o aumento da produção deve ocorrer mediante incorporação de insumos, porém mantendo-se as relações entre as quantidades de produtos e insumos	Nessa situação existem dois problemas: ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos, e ineficiência de escala. Essa última ocorre, pois, a DMU está operando abaixo da escala ótima. Para aumentar a eficiência técnica deve-se eliminar os excessos de usos dos insumos. Para operar em escala ótima, é necessário aumentar a produção; em síntese, a DMU deve aumentar a produção; porém, esse aumento deve ocorrer, a fim de que as relações entre quantidades utilizadas de insumo e o volume de produção sejam reduzidas
Decrescente	DMU tecnicamente eficiente, porém operando acima da escala ótima. Uma alternativa é reduzir volume de produção da DMU, mantendo-se a mesma relação entre insumos e produtos. Uma vez que não há ineficiência técnica, a superutilização da planta poderá ser vantajosa. Outra alternativa para aumentar a produção seria a adoção de políticas quantitativas, ou seja, o aumento da produtividade dos fatores possibilitaria o	Nesse caso, a DMU está operando acima da escala ótima e tem ineficiência técnica. É preciso corrigir os dois problemas. Para aumentar a eficiência técnica, devem-se eliminar os excessos de utilização dos insumos, o que equivale a produzir mais e com os mesmos insumos. Com relação à escala, pode-se reduzir a produção em cada DMU ou utilizar um número maior de DMUs menores para produzir a mesma quantidade anterior. Isso dependerá das condições objetivas de mercado, da competitividade e estrutura do setor.

	crescimento da produção sem necessidade de se utilizarem mais insumos. O fato é que, nessa situação, o aumento da produção dar-se-á a custos crescentes	Pode-se, ainda, melhorar a tecnologia, aumentando a produtividade dos fatores de produção ou insumos.
--	---	---

Quadro 1: Combinações possíveis de insumo e produto das DMUs nos modelos DEA, pressupondo-se rendimentos constantes e variáveis.

Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Uma comparação entre os resultados obtidos e o Quadro 1, demonstra que a maioria das refinarias estão em retornos constantes de escala, o que segundo Ferreira e Gomes (2009) é o melhor retorno de escala encontrado, no entanto algumas refinarias que constam com retornos constantes de escala se encontram abaixo da fronteira de eficiência, como por exemplo as refinarias RPBC (SP), Repar (PR), Refap (RS). Sendo as refinarias que se encontram nas melhores condições as que possuem retornos constantes de escala e se situam na fronteira de eficiência, como a Revap (SP) e Regap (MG). Podendo algumas refinarias, embora eficientes possuírem problemas quanto a escala, como a Replan (SP) de escala crescente e a Lubnor (CE) de escala decrescente. Já as demais refinarias constam problemas tanto quanto a eficiência técnica, sendo ineficientes, quanto ao retorno de escala, necessitando assim para atingirem as condições ideais de operação resolverem estes dois problemas.

5 CONCLUSÃO

A técnica Análise Envoltória de Dados permite construir um modelo para avaliar a eficiência das refinarias brasileiras, o qual foi representado por dois insumos, Número de Acessos e Capacidade de Produção, e um produto, Produção (barris de petróleo processados por dia). Onde foram avaliadas 13 refinarias, sendo 12 delas pertencentes a Petrobras e a restante pertencente aos grupos Brasken, Ultrapar e Petrobras. Após a construção do escore de eficiência foram apontadas quatro refinarias eficientes, Replan (SP), Revap (SP), Regap (MG) e Lubnor (CE), e sendo a refinaria de eficiência mais baixa a Riograndense, sendo esta, a única que não está sob domínio total da Petrobras.

A Replan (SP) é a maior refinaria em operação no país, sendo a que possui o maior número de acessos, a maior capacidade de produção e também a maior produção, sua localização estratégica na cidade de Paulínia, próximo a São Paulo permite que ela tenha acesso as principais vias rodoviárias e ferroviárias do país e é a refinaria responsável por atender os principais mercados consumidores do país, o que exige dela uma alta produção, aliada a alta capacidade de produção, fatores estes que possivelmente foram impulsionadores da eficiência da refinaria.

A Revap (SP) e a Revap (MG) são as refinarias que se encontram nas melhores condições de operações, uma vez que estão sobre a fronteira da eficiência e possuem retorno de escala constante, ou seja, utilizam de seus recursos sem desperdícios. Tal resultado pode ser devido a essas refinarias terem passado por diversas reformas nos últimos anos, as quais foram capazes de as manter em bons patamares de produção.

Dentre as refinarias eficientes a Lubnor (CE) foi a única a apresentar retorno crescente de escala, o que significa que o volume de operação está abaixo da escala ótima, tal fato pode ser devido a refinaria ser a menor das refinarias consideradas no modelo.

A refinaria Riograndense (RS) apresentou o menor valor de eficiência dentre todas as analisadas, o que pode ser justificado pela mesma não ser estritamente estatal, o que dificultou sua evolução desde a criação, devido a diversas restrições impostas pelo governo brasileiro ao longo dos anos e as diversas mudanças de investidores.

Dentre as refinarias pertencentes a Petrobras, a que possuiu menor eficiência foi a Rnest, sendo essa a mais recente, com início de operação em 2014, o que pode justificar a baixa eficiência, devido a mesma ainda não estar em condições de operar em sua capacidade máxima.

O insumo capacidade de produção, na maior parte das refinarias apresentou uma indicação de aumentos percentuais, sendo necessário aumento em sete das refinarias estudadas e possuindo folga em apenas uma das refinarias, as demais se encontram em condições ótimas de capacidade de produção. O que indica que a maior parte das refinarias estão abaixo da capacidade de produção necessária, fato que pode ser decorrente da maior parte das refinarias terem sido construídas nas décadas de 30 a 60, o que dificulta atender as normas ambientais, cada vez mais restritas, necessitando, portanto, de reformas, a exemplo das refinarias Regap (MG) e Revap (SP), as quais passaram por cerca de cinco processos de ampliação e modernização nos últimos 30 anos.

O Número de Acessos, ao contrário do que se vê na Capacidade de Produção, possui folgas na maioria das refinarias, em sete delas. E não possui a necessidade de aumento em nenhuma das refinarias, sendo assim, as seis restantes estão em condições ótimas para este insumo. O fato de existirem folgas pode indicar que os acessos poderiam ser melhor utilizados.

Por fim quanto a produção, todas as refinarias, exceto as que foram consideradas eficientes, precisam aumentar sua produção para atingirem a fronteira da eficiência, desde uma proporção de 6% até 80%, sendo a refinaria Rlam (BA) a que menos necessita de aumento e a Riograndense (RS) a que mais precisa, contudo a maior parte das refinarias necessitam de um aumento entre 20-30%.

O presente trabalho possui como principal colaboração uma análise diferenciada da eficiência das refinarias de petróleo, as quais geralmente são avaliadas apenas pelo seu processo de produção, eficiência de equipamentos, conversão de derivados, eficiência energéticas, deixando em segundo plano dados como acessos, logísticas e potencial de produção, que são responsáveis por grande parte do lucro na maioria das indústrias, variáveis inclusas no presente estudo.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Dando abertura também a novos estudos deste cunho em outros setores industriais, como alimentício, fármaco, cerâmico, têxtil, ou a inclusão de outras variáveis como capacidades de armazenamento, número de funcionários, restrições ambientais, área, vida útil de equipamentos ou produtos, as quais podem servir de sugestão trabalhos futuros. Além da possibilidade de realizar uma análise de janelas, avaliando o comportamento de cada refinaria ao longo dos anos, o que permite avaliar quais refinarias estão em ascensão e quais se encontram em declínio.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, Cristina M. M. **Uma proposta para análise de eficiência em portos brasileiros: A técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA)**. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2008.

ACOSTA, Cristina M. M.; SILVA, Ana M. V. de A. da; LIMA, Milton L. P. de. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. **Revista de Literatura dos Transportes**. v. 5, n. 4, p. 88-102. 2011.

AGUIAR JUNIOR, Hélio de. **Mensuramento da eficiência da gestão portuária brasileira utilizando a Análise Envoltória de Dados**. 2016. 69p. TCC (Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2016.

ANP. Anuário Estatístico do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2017. **Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis**, p. 1–263, 2017.

ANP. **Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis**. Disponível Site: <<http://www.anp.gov.br/>> Acessado em 12 de abril de 2018.

ANTT. **Agência Nacional de Transportes Terrestres**. Disponível Site: <<http://www.antt.gov.br/ferrovias/index.html>> Acessado em 13 de abril de 2018.

BRASIL, Nilo I. do; ARAÚJO, Maria A. S.; SOUSA, Elisabeth C. M. de; **Processamento de petróleo e gás**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

COELLI, Timothy J., RAO, Dodla S.P. e BATTESE, George E. **An introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 3ª edição. London: Kluwer Academic Publishers, 1997.

CORRÊA, Johny S. **Parque Industrial de Refino no Brasil – Características atuais e perspectivas futuras**. 2009. 180p. Tese (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. Rio de Janeiro. 2009.

FARREL, Michael J. The measurement of production efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A, part III, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, Carlos M. de C.; GOMES, Adriano P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. Editora UFV. 389p. 1ed. 2009.

GRECO, Marcello; ROMÃO, Wilson. **Refinarias**. 2012. 20p. Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro. 2012.

HERRERO, Ines. Different approaches to efficiency analysis. An application to the Spanish Trawl fleet operating in Moroccan waters. **European Journal of Operational Research**. v. 167, p. 257-271, 2005.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Em 2014, PIB varia 0,1% e totaliza R\$ 5,52 trilhões. **Agência IBGE notícias**. 2015. Disponível site: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/9705-em-2014-pib-varia-0-1-e-totaliza-r-5-52-trilhoes.html>> acessado em 05 de junho de 2018. 2015.

JOLY, M. Refinery production planning and scheduling: The refining core business. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. v. 29, n. 2, p. 371–384, 2012.

KASSAI, Silvia. **Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis**. 2002. 350p. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.

MALDANER, Leonardo; OLIVEIRA, Maiquiel S. de; KRUKOSKI, Franklin A. Análise de eficiência dos aeroportos internacionais brasileiros. **VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, PR. 2017.

MANSFIELD, Edwin. **Microeconomia: teoria e aplicações**. 466p. São Paulo: Campus Ltda., 2ª edição, 1980.

MARIANO, Jacqueline B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. 2001. 289p. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001.

MELLO, João C. C. B. S.; MEZA, Lídia A.; GOMES, Eliane G.; SERAPIÃO, Bruno P.; LINS, Marcos P. E. Análise de Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos *benchmarks* para companhias aéreas brasileiras. **Pesquisa Operacional**. v. 23, n. 2, p. 325-345. 2003. maio a Ago. 2003.

MICHELON, Éder C. **Uma análise dos custos de transporte da empresa Pavimenti blocos e pavers LTDA de Francisco Beltrão – PR.** Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade Educacional de Francisco Beltrão – FEFB. Francisco Beltrão. 2014.

MOREIRA, Daniel A. **Medida da Produtividade na Empresa Moderna.** 147p. São Paulo: Pioneira, 1991.

MOURA, Ariane L. de; SANTOS, Bruno M. F. dos; ANDRADE, Emmanuel P. de; MELLO, João C. C. B. S. de. Modelagem DEA para avaliação de eficiência de terminais aquaviários de transferência e estocagem de petróleo. **Relatórios de pesquisa em Engenharia de Produção.** v. 14, n. C2, p 11-22. 2014

OLIVEIRA, Maiquiel S. de. **Aplicação de uma metodologia para análise de eficiência em terminais de contêineres brasileiros.** 2013. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2013.

OUM, Tae H., TRETHERWAY, Michael W. e WATERS, W. G. **Concepts, methods and purposes of productivity measurement in transportation.** Transportation Research, Great Britain, v. 26A, nº 6, pp. 493 – 505, 1992.

PEARSON, Kate. Data envelopment analysis: an explanation. **Bureaus of Industry Economics.** n. 83, p.1-44, 1993.

PETROBRAS. **Petróleo Brasileiro S.A.** Disponível site: <<http://www.petrobras.com.br/pt/>> Acessado em 25 de março de 2018. 2018.

PORTELA, Reinaldo R. **Avaliando a Eficiência em Unidades de Ensino Fundamental de Fortaleza - CE, Usando a Análise Envoltória de Dados (DEA).** Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. 2002.

RIBEIRO, Priscilla C. C.; FERREIRA, Karine A. **Logística e transportes: Uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro.** Ln: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba. 2002.

RIOS, Leonardo R. **Medindo a eficiência relativa das operações dos terminais de contêineres do Mercosul.** 2005. 148p. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.

TRANSPETRO. **Mapa de localização dos terminais e dutos.** Disponível em <http://www.transpetro.com.br/pt_br/areas-de-negocios/terminais-e-oleodutos.html> Acessado em 1 de abril de 2018.

VASCONCELOS, Vinícius A.; CANEN, Alberto G.; LINS, Marcos P. E. Identificando as melhores práticas operacionais através da associação *Benchmarking-DEA*: O caso das refinarias de petróleo. **Pesquisa Operacional**. v. 26, n. 1, p. 51-67. 2006. Jan a Abril. 2006.

ANEXOS

Anexo A – Dados referentes aos insumos e produção de cada refinaria, expressos em percentual.

Refinaria	Área	Capacidade de produção	Número de acessos	Unidades produtivas	Produção	Capacidade de armazenamento de petróleo	Capacidade de armazenamento de derivados
Refinaria de Paulínia (Replan - SP)	70,00	100,00	100,00	39,53	100,00	96,68	100,00
Refinaria Landulpho Alves (Rlam - BA)	50,00	86,96	66,67	60,47	69,34	54,36	39,48
Refinaria Henrique Lage (Revap - SP)	76,92	57,97	55,56	37,21	64,96	100,00	74,13
Refinaria Duque de Caxias (Reduc - RJ)	100,00	57,97	100,00	100,00	58,05	77,24	82,26
Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Repar - PR)	76,92	49,28	88,89	25,58	50,46	44,03	41,39
Refinaria Alberto Pasqualini S. A. (Refap - RS)	44,62	50,72	55,56	30,23	45,22	46,38	37,87
Refinaria Presidente Bernardes (RPBC - SP)	53,85	39,13	66,67	23,26	42,42	40,32	46,18
Refinaria Gabriel Passos (Regap - MG)	98,46	38,26	44,44	34,88	44,68	34,06	37,36
Refinaria de capuava (Recap - SP)	28,46	14,49	55,56	20,93	16,13	7,46	10,42
Refinaria Isaac Sabbá (Reman - AM)	75,38	10,58	44,44	4,65	9,23	12,30	10,34
Refinaria Abreu e Lima (Rnest - PE)	48,46	26,50	55,56	27,91	25,49	54,24	32,32
Refinaria de Petróleo Riograndense S.A. (Riograndense - RS)	3,08	3,92	55,56	13,95	4,14	14,18	3,55
Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste (Lubnor - CE)	3,08	2,39	44,44	6,98	2,67	5,96	4,36