

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO**

ERCULES COSTA

**PROPOSTA DE MODELO PARA INDICADOR DE EFICIÊNCIA EM
REDES DE COOPERAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO O ÍNDICE DE
MALMQUIST**

DISSERTAÇÃO

**PONTA GROSSA
2017**

ERCULES COSTA

**PROPOSTA DE MODELO PARA INDICADOR DE EFICIÊNCIA EM
REDES DE COOPERAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO O ÍNDICE DE
MALMQUIST**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), do Campus Ponta Grossa-PR.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Vanderley Herrero Sola

PONTA GROSSA

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.61/17

C837 Costa, Ercules

Proposta de modelo para indicador de eficiência em redes de cooperação
horizontal utilizando o índice de Malmquist. / Ercules Costa. 2017.
103 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Vanderley Herrero Sola

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Ponta Grossa, 2017.

1. Eficiência organizacional - Indicadores. 2. Cooperação. 3. Redes de
negócios. 4. Análise envoltória de dados. I. Sola, Antonio Vanderley Herrero. II.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. III. Título.

670.42

Elson Heraldo Ribeiro Junior. CRB-9/1413. 26/10/2017.



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação Nº 309/2017

PROPOSTA DE MODELO PARA INDICADOR DE EFICIÊNCIA EM REDES DE
COOPERAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO O ÍNDICE DE MALMQUIST

por

Ercules Costa

Esta dissertação foi apresentada às 18h00min do dia 31 de agosto de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Gestão Industrial, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Claudelino Martins Dias Junior
(UFSC)

Prof. Dr. Daniel Poletto Tesser (UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Claudia Tania Picini (UTFPR)

Prof. Dr. Antonio Vanderley Herrero
Sola (UTFPR) - Orientador

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
(UTFPR)
Coordenador do PPGEP

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE
REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR -CÂMPUS PONTA GROSSA

Dedico às pessoas mais importantes de
minha vida, cujo amor foi fundamental
para meu trabalho: meus queridos pais,
amada esposa e amado filho.

AGRADECIMENTO

Sobre tudo, agradeço a Deus pelo dom da vida, saúde e esclarecimento para que eu possa trilhar o meu caminho.

Ao professor Dr. Pedro Paulo de Andrade Junior por acreditar em meu projeto e me acolher na comunidade científica.

Ao professor Dr. Antonio Vanderley Herrero Sola por aceitar o desafio e me conduzir no caminho que estou a trilhar.

Aos colegas do EORE, em especial Ms. Clérito Kaveski Peres, Ms. Luís Fernando Paulista Cotian e Ms. Marcos William Kaspchak Machado, cujos debates acalorados contribuíram com meu desenvolvimento.

Aos integrantes da banca examinadora, por doarem seu tempo e contribuírem com tão valioso conhecimento, sem o qual não seria possível este trabalho.

A verdadeira dificuldade não está em aceitar ideias novas, mas escapar das antigas (John Maynard Keynes).

RESUMO

COSTA, Ercules. **Proposta de modelo para indicador de eficiência em redes de cooperação horizontal utilizando o índice de Malmquist**. 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

No presente trabalho, propõe-se um modelo para mensurar a eficiência das empresas que participam das Redes de Cooperação Horizontal (RCH), utilizando a técnica DEA (*Data Envelopment Analysis*) e admitindo retornos variáveis de escala para cálculo do índice de Malmquist. A investigação da literatura apontou falta de estudos quantitativos que comprovem as vantagens competitivas das empresas que cooperam em rede. Esta falta moveu o desenvolvimento do método que foi aplicado em empresas de uma RCH hoteleira situada na Ilha do Mel, sul do Brasil. Dados de *inputs* e *outputs* referentes a um período de cinco anos (2011 a 2015) foram coletados de quinze empresas, sendo cinco participantes e dez não participantes da rede. A análise dos resultados demonstrou que, após a fundação da rede, algumas empresas participantes levaram um ano para se tornarem referências (*benchmarks*). Apesar de o estudo apontar a queda de produtividade para todas as unidades de tomada de decisão (DMU), a decomposição do índice de Malmquist revelou ganhos de eficiência nas empresas participantes da rede, confirmando estatisticamente a hipótese levantada. Além de contribuir para a construção do modelo de quantificação, este estudo pode ser utilizado como método de comparação, auxiliando a governança a identificar DMU com dificuldades e elaborar práticas para melhor manutenção da rede.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados. Malmquist. Redes de Cooperação Horizontal. Eficiência.

ABSTRACT

COSTA, Ercules. **Model proposal for efficiency indicator in horizontal cooperation networks using the Malmquist index.** 2017. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

In the present study, a model is proposed to measure the efficiency of the companies that participate in the Horizontal Cooperation Networks (RCH), using the Data Envelopment Analysis (DEA) technique and admitting variable returns of scale to calculate the Malmquist index. A literature search pointed to the lack of quantitative studies that prove the competitive advantages of the companies that cooperate in the network. This motivated the development of the method that was applied in a RCH hotel located in Ilha do Mel, southern Brazil. Data on inputs and outputs were collected over a period of five years (2011 to 2015), in fifteen companies, with five participants and ten non-participants in the network. The analysis of the results showed that after the founding of the network, some participating companies took a year to become reference benchmarks. Although the study indicates a decrease in productivity for all decision-making units (DMU), the decomposition of the Malmquist index revealed efficiency gains in the companies participating in the network, confirming statistically the hypothesis raised. In addition to contributing to the construction of the quantification model, this study can be used as a comparison method, helping the governance to identify DMU with difficulties and to elaborate practices for better maintenance of the network.

Keywords: Data Envelopment Analysis. Malmquist. Horizontal Cooperation Networks. Efficiency.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS PUBLICAÇÕES.....	18
GRÁFICO 2 - EQUAÇÃO PRODUÇÃO LINEAR	30
GRÁFICO 3 - EFICIÊNCIA ALOCATIVA DA EMPRESA M	32
GRÁFICO 4 - EFICIÊNCIA TÉCNICA	33
GRÁFICO 5 - EFICIÊNCIA ECONÔMICA.....	33
GRÁFICO 6 - EFICIÊNCIA DA EMPRESA P	34
GRÁFICO 7 - MALMQUIST TEMPO BASE	56
GRÁFICO 8 - MALMQUIST TEMPO T	56
GRÁFICO 9 - INVERSÃO DE TEMPO BASE	56
GRÁFICO 10 - INVERSÃO TEMPO T	56
GRÁFICO 11 - CONCESSÕES NA ILHA DO MEL	65
GRÁFICO 12 - VARIAÇÃO DE OCUPAÇÃO	77
GRÁFICO 14 - DISTRIBUIÇÃO DE CLASSES DEA-BCC	79
GRÁFICO 15 - ÍNDICE DE MALMQUIST.....	83
GRÁFICO 16 - ALTERAÇÃO TECNOLÓGICA	84
GRÁFICO 17 - ALTERAÇÃO DE EFICIÊNCIA	84

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ESQUEMA DA METODOLOGIA APLICADA NO TRABALHO.....	16
QUADRO 2 - CITAÇÕES NOS ÚLTIMOS 10 ANOS	19
QUADRO 3 - MODELO CCR EM FORMA DE MULTIPLICADORES ORIENTADO AO <i>INPUT</i>	43
QUADRO 4 - MODELO CCR EM FORMA DUAL ORIENTADO AO INPUT	45
QUADRO 5 - MODELO CCR EM FORMA MULTIPLICATIVA E DUAL ORIENTADO AO <i>OUTPUT</i>	46
QUADRO 6 - MODELO BCC DUAL ORIENTADO AO INPUT E OUTPUT.....	48
QUADRO 7 - GRUPOS DE INPUTS.....	67
QUADRO 8 - IDENTIFICAÇÃO DOS INPUTS E OUTPUTS.....	69
QUADRO 9 - QUANTIFICAÇÃO DE INPUTS	70
QUADRO 10 - EMPRESAS BENCHMARKS	81
QUADRO 11 - ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE DE MALMQUIST (2011 - 2015)	83

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MÉTODOS UTILIZADOS	18
TABELA 2 - PRODUÇÃO POR PESQUISADOR.....	18
TABELA 3 - FATOR DE IMPACTO DOS PERIÓDICOS	19
TABELA 4 - FORMA DE COOPERAÇÃO ENTRE EMPRESAS	24
TABELA 6 - VARIÁVEIS DO GRUPO INPUT	67
TABELA 7 - CATEGORIAS DE OUTPUTS.....	71
TABELA 8 - DMU ORGANIZADAS PARA INSERÇÃO DE DADOS NO PROGRAMA	72
TABELA 9 - CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS	75
TABELA 10 - DADOS DOS OUTPUTS COLETADOS.....	76
TABELA 11 - VARIAÇÃO ACUMULADA NAS HOSPEDAGENS.....	77
TABELA 12 - RESULTADO DEA.....	79
TABELA 13 - TESTE T.....	87

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AE	Alteração de Eficiência
AT	Alteração Tecnológica
BCC	Banker, Charnes e Cooper
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
DEA	Data Envelopment Analysis
DMU	Decision Making Unit
FUMTUR	Fundação Municipal de Turismo de Paranaguá.
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IM	Índice de Malmquist
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPCA	Índice de Preço ao Consumidor Amplo
IPP	Impact per Publication
JCR	Journal Citation Reports
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
PIB	Produto Interno Bruto
RAIS	Relação Anual de Informação Social
RCH	Redes de Cooperação Horizontal
REIM	Rede Empresarial da Ilha do Mel
SEBRAE-PR	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Paraná.
SEFA-PR	Secretaria do Estado da Fazenda do Paraná
SJR	Scimago Journal & Country Rank
SAID	Sistema Integrado de Apoio à Decisão
SNIP	Source Normalized Impact per Paper
UH	Unidade Habitacional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
1.3.1 Escolha do Método a Ser Utilizado	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 REDES DE COOPERAÇÃO HORIZONTAL (RCH)	21
2.2 FUNÇÃO PRODUÇÃO.....	29
2.3 EFICIÊNCIA ALOCATIVA, TÉCNICA E ECONÔMICA	31
2.4 FRONTEIRA DE EFICIÊNCIA.....	34
2.5 ANÁLISE PARAMÉTRICA DE EFICIÊNCIA	35
2.5.1 Fronteira Determinística	36
2.5.2 Fronteira Estocástica.....	37
2.6 ANÁLISE NÃO-PARAMÉTRICA	38
2.6.1 Análise por Envoltória de Dados (DEA).....	39
2.6.2 Modelo CCR.....	40
2.6.3 Modelo BCC	47
2.7 NÚMEROS ÍNDICES.....	49
2.7.1 Índice de Laspeyres	49
2.7.2 Índice de Paasche	51
2.7.3 Índice de Fisher	52
2.7.4 Índice de Törnqvist	53
2.7.5 Índice de Malmquist	54
3 METODOLOGIA	58
4 APLICAÇÃO DO MODELO	60
4.1 DETERMINAÇÃO DO OBJETO E CAMPO DE ESTUDO.....	60
4.2 O TURISMO NA ILHA DO MEL	62
4.3 OBJETO E CAMPO DE ESTUDO.....	63
4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS Pousadas	65
4.5 SELEÇÃO DE <i>INPUTS</i> E DMU	66

4.6 SELEÇÃO DE <i>OUTPUTS</i>	71
4.7 CÁLCULO DEA-BCC	71
4.8 CÁLCULO DO ÍNDICE DE MALMQUIST	72
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	74
5.1 DMU, <i>INPUTS</i> E <i>OUTPUTS</i>	74
5.2 RESULTADOS DEA.....	78
5.3 <i>BENCHMARKS</i>	81
5.4 O ÍNDICE DE MALMQUIST	82
5.5 TESTE DE HIPÓTESE.....	86
6 CONCLUSÃO	88
REFERÊNCIAS.....	90
APÊNDICE A - Dados Preparados para Software SAID	98
APÊNDICE B - Resultados DEA-BCC	100
APÊNDICE C - Teste Kolmogorov - Smirnov e Shapiro - Wilk	102

1 INTRODUÇÃO

Apesar da reconhecida importância do quanto à mensuração da eficiência em uma empresa pode contribuir para o diagnóstico de sua saúde, a complexidade de equacionar requer tempo e energia. Quando existe a necessidade de uma mensuração mais complexa, por exemplo, em uma rede de várias empresas com múltiplos *inputs*¹ e *outputs*², são necessários os maiores aparatos e modelos mais robustos de quantificação.

Com base na indagação e hiatos que serão apresentados, desenvolveu-se uma pesquisa na literatura com o intuito de entender o “estado da arte” em que se encontra o assunto. Tal pesquisa demonstrou a necessidade do desenvolvimento do modelo, como poderá ser verificada na revisão a literatura. Pesquisadores do assunto começaram a dar ênfase à necessidade de técnicas para medidas quantitativas de produtividade e eficiência em Redes de Cooperação Horizontal (RCH).

Petter (2016) desenvolveu um modelo probabilístico com simulação de Monte Carlo, para estimar retornos financeiros das empresas em uma RCH, justificado pela necessidade de quantificar tais ganhos financeiros, problema levantado por Zeng et al. (2015). O pesquisador encontrou dificuldades para obter dados primários devido à falta de informações do plano de contas das empresas, de estrutura da gestão financeira e da identificação do histórico de valores registrados.

No modelo de Petter (2016), o constructo C1a_2 é denominado como aproveitamento da capacidade ociosa de máquinas e equipamentos, em que discorre sobre o ganho econômico/financeiro da empresa. Esse aproveitamento pode indicar, por exemplo, se uma empresa ganhou eficiência pelo fato de participar de uma RCH. Porém para tomada de decisão, a medida de desempenho é um conceito muito vasto que precisa ser descrito de maneira completa, minuciosa, dinâmica, com histórico de dados para acompanhamento da evolução (KAZAN; BAYDAR, 2013).

Outros autores como Alfaro-saiz, Bas, Rodríguez (2007); Cheikhrouhou, Piot e Pouly (2010); Kazan, Baydar (2013); F-Jardon, Pagani (2014); Zeng (2016); Graça,

¹ *Inputs*: insumos utilizados no processo de produção.

² *Outputs*: produtos do resultado da transformação de insumos.

Camarinha-Matos (2017), também reforçam a necessidade de modelos quantitativos que, permitam a mensuração das vantagens competitivas que as empresas possam apresentar ao ingressarem em uma RCH.

Desta maneira encontramos problemas a serem resolvidos no estudo de RCH: Escassez de estudos e publicações sobre ganhos de eficiência de empresas em RCH e Escassez de métodos aplicados em RCH para mensuração de eficiência. Esse último ponto, Escassez de métodos aplicados em RCH, justifica o trabalho. Alguns modelos foram encontrados, mas sobre uma ótica estática, nos quais pesquisadores analisavam um período, mas devido às técnicas empregadas, não permitia a dinamização, como a comparação anual para identificar possíveis ganhos de eficiência nas empresas participantes de RCH.

Assim o presente estudo fica delimitado em responder à seguinte pergunta:

Como mensurar a eficiência das empresas participantes de uma Rede de Cooperação Horizontal?

1.1 OBJETIVO GERAL

Preencher a lacuna de falta de estudo de mensuração nas RCH nos leva ao objetivo geral do presente estudo:

Avaliar a eficiência das empresas participantes de uma Rede de Cooperação Horizontal através do modelo proposto DEA-BCC.

Roveda e Vecchiato (2008), assim como outros autores, afirmam que o compartilhamento de informações técnicas pode levar a ganhos de eficiência coletiva para os atores que tenham objetivos em comum. Portanto a metodologia será aplicada em empresas participantes e não participantes de uma RCH, para comparação e validação estatística. Assim a hipótese colocada à prova é a de que empresas participantes de uma RCH possuem média de eficiência diferente das não participantes:

$$H_0: \theta \neq \theta_n$$

Porém, para atingir esta meta se faz necessário seguir passos, definidos como objetivos específicos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O método deve ser escolhido e aplicado em RCH, devendo estas serem identificadas. Também é necessário identificar empresas que não operam em RCH, mas compartilhem espaço geográfico e atividade fim, para a validação. Pode-se verificar os objetivos a serem seguidos para alcançar o objetivo geral:

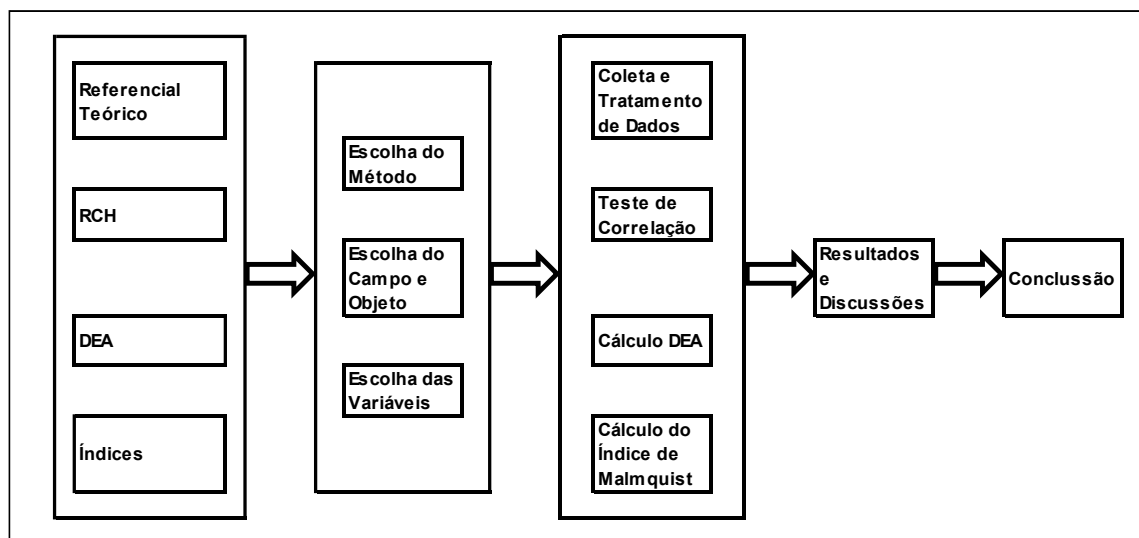
- Identificar uma rede de cooperação horizontal.
- Aplicar método de análise de eficiência.
- Comparar a eficiência em empresas que participam e não participam de uma Rede de Cooperação Horizontal.

De maneira breve, o capítulo seguinte mostra a linha de procedimentos que foram seguidos.

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O procedimento, observado no quadro 1, demonstra que o trabalho começa com o referencial teórico, no qual se procura definir uma RCH, como base para identificar o objeto e campo de estudo.

Quadro 1 - Esquema da Metodologia Aplicada no trabalho



Fonte: O autor

Após uma revisão sobre mensuração de produção, produtividade e eficiência, deu-se a escolha do método que mais se adapta às RCH. Formularam-se tabelas para seleção das DMU, *inputs* e *outputs* que foram aplicadas para coleta de dados primários *in loco*³, que serão apresentados no decorrer do trabalho.

Em posse dos dados iniciaram-se os cálculos. Primeiro a correlação entre as variáveis, após o método DEA (*Data Envelopment Analysis*) e o índice de eficiência de Malmquist, que revela alterações de produtividade, alterações tecnológicas e de eficiência. Por fim, é realizado teste estatístico para a validação da hipótese e desta maneira, poderemos resolver o problema proposto.

1.3.1 Escolha do Método a Ser Utilizado

A escolha do método foi determinada através uma busca bibliográfica de artigos publicados para familiarização das técnicas necessárias para gerar o índice de Malmquist. As palavras utilizadas foram “Malmquist”, “*Production**” e “*Efficiency**” junto com os operadores “aspas”, “and” e *. Foram consultadas as bases *Academic Search Premier - ASP (EBSCO)*, *Cambridge University Press*, *Emerald*, *IEEE Explore*, *OXFORD*, *SAGE*, *Science Direct*, *Scopus*, *Springer* e *Web of Science* no recorte temporal de 10 anos (2006-2016) e encontradas 1577 publicações, em diversas áreas do conhecimento.

O próximo passo foi a retirada das publicações duplicadas e as que estavam em áreas de conhecimento que não faziam parte da estudada, o que resultou em um saldo de 62% de artigos a serem analisados. Deu-se então a leitura dos títulos, com o objetivo de encontrar os métodos, os quais mais davam suporte na determinação do índice de Malmquist. Em alguns casos, a leitura dos resumos já fornecia a informação, em outros, era necessária a leitura dos resumos ou da metodologia. A análise mostrou que a maioria dos autores utiliza em suas pesquisas as ferramentas não-paramétricas (tabela 1) e misto, que é o emprego dos métodos paramétricos e não-paramétricos ao mesmo tempo, gerando dois resultados com diferença pequena entre eles.

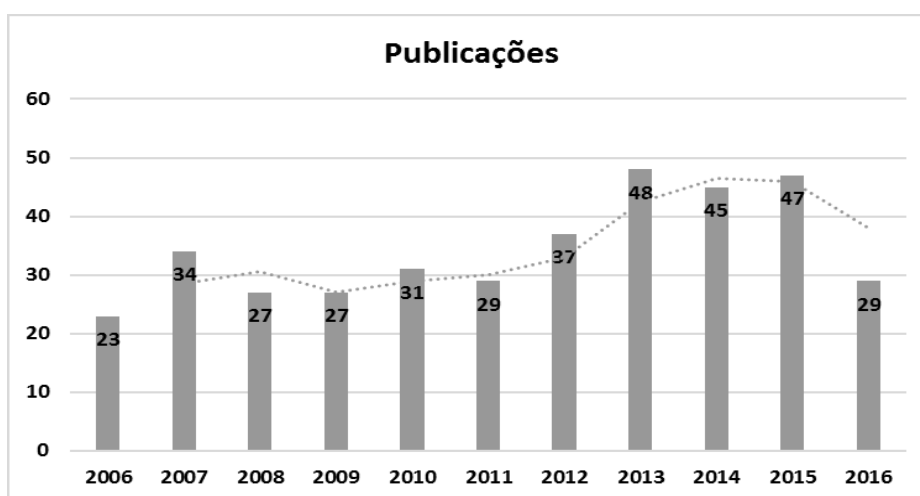
³ *In loco*: Direto no objeto em estudo.

Tabela 1 - Métodos Utilizados

Não-Paramétrico	47%
Misto	33%
Paramétrico	20%

Fonte: O autor

Quanto à evolução temporal, observa-se que, com o passar dos anos (gráfico 1), publicam-se mais artigos sobre o assunto, mostrando um despertar de interesse.

Gráfico 1- Evolução Temporal das Publicações

Fonte: O autor (2016)

A tabela 2 revela os autores e suas produções nos últimos 10 anos:

Tabela 2 - Produção por Pesquisador

Autor	Publicações
Sufian, F.	22
Barros, C. P.	17
Yu, M. M.	8
Briec, W	7
Thanassoulis, E.	7
Ltfi, F. H.	7
Camanho, A. S.	6
Emrouznejad, A.	6
Färe, R.	6
Grosskopf, S.	6

Fonte: O autor (2016)

Sendo os mais citados nos últimos 10 anos representados no quadro 2.

Quadro 2 - Citações nos Últimos 10 Anos

Autor	Citações	Publicação (ano)
Ang, B. W.	286	2007 / 2010 / 2013
Zhou, P.	286	2007 / 2008 / 2010
Poh, K. L.	124	2007
Han, J. Y.	119	2010 / 2013
Kumar, S.	107	2006
Tone, K.	87	2010
Tsutsui, M.	87	2010
Cummins, J. D.	81	2006
Liu, J. S.	69	2008
Lu, L. Y. Y.	69	2010
Lu, W. M.	69	2010
Sekitani, K.	56	2009
Sueyoshi, T.	56	2009
Fung, M. K. Y.	58	2008
Van, H. Y.	58	2008
Wan, K. K. H.	58	2008
Kortelainen, M.	47	2008
Barros, C. P.	45	2008
Choi, Y.	42	2013
Zhang, N.	42	2013
Rubio-Misas, M.	41	2006
Xie, X.	40	2008

Fonte: O autor (2016)

Em relação às publicações, na tabela 3 são indicados os periódicos, cujos artigos mais citados foram encontrados, juntamente com fatores de impacto:

Tabela 3 - Fator de Impacto dos Periódicos

PERIÓDICO	SJR	IPP	SNIP
REVIEW OF ECONOMICS AND STATISTICS	4.629	3.437	3.651
PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT	3.367	2.166	1.588
MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING	3.771	4.682	2.846
TRANSPORTATION RESEARCH PART E-LOGISTICS AND TRANSPORTATION REVIEW	0,997	1.468	1.186
EUROPEAN JOURNAL OF OPERATION RESEARCH	1,110	2.024	1.214
ECOLOGICAL ECONOMICS	1,110	2.024	1.214
ENERGY ECONOMICS	1,110	2.024	1.214
JOURNAL OF MONEY CREDIT AND BANKING	0,433	0.944	0,606
OMEGA-INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE	0,997	1.468	1.186
JOURNAL OF BANKING & FINANCE	0,433	0.944	0.606

Fonte: O autor (2016)

Essa base teórica mostrou que se faz necessária a utilização concomitante dos métodos paramétrico e não-paramétrico para a determinação do índice de eficiência que será gerado pela RCH.

Na revisão do método não-paramétrico foram abordados os modelos DEA-CCR e DEA-BCC. A principal diferença é que a primeira leva em consideração apenas

retornos constantes de escala e a segunda admite retornos não constantes. O que ambos têm em comum é o fato de trabalharem com as mesmas variáveis.

Charnes et al. (1994) discorrem sobre a decisão de escolha do modelo. Os autores orientam que, na maioria dos casos, as empresas não apresentam retornos constantes de escala, sendo que se devem observar as propriedades implícitas dos retornos de escala. Esta propriedade, de maneira simplificada, pode ser definida como o coeficiente angular da curva de produção, se é constante ou não. A revisão da literatura mostrou que todos os autores que utilizaram o método DEA, utilizaram o BCC, por ser a mais adequada.

Os autores expõem que, com o decorrer do tempo, a empresa apresenta variações de escala, por esse motivo foi escolhido para o presente trabalho o modelo DEA-BCC.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentada a revisão necessária para a compreensão do estudo. Iniciaremos com a definição de Rede de Cooperação Horizontal (RCH). Os próximos tópicos abordarão produção, eficiência e números índices.

2.1 REDES DE COOPERAÇÃO HORIZONTAL (RCH)

No fim do século XIX, ao observar as vantagens competitivas das pequenas empresas arranjadas nos distritos industriais da Inglaterra, o economista Marshall se tornou o pioneiro no estudo de redes de empresas (GARCIA, 2006). Em sua publicação *Principles of Economics: An Introductory* (Princípios de Economia: Uma Introdução), de 1890, o autor pela primeira vez relatou aspectos oriundos de tal arranjo.

Segundo o autor, a proximidade geográfica gerava um senso de “pertencimento” para as empresas e empregados, como se uma identidade única existisse no local. Esses fatos levavam cooperação entre os atores industriais que partilhavam das mesmas expectativas e problemas. Posteriormente, esses arranjos de empresas passaram a se chamar de distritos industriais.

Ainda segundo Marshall, os trabalhadores lotados nos distritos industriais londrinos acumulavam mais experiência e se tornavam especializados em seu labor, conferindo-lhes *know-how* (saber como). Esse fato elevava as empresas a outro nível tecnológico em busca de soluções para seus problemas.

As soluções logo eram compartilhadas, parecia que se alguém lançasse uma nova ideia era seguido por outros que, ao combinarem com outras sugestões, fomentavam mais novas ideias, definido pelo autor como *spill-over* (transbordamento) de habilidade e conhecimento.

O conjunto: proximidade geográfica, mão de obra qualificada e troca de tecnologia formaram a tríade Marshalliana, base para estudos posteriores. Após Marshall, várias linhas de pensamento foram desenvolvidas tendo como base a aglomeração geográfica de empresas, como por exemplo: A teoria da nova geografia econômica; Abordagem da nova economia de empresas; Economia da inovação; Economia regional; Ganhos de eficiência coletiva das pequenas empresas em distritos industriais e Redes de cooperação produtiva.

Devido a sua morte em 1924, Marshall não completou o segundo volume de sua obra, deixando espaços vazios, principalmente sobre classificação e tipologias de redes (GARCIA, 2006). Lacunas essas que foram criticadas por Humphrey e Schmitz (1996), levando à observação que, para classificar os tipos de redes existentes é necessário entender as relações existentes entre empresas. Desta maneira surgiram discussões sobre as tipologias e as relações interorganizacionais, propostas por Grandori e Soda (1995) e Grandori (1997).

A relação entre as empresas leva a alianças diversas, tendo como ator central o motivo, objetivo que as fazem trabalhar em conjunto. Para Gulati (1998), uma aliança é formada através de arranjos voluntários de empresas que, por terem objetivos comuns, compartilham e/ou codesenvolvem produtos, tecnologias, processos e serviços. Com esta abordagem, Hansen (2004) identificou sete tipos de alianças diferentes:

- Cadeia de Suplemento (*Supply Chain*): com o objetivo de melhorar a relação entre fornecedores de insumos.
- Cadeia Produtiva (*Filière*): com o objetivo de melhora tecnológica nos processos de transformação e produção de bens e serviços.
- Cadeia de Valor Global: com o objetivo na avaliação das relações comerciais e econômicas para determinação de problemas tanto exógenos quanto endógenos.
- Cadeias Virtuais: com o objetivo e foco na informação para o gerenciamento da cadeia. Assim registram o fluxo físico de materiais e bens das empresas integrantes.
- Parcerias: com o objetivo de, em curto prazo, resolver problemas. As empresas que formam parcerias raramente as formalizam.
- Redes Flexíveis: formada geralmente por pequenas e médias empresas, têm o objetivo de obter acesso a recursos e à tecnologia existente.
- *Clusters*⁴: podem apresentar diversos objetivos em sua formação. Geralmente essas empresas estão geograficamente próximas e interconectadas. Essa proximidade pode propiciar o aumento na produtividade, eficiência, inovação e novas matrizes de negócio.

⁴ *Clusters*: Aglomeração, Conjunto ou Grupo.

Porém, mesmo com a abordagem do conceito fim (objetivo), a estrutura de uma rede ainda não se torna clara devido a sua complexidade (LAZZERETTI; SEDITA; CALOFFI, 2013). O conceito de redes se encontra em evolução, criticado por ser confuso e caótico, levando a grande dificuldade de mensurabilidade (MALMBERG; MASKELL, 2002).

Outros estudos foram realizados levando em consideração o relacionamento entre as empresas que podem ocorrer de duas maneiras diferentes: Intraempresa e Interempresas. A primeira é definida pelas ligações e contratos entre empresas no intuito de diminuir a burocracia existente no sistema administrativo. As relações interempresas se fazem quando a ligação das organizações provém de uma teia de alianças estratégicas (GRANDORI; SODA, 1995).

Das definições de relacionamentos sugeriram algumas tentativas de arquitetura organizacional, levando em consideração as informações sobre os benefícios reais ao participar de uma rede, a confiança entre os participantes, colaboração mútua e a estrutura da governança (RODRIGUES, 2003).

Capra (1996) em sua obra apresenta uma compreensão científica da vida em todos os níveis dos sistemas vivos - organismos, sistemas sociais e ecossistemas, elaborando uma arquitetura baseada na visão de comunidade ligada por uma teia. Harland (1999) inclui em sua arquitetura a relação entre fornecedores, produtores, distribuidores e consumidores, criando um fluxo eficiente de materiais, capital e informação. Tomando como base a empresa central, Harland (1999) analisa a amplitude e comprimento, determinando o grau de inter-relação entre os parceiros.

Já Mintzberg e Quinn (2001) arquitetam cinco tipos de redes através de dimensões como: definição do módulo, local de intelecto, local de novidade, modo de ligação, fonte de alavancagem e os problemas e desafios administrativos. Os tipos de arquiteturas criadas foram: Infinitamente plana (ex. corretoras de seguros e *Fast foods*); Organização invertida (ex: hospitais); Organização aglomerada (ex: *Staff* empresarial); Teia de aranha (ex: Internet) e Raio de sol (ex: Estúdios de cinema).

Em paralelo desenvolviam-se estudos sobre o relacionamento cooperativo das empresas, suas características e tipologia. Na tabela 4 de relacionamento cooperativo, adaptado de Rodrigues (2003), podem ser verificadas as formas de cooperação entre as empresas.

Tabela 4 - Forma de Cooperação entre Empresas

Tipologia	Principal Característica	Exemplo	
Sociais	Informalidade nas relações	Simétricas (sem poder centralizado)	Polos e distritos de alta tecnologia.
		Assimétricas (Presença de agente central)	Rede Italiana de fornecimento da Beneton
Burocráticas	Existência de um contrato formal	Simétricas (sem poder centralizado)	Associações comerciais, federações, cartéis e consórcios.
		Assimétricas (Presença de agente central)	Redes de agências, acordos de licenciamento e franquias.
Tipologia	Principal Característica	Exemplo	
Proprietárias	Formalização de acordos ao direito de propriedade entre os acionistas de empresas	Simétricas	Empresas na regulamentação de atividades P&D, alta tecnologia (<i>Joint Ventures</i>)
		Assimétricas	Investidores e empresas (<i>Capital Ventures</i>)
Verticais	Relação estreita e complexa entre fornecedor e comprador.	Complexo automobilístico	
Horizontais	Cooperação entre empresas e concorrentes	Consórcio entre empresas	
<i>Top down</i>	Uma empresa mãe tomadora de decisão, que coordena sua cadeia de fornecedores em vários níveis.	Indústria automobilística	
Flexíveis	Formação de grupo administrativo na cooperação entre empresas independentes	Consórcios verticalizados, horizontalizados e transversais.	

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2003)

O presente trabalho tem foco principal nas alianças que apresentam uma estrutura de cooperação horizontal, que não possui uma hierarquia e formalidade contratual, formada por conveniência entre empresas que cooperam, ou seja, possui baixíssimo ou nenhum grau de formalidade (MARCON; MOINET, 2000).

Em seus estudos, Bengtsson e Kock (2000) afirmaram que as redes horizontais possuem relações mais complexas que as redes verticais. Os atores verticais, definidos como vendedores e compradores têm uma relação mais fácil de compreender devido ao intercâmbio econômico, o que não necessariamente acontece com as relações horizontais, geralmente formadas com relações informais e invisíveis. Essa visão de informalidade das RCH foi questionada por Gnyawali e Madhavan (2001). Segundo esses autores, quando o objetivo é a geração de um fluxo de informações e bens, a cooperação se dá com algum nível de formalidade. Desta

maneira, coloca-se no centro a discussão sobre confiança. Nesse sentido, Pépiot et al. (2007) discorrem que a troca de informações, formalizada ou não, acontece devido à confiança entre as empresas, e essa confiança só pode ser adquirida com o tempo. Logo, para os autores a confiança é uma dimensão do nível de cooperação, uma vez que quanto maior a confiança, menor será a necessidade de formalização. Em outras palavras, colaborar com concorrente só faz sentido se a confiança for mútua. Mas para haver uma colaboração, as empresas devem possuir similaridades de competências.

Roveda e Vecchiato (2008) observaram que confiança mútua entre empresas que possuem similaridades de competência levam à intensa troca de informações técnicas, sendo esta, outra característica das RCH (Redes de Cooperação Horizontal), podendo gerar ganhos de eficiência coletiva para os atores que tenham objetivos em comum. Estratégias para entrar em novos mercados e/ou obter vantagens competitivas. (ROVEDA; VECCHIATO, 2008; ZENG; XIE; TAM, 2010; ROSCOE; COUSINS; LAMMING, 2015). Uma vez que existe proximidade de empresas com o mesmo objetivo e similaridades de competência, que cooperam, desenvolvem tecnologia, compartilham informações, montam estratégias para obter vantagens competitivas, para Humphrey e Schmitz (1996), o próximo passo estava na combinação de preços e redução de custos, prática típica de conluíus que fornecem um entrave para o mercado de livre comércio. Porém com base nos estudos de Bengtsson e Kock (2000), os autores Balestrin e Vargas (2004) concluíram que empresas participantes de uma RCH possuem independência em suas decisões internas, culminando em certo nível de competição, mesmo que cooperem.

Existem, basicamente, quatro níveis de relacionamentos para empresas situadas na mesma localidade e com objetivos e similaridades de competência segundo Bengtsson e Kock (2000). A relação pode ser de coexistência, competição, cooperação e coopetição (cooperação e competição).

Esses níveis se tornaram consenso entre os autores, que mais amplamente definiram a existência de uma RCH, desde que as empresas participantes sejam, geralmente, pequenas e/ou médias, possuam similaridades de competência, situem-se geograficamente próximas, cooperem através da confiança mútua, sem ou com pouco instrumento contratual, não possuam entre si um relação hierárquica e possam competir entre si no mercado (BALESTRIN; VARGAS; FAYARD, 2008). Essas

condições são utilizadas para a identificação do campo e objeto de estudo deste trabalho.

Podem ser encontradas, na literatura, outras vantagens que as empresas em RCH possuem. Beugelsdijk, Maccann e Mudambi (2010) descrevem benefícios como melhoria de controle dos custos, acordos e alianças que promovem vantagens competitivas e maior eficiência derivada principalmente da capacitação de funcionários, bem como os efeitos da proximidade geográfica. Outra vantagem é a redução de custo proveniente do compartilhamento de infraestrutura e serviços, com investimento coletivo em tecnologia, citado por Junquera e Jimenéz (2010). Todos os benefícios aqui apresentados, entre outros, levam à inovação, que é fruto da cooperação de esforços em desenvolvimento de produtos e/ou processos (KNOBEN, 2009).

Em 2001, a Comunidade Europeia publicou comunicado de orientações ao artigo 81º, regulamentado em 1987, do Tratado da Comunidade Europeia, que fornece enquadramento jurídico para o tema e define cooperação horizontal como acordos e práticas de empresas situadas no mesmo nível de mercado, tratando em maior parte de concorrentes que cooperam em pesquisa e desenvolvimento, produção, compra e comercialização tanto de produtos como de serviços. Entende-se por mesmo nível de mercado empresas que operam, por exemplo, produção ou distribuição. Observa-se que a própria definição revela os tipos de acordos, produção, pesquisa e desenvolvimento, que, por sua vez, correspondem aos seguintes princípios estipulados pelo artigo:

- Natureza do Acordo;
- Poder e estrutura do mercado;
- Vantagens econômicas e
- Não eliminação da concorrência.

Estes princípios redigidos pela Comunidade Europeia, norteiam as práticas das empresas em RCH, de maneira a não prejudicar a concorrência ou clientes. A natureza do acordo é o objetivo do mesmo, a relação da concorrência entre as partes e a combinação de suas atividades. Esta, por sua vez, pode levar a problemas no mercado devido ao poder das partes na estrutura em que estão inseridas, sendo que as vantagens econômicas atribuídas à cooperação só são aceitas se também levarem vantagens aos consumidores. Desta forma, o princípio de não eliminação da

concorrência preserva a competitividade e o livre comércio, sem inserir distorções ao mercado.

Cheikhrouhou, Piot e Pouly (2010) identificaram a falta de modelos que permitem a estimativa de participação comercial interna de otimização financeira para as empresas em uma RCH. Os autores propõem a utilização de técnicas de multicritérios preditivos para avaliação de desempenho com diferentes alternativas.

O modelo foi dividido em três partes: identificação de oportunidades como a introdução de novo produto no mercado; aumento das vendas de produtos atuais; e introdução do produto em novo mercado. Após, através das competências das empresas e divisão de atividades, verificam-se as condições de uma mesma empresa realizar as atividades, nesta etapa, os autores escalonaram a possibilidade de duas empresas realizarem duas atividades ao mesmo tempo.

A escala consiste em: Nenhuma dependência, atividades podendo ser realizadas por duas empresas; Fraca, atividades fracamente dependentes podendo ser realizadas por duas empresas; Média, na qual existe dependência, porém devem ser cumpridas condições específicas; Forte, difícil de ser realizada por duas empresas e; Absoluto, impossível ser realizada por duas empresas. Quando o modelo apontava que as atividades poderiam ser realizadas por mais empresas, inicia-se a terceira etapa, pesquisa da melhor combinação das empresas para a realização da oportunidade e, por fim, avalia-se o custo global da rede com a soma dos custos para os membros da rede.

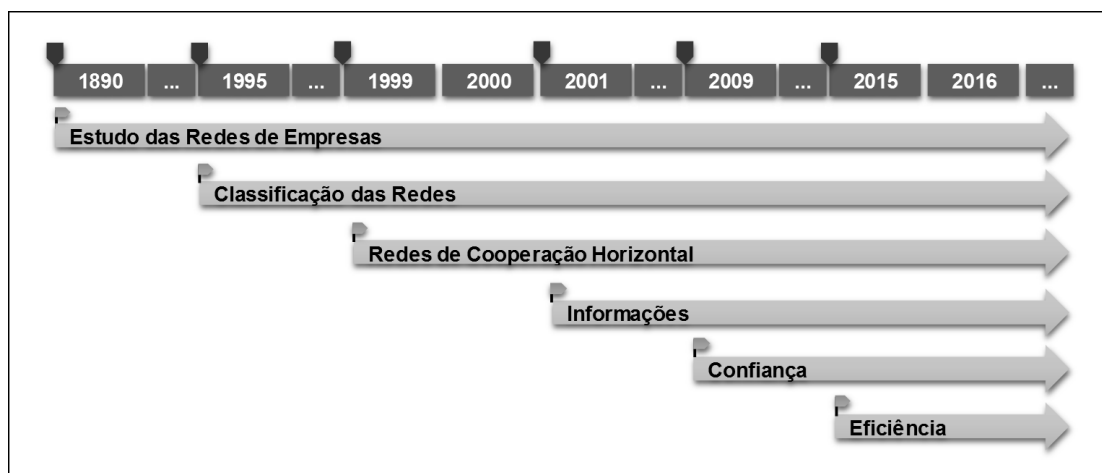
A contribuição do modelo está na seleção da candidatura de membros, bem como o estudo de custo sem causar problemas com privacidade ou autonomia entre os futuros participantes de redes. (CHEIKHROUHOU; PIOT; POULY, 2010)

A pesquisa dos autores foi realizada na *Virtuelle Fabrik Nordwestschweiz-Mittelland*, na Suíça, empresa que possui desenvolvedores de produtos e soluções que, não exatamente possuem o mesmo fim, ou seja, não pode ser classificada para este estudo como uma RCH. Pelo fato de os autores, na introdução, revelarem o problema de as empresas não continuarem em cooperação após o término do financiamento governamental, esta rede estudada pode ter uma característica de ecossistema empresarial cooperativo, em colaboração organizada que, segundo Graça e Camarinha-Matos (2017), possui redes de longo prazo, permitindo assim que seus membros estejam preparados para responder rapidamente a oportunidades de negócio de maneira colaborativa.

Porém, de maneira semelhante, Graça e Camarinha-Matos (2017) e Cheikhrouhou, Piot e Pouly (2010) reiteram em seus trabalhos a escassez de métodos para medir e comparar desempenho de maneira geral em todas as redes colaborativas. Tal medida de desempenho é um desafio para o gerenciamento de redes devido a sua complexidade e deve ser estudada amplamente com o objetivo de sua eficiência. As principais barreiras são a dinâmica e flexibilidade das redes, uma visão global, a amplitude da rede e o papel da informação (ALFARO-SAIZ; BAS; RODRÍGUEZ, 2007). F-Jardon e Pagani (2014), ao estudarem eficiência coletiva em uma rede de subsistência, sugerem avaliação das redes em forma de painel, medidas através de indicadores, pois as construções de modelos são uma avaliação subjetiva.

Após essa revisão da literatura, observou-se a de métodos e modelos quantitativos que forneçam índices de eficiência coletiva para RCH, objetivo geral do presente trabalho. A figura 1 apresenta recortes temporais que demonstram marcos importante nos estudos das RCH. Hiatos entre os anos não refletem a falta de estudos sobre o assunto, mas contribuem para a organização das ideias principais, uma vez que existem várias pesquisas sobre diversos assuntos do mesmo tema.

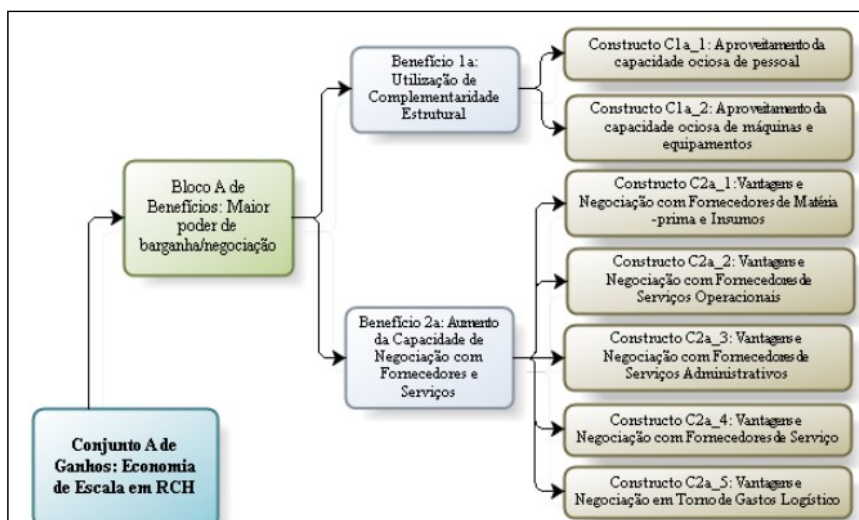
Figura 1 - Cronologia do Estudo de Redes



Fonte: O autor (2016)

O constructo C1a_2 (figura 2) de Petter (2016), aproveitamento da capacidade ociosa de máquinas e equipamentos, destaca os ganhos econômicos e financeiros da empresa. Em uma análise mais atenta, a eficiência de uma RCH pode ser calculada com o aproveitamento dos meios de produção para, da melhor maneira possível, gerar ganhos econômicos e financeiros.

Figura 2 - Conjunto de Ganhos em Economia e Escala em RCH



Fonte: Petter (2016, p. 50)

Os próximos tópicos foram desenvolvidos para melhor entender como é mensurada a produção e, por conseguinte, a eficiência.

2.2 FUNÇÃO PRODUÇÃO

Independente do produto ou serviço, uma empresa gera receitas a partir da produção. O ato de arranjar insumos para transformação pode ser expresso pela equação produção, sendo esta a razão da existência de uma empresa, porém não é a única. Slack, Chambers e Johnston (2009) propõem três funções centrais a qualquer empresa: equação marketing, desenvolvimento de serviço ou produto e a equação produção propriamente dita.

Para os autores, a equação marketing é incumbida de transformar comunicação em vendas, e, por consequência, pedidos de produtos ou serviços. A criação, modificação e adequação de produtos ou serviços ficam ao encargo da equação de desenvolvimento de serviços ou produtos. Esta tem a responsabilidade de satisfazer o consumidor. Também existem as chamadas funções de apoio como a contábil, a equação dos recursos humanos, entre outras, como lembram os autores, porém não fazem parte deste estudo.

Os conceitos de produção, produtividade e eficiência podem ser atribuídos às funções centrais e de apoio. O foco do presente trabalho se concentra na equação

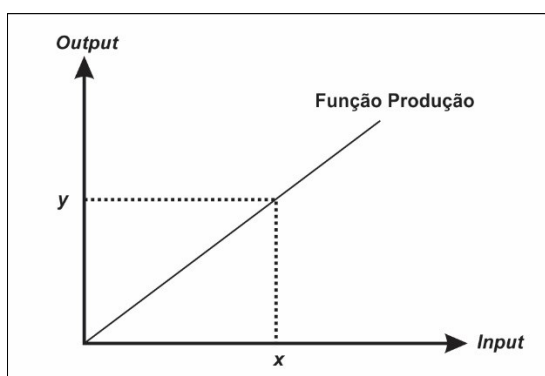
produção que recebe insumos (*inputs*), transformando em produtos ou serviços (*outputs*), sendo a base para a determinação de eficiência.

Denominados como “fatores de produção”, os insumos possuem papel central na produção, porém podem apresentar escassez por diversos fatores como, por exemplo, a tecnologia atual. Ao arranjar da melhor maneira possível, alocando com eficiência a combinação de *inputs*, tornando tecnologicamente viável a produção de *outputs*, as empresas obtêm o seu conjunto de produção (VARIAN, 2012). O autor representa a produção como o resultado da combinação de uma cesta de insumos (*input bundle*), que é na realidade um vetor de níveis de insumos, apresentados como uma função produção (1).

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

Tal equação demonstra o máximo de *outputs* que se pode obter dos *inputs* a ela aferida. Sendo assim, cada quantidade de insumo pode representar uma quantidade de produto possível, representado no gráfico (2), como uma reta de 45°. Nesta definição, o autor correlaciona que uma unidade de *input* gera proporcionalmente uma unidade de *output*.

Gráfico 2 - Equação Produção Linear



Fonte: Adaptado de Varian (2012)

O gráfico (2) demonstra de maneira simples e linear a equação produção citada, sem limitação tecnológica ou escassez de recursos e representada por apenas um *input* e um *output*.

A escassez de recursos causa alteração na equação produção ao restringir os *inputs*, assim como as limitações tecnológicas causam problemas nos *outputs*. Se não

existem insumos em quantidade necessária, a empresa não pode alcançar seu potencial, por outro lado, com uma tecnologia ultrapassada ou depreciada, a produção potencial da empresa também não pode ser atingida. Porém existem casos em que a escassez não é um problema e a tecnologia empregada não está depreciada ou ultrapassada e mesmo assim a empresa não consegue atingir seu potencial. Para entender essa relação, apresentam-se na próxima seção os conceitos de eficiência, eficiência alocativa e eficiência técnica.

2.3 EFICIÊNCIA ALOCATIVA, TÉCNICA E ECONÔMICA

O conceito de eficiência se refere à melhor forma de realizar um trabalho para atingir certo objetivo, diferente da eficácia que se compromete com o objetivo e não a melhor maneira de alcançá-lo (SANDRONI, 1999). Devido à amplitude que os conceitos tomam, sua análise depende da área em que o estudo está inserido.

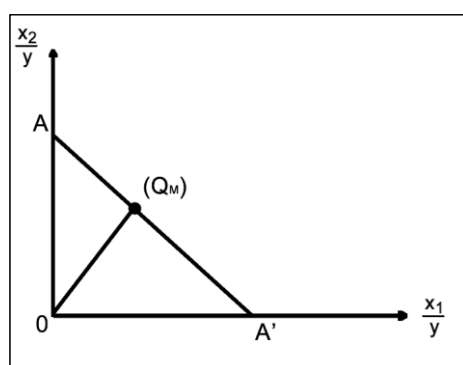
Define-se que uma DMU (*Decision Making Units* - Unidade tomadora de decisão) é eficiente quando produz o máximo de *outputs*, dada certa quantidade de *inputs* com a tecnologia disponível (KOOPMANS, 1951). Para Sandroni (1999), uma empresa trabalha com eficiência produtiva quando a razão entre a quantidade de *outputs* produzidos (*outputs* reais) pelo máximo de *outputs* que a empresa poderia produzir (*outputs* potencial) se iguala a um. Os dois conceitos são equivalentes, pois, enquanto o último compara o que foi produzido com o que poderia ser produzido, por isso o termo “real”, o primeiro relaciona *inputs*, *outputs* e a tecnologia disponível.

O desenvolvimento das medidas de eficiência provém dos estudos de microeconomia, mais especificamente na teoria da firma. Pode-se medir eficiência de duas maneiras diferentes. Ao avaliar a redução de *inputs* necessários para a produção se dá o nome de eficiência orientada ao *input*, porém se o objetivo é avaliar a quantidade máxima de *outputs* que pode ser produzida, a esta se denomina orientação ao *output* (GOMES; BAPTISTA; WENDLING, 2005). Essas duas orientações, que serão vistas nas próximas sessões, dão origem às definições de eficiência técnica (ET) e eficiência alocativa (EA), sendo que ao associá-las, Farrell (1957) introduziu o conceito de eficiência global, que mais tarde foi renomeado pela literatura como eficiência econômica (EE).

Como o próprio nome já revela, eficiência alocativa está associada às possibilidades de produção frente aos fatores utilizados, refletindo a habilidade de uma empresa em usar proporções ótimas de *inputs* dados seus preços relativos (FARELL, 1957), estando esta ligada diretamente ao custo dos *inputs*. Já a eficiência técnica é definida pelo autor como a habilidade de obter o máximo de produtos, dado um conjunto de insumos. Como os estudos provêm da microeconomia, a teoria clássica introduz o conceito de isocusto e isoquanta. Abaixo se discute, com um exemplo, esses conceitos, determinando de maneira cartesiana o significado de eficiência alocativa, técnica e econômica.

Se uma empresa M produz um *output* Q_M com a combinação de dois *inputs* $\left(\frac{x_1}{y}, \frac{x_2}{y}\right)$ (onde: x_1 / y é a parcela do insumo 1 para a produção de produto y e x_2/y é a parcela utilizada do insumo 2 para produzir o produto y) alocados dentro da possibilidade de combinação de custos entre si denominados isocusto (A, A') , então essa empresa possui eficiência alocativa, isso observado no gráfico 3.

Gráfico 3 - Eficiência Alocativa da Empresa M



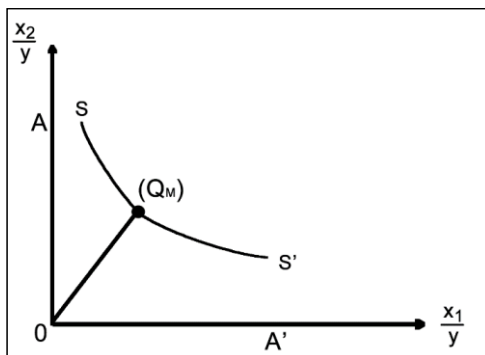
Fonte: Adaptado de Varian (2012).

Logo a empresa pode arranjar os dois *inputs* de várias maneiras (ao longo da reta A, A' - Isocusto) com o mesmo custo para produzir a mesma quantidade do produto, sendo os eixos dois *inputs* (x_1 e x_2) e a combinação entre eles gere um *output* y e representado em qualquer ponto da reta A, A' . Este ponto é representado por Q_M , a quantidade produzida pela empresa M dados os dois *inputs*.

Mas para a empresa M , qual seria a quantidade ótima de combinação dos *inputs* para produzir a mesma quantidade de *outputs*?

A isoquanta (s, s') pode demonstrar. Se Q_M estiver em um ponto dentro da curva de isoquantas, gráfico 4, a empresa estará com eficiência técnica.

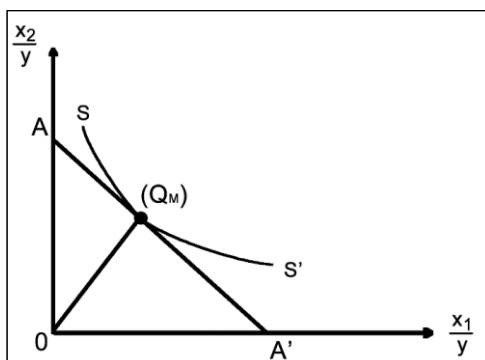
Gráfico 4 - Eficiência Técnica



Fonte: Adaptado de Varian (2012).

Operando com eficiência alocativa e técnica ao mesmo tempo, a empresa é considerada economicamente eficiente, como demonstra o gráfico (5).

Gráfico 5 - Eficiência Econômica

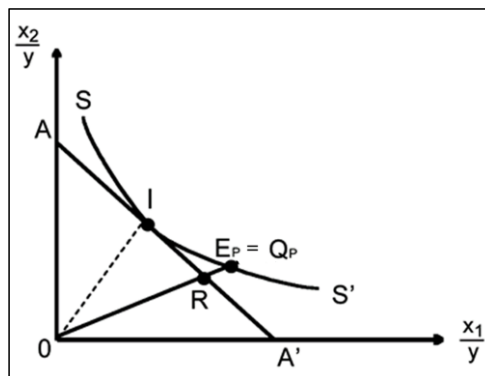


Fonte: Adaptado de Varian (2012).

Se tomarmos outro exemplo de uma empresa P , que produza a quantidade (Q_p) , alocando os *inputs* como mostrado no gráfico 6, observa-se que a melhor posição para alocação dos recursos seria o ponto I , porém a eficiência alocativa (EA) da empresa P está no ponto R . Porém a quantidade produzida está dentro da curva SS' , pois “ $E_p = Q_p$ ”.

Logo a empresa P pode ser tecnicamente eficiente, porém é alocativamente ineficiente.

Gráfico 6 - Eficiência da Empresa P



Fonte: Adaptado de Varian (2012).

Ao operar dentro da isocusto, a empresa tem eficiência alocativa; ao operar na fronteira da isoquanta, a empresa opera em eficiência técnica, logo, se a empresa operasse no ponto em que a isoquanta tangencia a isocusto (“I” no gráfico), ela estaria operando com eficiência econômica. No exemplo do gráfico (5), a empresa operando em R está dentro da isocusto (alocativamente eficiente), mas fora da isoquanta (tecnicamente ineficiente). Interessante observar que uma empresa pode produzir alocativamente eficiente sem ter eficiência técnica, porém não pode produzir tecnicamente eficiente se não possuir eficiência alocativa. Esta discussão retorna em nossa análise de resultados.

A determinação do ponto de eficiência econômica em uma fronteira de possibilidade de produção começa a partir da próxima seção, para após entendermos as técnicas utilizadas.

2.4 FRONTEIRA DE EFICIÊNCIA

A equação produção também pode ser descrita como fronteira de eficiência, espaço geométrico ocupado por todas as DMU (MARIANO; ALMEIDA; REBELATTO, 2006). Contudo, sua determinação depende da escolha de técnicas.

Murillo-Zamorano (2004) elenca duas técnicas diferentes de estimativa mais utilizadas na literatura, as paramétricas e não-paramétricas, mas, em sua análise crítica, argumenta que apesar de ambos os métodos serem alvo de muita discussão, uma abordagem não desqualifica a outra. As técnicas paramétricas para análise da fronteira de eficiência estão baseadas na teoria econômica relacionada à equação produção, geralmente sendo dadas por modelos econométricos, tanto estocásticos como determinísticos. Desta maneira, encontra-se a eficiência absoluta, que se refere a um valor teórico ideal base, utilizado como referência no estudo da eficiência relativa das empresas.

Todavia, as atuais empresas utilizam inúmeros insumos, gerando diversos produtos e, devido à complexidade em se calcular a eficiência relativa para fronteiras estocásticas, cresceu a necessidade de novas técnicas. Charnes, Cooper e Rhodes (1978) iniciaram o estudo por envoltória de dados, conhecido como (DEA - *Data Envelopment Analysis*), construindo empiricamente uma fronteira de eficiência utilizando a técnica não-paramétrica de programação linear. É interessante pontuar que os autores não fazem uma distinção entre eficiência técnica e os efeitos dos ruídos estatísticos, sendo este ponto uma limitação da técnica não-paramétrica.

Foi realizada nova pesquisa na bibliografia internacional, com o intuito de entender qual método está sendo mais utilizado, esse estudo está descrito na metodologia deste trabalho. Como pode ser observado na metodologia, 47% dos autores preferem o método não-paramétrico, 33% misto de paramétrico e não-paramétrico, cuja justificativa se dá por haver, ainda que mínima, certa diferença nos resultados. Por fim, apenas 20% utilizam o método paramétrico.

Na próxima seção serão discutidos os métodos paramétricos e não-paramétricos para a determinação do método utilizado neste estudo.

2.5 ANÁLISE PARAMÉTRICA DE EFICIÊNCIA

A análise paramétrica de eficiência é baseada no processo econométrico, fornecendo a fronteira determinística ou estocástica. Ao utilizar a regressão, relaciona-se *input* a *output*. Neste processo, a eficiência é estimada, como por exemplo, na produção, a partir dos *outputs* reais com os previstos no modelo para um dado nível

de *input* (FUNG et al., 2008). O estudo parte de uma equação, considerada em nossos estudos como equação produção. Se o *output* (Y) é resultante de apenas um *input* (X), por exemplo, a atividade intelectual, descreve-se a relação linear entre o *input* e *output* da seguinte maneira (equação 2):

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (2)$$

Sendo α um parâmetro constante, independente da quantidade do *input* (X), β indica a taxa de uso do mesmo *input* para a criação do *output*. A eficiência ou ineficiência (ε) é algo que faz com que Y varie, fornecendo resultado não explicado pelo modelo. Desta maneira surgiram dois modelos, o determinístico e o estocástico, que serão apresentados abaixo.

2.5.1 Fronteira Determinística

O modelo determinístico não leva em consideração erros de medição ou exógenos ao sistema; porém tudo começou por ele, nos trabalhos de Farrell (1957), Afriat (1972) e depois por Greene (1980). Tais desvios são atribuídos à ineficiência das firmas, o que acarreta problemas de interpretação econômica, uma vez que é impossível produzir acima da capacidade produtiva e disponibilidade tecnológica. Esse fato impõe uma restrição ao modelo, ajustando o seu erro pelo maior erro estimado, elevando outras observações acima da curva da fronteira (SANTOS; VIEIRA, 2004).

Uma maneira de estimar o modelo é a utilização da equação Cobb-Douglas, mensurando a produção da seguinte maneira (equação 3):

$$Y_i = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} \varepsilon_i^{u_i} \quad (3)$$

Onde:

Y_i = Vetor Produção

X_1 e X_2 = Vetores *inputs*

β_0 , β_1 e β_2 = Parâmetros estimados (taxa de utilização)

u_i = é a eficiência técnica da produção em relação à produção Ideal (Termo de erro).

ε = Logaritmo na base natural (exponencial/neperiano)

Para realizar uma regressão no intuito de estimar os parâmetros, primeiro admite-se que a equação seja linear nos logaritmos das variáveis, obtendo assim a seguinte relação. (equação 4)

$$\text{Ln}(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(X_1) + \beta_2 \text{Ln}(X_2) + u_i \quad (4)$$

Onde Ln é o logaritmo natural.

Iniciando com a estimativa do intercepto pelo método dos mínimos quadrados ordinários, ajusta-se o modelo até que apenas um resíduo seja positivo, o mais eficiente. Vale observar que se parte da premissa de que não existe variância no termo aleatório, sendo constante, sem autocorrelação serial, independente de todas as variáveis explicativas e, também, $E(u_i) < 0$, pois assim garante que todas as observações fiquem abaixo da fronteira. Logo essa metodologia é denominada de mínimos quadrados corrigidos (GUJARATI, 2004).

Porém existem fatores exógenos que podem levar problemas na fronteira de produção. Estes não podem ser determinadas pelo método apresentado, sendo necessário o estudo da fronteira estocástica, que é discutida na sequência desta revisão.

2.5.2 Fronteira Estocástica

O modelo de fronteira determinística não leva em consideração possíveis problemas graves como, atrasos na entrega de insumos, problemas econômicos, entre outros, que são exógenos ao sistema e considerados erros aleatórios. O modelo estocástico reconhece os desvios em relação à fronteira de produção, sendo introduzidos simultaneamente por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e por Meeusen e Van Den Broeck em (1977).

Considerando que v_i representa o erro aleatório probabilístico e u_i um componente da ineficiência técnica, o erro no sistema pode ser representado por adição: $\varepsilon = v_i + u_i$.

Pode-se escrever a equação produção com fronteira estocástica da seguinte maneira: (equação 5)

$$Y_i = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} e^{\varepsilon} \quad (5)$$

Linearizando, obtemos o seguinte modelo representado pela equação 6:

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(X_2) + v_i + u_i \quad (6)$$

Logo se assume que o erro aleatório v é independente e identicamente distribuído. Essa distribuição depende do tamanho da amostra, mas se assume que guarda propriedade de distribuição normal. O método é eficaz, porém devido à quantidade de *inputs* e *outputs* que uma empresa poder ter, o método se torna complexo para determinação de seus pesos.

Outra abordagem para resolver esse problema foi desenvolvida e proposta por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, e denominada técnica não-paramétrica.

2.6 ANÁLISE NÃO-PARAMÉTRICA

Na técnica não-paramétrica é utilizado o método de análise por envoltório de dados (DEA - *Data Envelopment Analysis*), a qual se baseia na programação linear, avaliando a eficiência relativa de uma unidade de decisão (DMU) (FUNG et al., 2008). A eficiência de uma DMU pode ser avaliada de duas maneiras diferentes:

- Saber o máximo de produtos que podem ser produzidos, dados os insumos existentes, chamada de orientação ao *input*;
- Saber o mínimo de insumos que são necessários para produzir a mesma quantidade de produtos, chamada de orientação ao *output*.

O método DEA oferece a opção de ser realizada a análise orientada a *inputs* ou *outputs*. O desenvolvimento teve início com a dissertação de Rhodes, que, orientado por Cooper, publicou sua dissertação para obter grau de PhD em 1978, baseado nos estudos de Farell em 1957. Enquanto a técnica paramétrica estima parâmetros para medir a eficiência, as técnicas não-paramétricas comparam duas ou mais DMU, para avaliar a eficiência. Desta maneira, a curva de eficiência pode ser moldada pelas DMU mais eficientes.

No início, o método incluía apenas empresas que possuíssem retornos constantes de escala, porém o modelo logo foi aprimorado com o objetivo de incluir retornos variáveis. Hoje existem modelos mais aprimorados, porém o mais utilizado chamado de BCC será apresentado nesta revisão logo após o primeiro modelo clássico CCR.

2.6.1 Análise por Envoltória de Dados (DEA)

A análise por envoltória de dados (DEA) foi desenvolvida por Abraham Charnes, William W. Cooper e Edwardo Rhodes em 1978, dando origem ao método CCR, tendo como marco o livro "*Measuring the efficiency of decision making units*" (Medindo a eficiência das unidades tomadoras de decisão). O DEA trata de uma comparação de eficiência relativa entre DMU, com múltiplos *inputs* e *outputs* e, segundo Gomes, Baptista e Wendling (2005), de maneira resumida, seus principais objetivos são:

- Comparar DMU que possuam tarefas, *inputs* e *outputs* semelhantes, porém com quantidades diferentes.
- Identificar DMU eficientes e ineficientes, estimando uma equação produção linear por partes (*piece-wise linear frontier*).
- Quantificar a eficiência relativa.
- Auxiliar na elaboração de estratégias que maximizem a eficiência das DMU.
- Determinar taxas de substituição.
- Investigar *outliers*⁵ que podem representar as melhores práticas.

⁵ *Outliers*: Pontos Extremos

O método DEA se tornou importante na pesquisa operacional e sua premissa é a de que se uma DMU “A” pode produzir y *outputs* com x *inputs*, logo, as outras DMU que possuem a mesma estrutura também podem. Se outra DMU “B” produz igualmente eficiente à DMU “A”, então a combinação das duas DMU pode formar uma DMU composta, mesmo que necessariamente ela não exista; logo, é uma DMU virtual. Descritos por Fried, Lovell e Schmidt (1993), existem basicamente 4 modelos básicos: CCR orientado a insumos; CCR orientado ao produto; BCC orientado a insumos e BCC orientado ao produto.

2.6.2 Modelo CCR

Baseado no retorno constante de escala, o modelo considera que qualquer variação na entrada provoca uma equivalente variação na saída (BIONDI NETO, 2001). Uma DMU precisa de x insumos para produzir y produtos e cada insumo como produto possui sua parcela na produção total da empresa. Saber qual empresa é mais eficiente, produzindo os mesmos produtos, utilizando os mesmos insumos, requer um aparato matemático que some todos os insumos e produtos relacionando os pesos de todas as empresas. A determinação de pesos leva em conta o comparativo entre as DMU, logo, a determinação da eficiência é realizada através da programação linear que, segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014), é uma ferramenta computacional que parte da modelagem matemática para alocação de recursos auxiliando na tomada de decisões. Os processos da modelagem matemática são agrupados em quatro grupos: linear; não linear; inteira e quadrática (GOLDBARG; LUNA, 2000). Charnes, Cooper e Rhodes (1978) propuseram um modelo de maneira intuitiva, em que a eficiência estava baseada na razão entre os *outputs* e *inputs*.

Baseando-se nos autores e, para entender o modelo, supõe-se que a “DMU₀” a ser estudada possui *quantidade* “ j_0 ” de *inputs* “ x_0 ”, com *quantidade* “ j_0 ” de pesos “ v_0 ” sendo que “ m_0 ” representa todos os *inputs* da DMU₀ (1,..., m_0). Os *inputs* geram uma *quantidade* “ i_0 ” de *outputs* “ y_0 ” com *quantidade* “ i_0 ” de pesos “ u_0 ”, sendo que “ n_0 ” representa todos os *outputs* da DMU₀ (1,..., n_0). Logo, sua eficiência individual E_0 é dada pela equação 7:

$$E_0 = \frac{\sum_{i_0=1}^{n_0} u_{i_0} \cdot y_{i_0}}{\sum_{j_0=1}^{m_0} v_{j_0} \cdot x_{j_0}}$$

(7)

A eficiência da “DMU₀” será comparada com a eficiência (E_k) de todas as “DMU_k”(1,...,z). Todas as DMU possuem uma quantidade “ j ” de *inputs* “ x ”, com uma quantidade “ j ” de pesos “ v ” e que “ m ” representa todos os *inputs* (1,...,m). Da mesma maneira que todas as DMU possuem quantidade “ i ” de *outputs* “ y ” com quantidade “ i ” de pesos “ u ” e “ n ” representa todos os *outputs* (1,...,n), dada pela equação 8.

$$E_k = \frac{\sum_{i=1}^n u_i \cdot y_i}{\sum_{j=1}^m v_j \cdot x_j} \quad (8)$$

O peso foi o primeiro problema que surgiu para os pesquisadores. Como comparar o peso de uma DMU com o peso de outras DMU. Charnes, Cooper e Rhodes, (origem do nome do modelo CCR), transformam o problema econômico em um problema de maximização, adotando os pesos das DMU mais eficientes para toda DMU₀ em análise. A equação 9 mostra como ficou a solução com a equação objetivo (FO), maximizando a DMU₀ (h_0).

$$Max(h_0) = \frac{\sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i_0}}{\sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j_0}} \quad (9)$$

Ao determinar os pesos das DMU mais eficientes, nenhuma das unidades pode exceder a 100%, ou seja, 1, assim surgindo a primeira restrição ao problema, como mostra a inequação 1.

$$\frac{\sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i_0}}{\sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j_0}} \leq 1 \quad (1)$$

Outra observação realizada pelos pesquisadores foi que, se os pesos fossem iguais a zero, poderia ocorrer uma divisão por zero, o que é inaceitável. Com isso surge a segunda restrição, que pode ser observada pela condição v_j e $u_i \geq \varepsilon$, para todo i e j . O número não-arquimediano ε é infinitamente próximo de zero, porém não é zero.

Percebe-se que o modelo segue uma programação fracionária, pois é composto de duas frações e infinitas soluções, tal fato levou os pesquisadores a uma programação linear em que o problema poderia estar na maximização ou minimização. Podemos determinar a eficiência de duas maneiras, produzindo o máximo possível mantendo os insumos constantes, chamada de orientação a *inputs* (Problema de maximização), que foi primeiro proposto por Charnes, Cooper e Rhodes e será a primeira a ser desenvolvida nesta revisão. Outra maneira é determinar o mínimo de insumos necessários para produzir a mesma quantidade de produtos, esta por sua vez é chamada de orientação ao *output* (Problema de minimização).

A necessidade de determinar os valores dos pesos de forma a maximizar a soma ponderada dos *outputs* (virtual) dividida pela soma ponderada dos *inputs* (virtual) da DMU em estudo é resolvida com a programação linear, apresentada no quadro 3, chamada de forma multiplicadora.

Quadro 3 - Modelo CCR em Forma de Multiplicadores Orientado ao *Input*

$$\begin{aligned} \text{Max}(h_0) &= \sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i0} \\ \text{Sujeito a:} \\ \sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j0} &= 1 \\ \sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i0} - \sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j0} &\leq 0, \\ k &= 1, \dots, z \\ u_i &\geq \varepsilon \text{ para todo } i = 1, \dots, n \\ v_j &\geq \varepsilon \text{ para todo } j = 1, \dots, m \end{aligned}$$

Fonte: Charnes e Cooper (1962)

O problema de múltiplos resultados teve como uma solução igualar a soma dos *inputs* a 1, após, proposto por Charnes e Cooper (1962), as restrições foram linearizadas. O resultado determina um plano que define uma superfície envoltória (ADLER; FRIEDMAN; SINUARY-STERN, 2002), sendo esta envoltória de dados também conhecida como fronteira de Pareto.

Todo problema de programação linear é associado a uma *dual*, cujo resultado da equação objetivo é o mesmo do problema original, considerado o *primal*, ou forma multiplicativa (THANASSOULIS, 2001). Desta maneira, o resultado dual e o primal fornecem possibilidades de análise complementares. O objetivo da equação dual é fornecer o valor para que todos os *inputs* e/ou *outputs* (dependendo da orientação) sejam multiplicados, para que a DMU estudada se posicione na fronteira eficiente. A teoria econômica de produção está baseada na equação distância de fronteira, tais funções são úteis como agregadoras, não precisam de informações como preço, são medidas naturais de desempenho ou eficiência estando ligadas a custos, receitas e lucros pelo teorema da dualidade.

No intuito de dar uma representação funcional às isoquantas, Shephard (1953) utilizou pela primeira vez a equação distância, e com ela o pesquisador desenvolveu a teoria da dualidade, mostrando uma ligação de dados econômicos apresentados por quantidades (informações primais) e de valores, como o preço (informações duais),

podendo representar a tecnologia pelas funções custo, lucro ou receitas. Desta maneira provou que a receita e a equação distância de saídas são duais, assim como custo e equação distância de entradas. Charnes, Cooper e Rhodes (1978) utilizaram como base a equação distância de entrada de Shephard, recíproca à medida de eficiência de Farrell, como base para o modelo CCR, sendo este, relação dual com a equação custo.

Enquanto o modelo linearizado da forma multiplicativa é chamado de Primal, a forma Dual é chamada de Envelope, que permite encontrar metas para que cada DMU não eficiente se transforme eficiente, fornecendo os *benchmarks*⁶ para as unidades não eficientes. Permitir a identificação das DMU falsamente eficientes e determinar falsos retornos de escala também são vantagens do modelo Dual (envelope).

A mudança dos modelos se dá através das alterações do número de restrições e da variável de decisão (BIONDI NETO, 2001), como podemos ver abaixo:

- Número de Restrição:
 - Primal: Uma para cada DMU mais uma adicional para a linearização do modelo.
 - Dual: Uma restrição para cada *input* e *output*.
- Variável Decisão:
 - Primal: Pesos para cada *input* e *output*.
 - Dual: uma para cada DMU (λ_k) e uma adicional associada à variável adicional, que pode ser θ se orientada ao *input* (Min θ) ou η se orientada ao *output* (Max η), sendo assim o inverso da eficiência.

Desta maneira, o modelo multiplicativo apresentado no quadro 1 se torna o modelo dual, apresentado no quadro 4.

⁶ *Benchmarks* são DMU para comparações de eficiência.

Quadro 4 - Modelo CCR em Forma Dual Orientado ao Input

$$\begin{array}{l}
 \text{Min } \theta \\
 \text{Sujeito a:} \\
 \theta x_{j_0} \geq \sum_{k=1}^m x_{j_k} \cdot \lambda_{j_k} \quad j = 1, \dots, m \\
 y_{i_0} \leq \sum_{k=1}^n y_{i_k} \cdot \lambda_{i_k} \quad i = 1, \dots, n \\
 \theta \text{ e } \lambda_k \geq 0 \quad \forall k
 \end{array}$$

Fonte: Charnes e Cooper (1962)

Onde:

$\sum_{k=1}^m x_{j_k} \cdot \lambda_{j_k}$ = combinação linear de todos os *inputs* de todas as DMU.

θx_{j_0} = fronteira de projeção radial do *input* da DMU em estudo.

$\sum_{k=1}^n y_{i_k} \cdot \lambda_{i_k}$ = combinação linear dos *outputs*.

y_{i_0} = *outputs* da DMU em estudo. (não se multiplica por θ por ser um modelo orientado ao *input*)

A equação objetivo é minimizar θ , para isso a projeção da fronteira radial do *input* da DMU estudada deve ser maior ou igual à combinação linear de todos os *inputs* de todas as DMU. Outra restrição é que o *output* da DMU estudada deve ser menor ou igual à combinação linear de todos os *outputs*. Nesta abordagem, procura-se atingir a eficiência, reduzindo o consumo de recursos até o limite da fronteira eficiente mantendo os *outputs*. A primeira restrição garante que cada *input* não ultrapasse a fronteira definida pelas DMU eficientes, já a segunda garante o nível atual da DMU estudada. (MELLO et al., 2005)

Outra abordagem pode ser feita com orientação ao *output*. Por analogia, a orientação dos *inputs*, a orientação ao *output*, na forma multiplicativa, procura minimizar o *input*. Essa programação linear possui uma dual, a qual tem o objetivo de maximizar o *output* até a fronteira eficiente, mantendo os *inputs* constantes. Essas duas podem ser verificadas no quadro 5.

Quadro 5 - Modelo CCR em Forma Multiplicativa e Dual Orientado ao Output

CCR - Modelo Multiplicativo Orientado ao Output	CCR - Modelo Dual Orientado ao Output
$\text{Min}(h_0) = \sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j_0}$ <p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i_0} = 1$ $\sum_{i=1}^n u_i \cdot y_i - \sum_{j=1}^m v_j \cdot x_j \leq 0, \quad k = 1, \dots, z$ $u_i \geq \varepsilon \text{ para todo } i = 1, \dots, n$ $v_j \geq \varepsilon \text{ para todo } j = 1, \dots, m$	$\text{Max } \eta$ <p>Sujeito a:</p> $x_{j_0} \geq \sum_{k=1}^m x_{j_k} \cdot \lambda_{j_k} \quad j = 1, \dots, m$ $\eta \cdot y_{i_0} \leq \sum_{k=1}^n y_{i_k} \cdot \lambda_k \quad i = 1, \dots, n$ $\eta \text{ e } \lambda_k \geq 0 \quad \forall k$

Fonte: Charnes e Cooper (1962)

O modelo CCR pode então apresentar duas formas e duas orientações:

- Orientado ao *input*: Modelo primal Maximiza os *outputs*.

Modelo dual Minimiza os *inputs*.

- Orientado ao *output*: Modelo primal Minimiza os *inputs*.

Modelo dual Maximiza os *outputs*.

Também é válido dizer que no modelo dual orientado ao *output*, η significa o inverso da eficiência.

O modelo CCR introduzido pelos autores mostra uma boa base para a compreensão de eficiência, resolve o problema dos pesos com a introdução dos problemas de maximização e minimização e permite análise comparativa entre as DMU em sua forma dual. O problema é que essa concepção leva em consideração apenas retornos constantes de escala, difíceis de serem encontrados na realidade das empresas.

Naturalmente o modelo foi evoluído para resolver esse problema, Banker, Charnes e Cooper criaram o modelo BCC (nome proveniente das iniciais de seus nomes). Este modelo será visto na próxima sessão e será adotado para os cálculos do presente trabalho.

2.6.3 Modelo BCC

Elaborado por Banker, Charnes e Cooper (BCC) e publicado em 1984, o modelo substitui o axioma de proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo axioma de concavidade, associada às condições interpretadas como fatores de escala; negativo representa retornos decrescentes de escala; nulos são retornos constantes; e positivo que são retornos crescentes de escala.

Matematicamente, foram introduzidas variáveis aos modelos multiplicativos CCR. O modelo multiplicativo CCR orientado ao *input* recebeu a variável v^* , e o orientado ao *output* a variável u^* . Essas variáveis demonstram os fatores de escala citados acima, tornando modelo BCC em forma de multiplicadores orientado ao *input* é definido na equação 10:

$$Max(h_0) = \sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i_0} + u^* \quad (10)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j_0} = 1$$

$$\sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i_k} - \sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j_k} + u^* \leq 0, \quad k = 1, \dots, z$$

$$u_i \geq \varepsilon \text{ para todo } i = 1, \dots, n$$

$$v_j \geq \varepsilon \text{ para todo } j = 1, \dots, m$$

Aplicando mesmo método aos *outputs*, tem-se a equação 11, que pode ser observada abaixo.

$$Min(h_0) = \sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j_0} + v^* \quad (11)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i_0} = 1$$

$$\sum_{i=1}^n u_i \cdot y_{i_k} - \sum_{j=1}^m v_j \cdot x_{j_k} + v^* \leq 0, \quad k = 1, \dots, z$$

$$u_i \geq \varepsilon \text{ para todo } i = 1, \dots, n$$

$$v_j \geq \varepsilon \text{ para todo } j = 1, \dots, m$$

No modelo dual, a convexidade equivale a uma restrição adicional, igual para o modelo orientado ao *output* ou ao *input*. Esta restrição limita a soma de todas as variáveis de decisão, ou seja, as DMU sejam igual a 1 (MELLO et al., 2005). No quadro 6 encontra-se como o modelo BCC em forma dual foi apresentado.

Quadro 6 - Modelo BCC Dual Orientado ao Input e Output

BCC - Modelo Dual Orientado ao Input	BCC - Modelo Dual Orientado ao Output
<p><i>Min</i> θ</p> <p>Sujeito a:</p> $\theta x_{j_0} \geq \sum_{k=1}^m x_{jk} \cdot \lambda_k \quad j = 1, \dots, m$ $y_{i_0} \leq \sum y_{i_k} \cdot \lambda_k \quad i = 1, \dots, n$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\theta \text{ e } \lambda_k \geq 0 \quad \forall k$	<p><i>Max</i> η</p> <p>Sujeito a:</p> $x_{j_0} \geq \sum_{k=1}^m x_{jk} \cdot \lambda_k \quad j = 1, \dots, m$ $\eta \cdot y_{i_0} \leq \sum y_{i_k} \cdot \lambda_k \quad i = 1, \dots, n$ $\sum_{k=1}^m \lambda_k = 1$ $\eta \text{ e } \lambda_k \geq 0 \quad \forall k$

Fonte: Charnes et al. (1994)

Os modelos CCR e BCC requerem a decisão de orientação, posteriormente Banker, Charnes e Cooper (1984) criaram um novo modelo chamado Modelo Aditivo, combinando as orientações em uma forma próxima a modelos GP (*Goal Programming*), desenvolvidos por Charnes e Cooper (1962). A diferença está que, enquanto o modelo Aditivo busca prever o futuro (*ex-ante facto*), minimizando o desvio das metas, o GP avalia o desempenho passado (*ex-post facto*), obtendo alvos para ambas as orientações.

Tanto os modelos paramétricos e não-paramétricos auxiliam na construção de pesos para as variáveis, medida necessária para se determinar a relação entre elas, porém uma comparação temporal de eficiência deve ser desenvolvida para alcançar o êxito proposto pelo estudo. Com este intuito, Färe et al. (1994) fizeram a decomposição do índice de produtividade de Malmquist, aplicado no modelo DEA, isolando as alterações tecnológicas e de eficiência. As formações de outros números

índices não fazem tal distinção, porém na próxima seção encontra-se uma breve revisão dos índices mais utilizados, incluindo o método de Malquist que será aplicado neste trabalho.

2.7 NÚMEROS ÍNDICES

Os números índices dão suporte à necessidade de acompanhar no tempo, de maneira dinâmica, a evolução da eficiência de uma DMU. Além disso, também medem diferença no nível de produtividade fazendo um comparativo entre empresas. São definidos como um número real que mede mudanças em um conjunto de variáveis relacionadas (COELLI; RAO; BALTESE, 1998).

A facilidade de interpretação, utilização de apenas dois pontos, a fácil plotagem gráfica, fornecendo rapidamente o perfil evolutivo de produtividade, são características dos números índices, segundo Azambuja (2002). A determinação do índice de eficiência pode se dar através de índices primitivos, como Paasche e Laspeyres, que junto ao índice de Fischer e Túrquivist, podem ser orientados para *inputs*, *outputs* e produtividade. No entanto, são técnicas paramétricas, o que pode deixá-los com problemas de outliers, fazendo uma distorção com pontos fora da curva. Além disso, para calcular os índices de Paasche e Laspeyres, é necessário ter conhecimento prévio dos pesos a serem empregados. Ao utilizar pesos pré-determinados, tanto para *inputs* como para *outputs*, obtêm-se resultados virtuais para os mesmos. Já o índice de Malmquist pode ser utilizado com a perspectiva da análise envoltória de dados (DEA) e Fronteira Estocástica.

2.7.1 Índice de Laspeyres

Desenvolvido com o objetivo de determinar a inflação, pelo economista alemão Étienne Laspeyres em 1871, o índice é conhecido como índice da época base.

O Índice de Laspeyres é categorizado como agregativo ponderado, ou seja, média aritmética ponderada dos relativos. Foi elaborado para determinação da inflação, sendo o produto entre a quantidade (peso) pelo preço no tempo a ser estudado, dividido pela quantidade (o mesmo peso) pelo preço no tempo base.

A aplicação para determinar a eficiência (equação 12), proposta pelo próprio autor, provém da substituição do preço pela quantidade, índice orientado ao *input* (equação 13) e *output* (equação 14), determinando a razão entre eles.

Orientado a *outputs*:

$$IL_o = \frac{\sum_{i=1}^m u_{ib} y_{in}}{\sum_{i=1}^m u_{ib} y_{ib}} \quad (12)$$

Onde:

IL_o = índice de Laspeyres orientado a *Output*;

u_{ib} = peso do *Output* i da DMU base;

y_{ib} = quantidade de *Output* i da DMU base;

y_{in} = quantidade de *Output* i da DMU estudada.

Orientado a *inputs*:

$$IL_i = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ib} x_{in}}{\sum_{i=1}^m v_{ib} x_{ib}} \quad (13)$$

Onde:

IL_i = índice de Laspeyres orientado a *Output*;

v_{ib} = peso do *Output* i da DMU base;

x_{ib} = quantidade de *Output* i da DMU base;

x_{in} = quantidade de *Output* i da DMU estudada.

O índice de eficiência *IEL*:

$$IEL = (IL_o)(IL_i) \quad (14)$$

Pode-se simplificar ao afirmar que, determina-se o índice mantendo os pesos constantes e variando de *inputs* ou *outputs* do período estudado. O produto entre o

índice orientado ao *input* e ao *output* mostra a eficiência relativa das quantidades produzidas em relação ao potencial de produção da DMU estudada. No estudo de apenas uma DMU, a técnica deste índice ocorre no problema da padronização de pesos, sendo a aplicação mais complexa ao compararmos duas DMU, tornando isso uma limitação para Laspeyres.

Vicente, Anefalo e Caser (2001) apontam outros problemas que surgiram a partir da década de 1970, mostrando a inadequação da aplicação do índice, tais como: Impossibilidade de existir um peso nulo; Baixa precisão: e que apesar de seu cálculo ser de baixa complexidade, os pesos devem ser fornecidos a priori, o que leva ao problema da subjetividade.

2.7.2 Índice de Paasche

Proveniente da média harmônica dos relativos, ponderada na época atual, o índice de Paasche é recíproco a Laspeyres, pelos valores do último período como peso. O Índice de Paasche também é caracterizado como agregativo ponderado e foi desenvolvido pelo economista alemão Hermann Paasche em 1875. Pode ser calculado mantendo apenas constante o preço no denominador e relativizando as demais variáveis. Assim como o índice de Laspeyres, também pode ser orientado para *output* (equação 15) e *input* (equação 16), cujo produto resulta no índice de eficiência de Paasche.

$$IP_o = \frac{\sum_{i=1}^m u_{in} y_{ib}}{\sum_{i=1}^m u_{in} y_{in}} \quad (15)$$

Onde:

IP_o = índice de Paasche orientado a *Output*;

u_{in} = peso do *Output* i da DMU estudada;

y_{ib} = quantidade de *Output* i da DMU base;

y_{in} = quantidade de *Output* i da DMU estudada.

Orientado a *inputs*:

$$IP_i = \frac{\sum_{i=1}^m v_{in} x_{ib}}{\sum_{i=1}^m v_{in} x_{in}} \quad (16)$$

Onde:

IPL_i = Índice de Paasche orientado a *Output*;

v_{in} = peso do *Output* i da DMU estudada;

x_{ib} = quantidade de *Output* i da DMU base;

x_{in} = quantidade de *Output* i da DMU estudada.

Índice de eficiência de Paasche IEP :

$$IEP = (IL_o)(IL_i) \quad (17)$$

Novamente encontramos as mesmas limitações do índice de Laspeyres. No intuito de resolver alguns problemas apresentados pelos dois índices, Irving Fisher, economista americano, em 1926, propôs um híbrido entre os dois primeiros índices. Em seu livro "*The Making of Index Numbers*" (A criação de números índices), o pesquisador abordava este índice que será visto na próxima seção.

2.7.3 Índice de Fisher

Através da média geométrica entre o índice de Paasche e de Laspeyres, pode-se determinar o índice de Fischer (IEF), como se pode notar pela equação (18), a média geométrica do índice de eficiência de Laspeyres com o índice de eficiência Paasche.

$$IEF = \sqrt{IEF \cdot IEP} \quad (18)$$

Este método permite a análise simultaneamente de uma DMU base com a estudada, conferindo média precisão e complexidade, o que dá uma vantagem aos

dois primeiros índices, porém ainda carrega consigo o problema da subjetividade dos pesos.

2.7.4 Índice de Törnqvist

Sendo mais preciso e preferível aos anteriores (REBELO, 2000), este índice é desenvolvido pela média geométrica ponderada dos pesos a cada par, ou seja, de duas em duas DMU, podendo ser calculado para a orientação dos *inputs*, *outputs* e a eficiência (equação 19).

Orientado aos *outputs*:

$$IT_o = \prod_{i=1}^m \left(\frac{y_{in}}{y_{ib}} \right)^{\frac{W_{ib} + W_{in}}{2}} \quad (19)$$

Onde:

IT_o = Índice Törnqvist orientado a *outputs*;

y_{in} = *output* da DMU estudada;

y_{ib} = *output* da DMU base;

W_{ib} = porcentagem do *output* i no *output* virtual da DMU base;

W_{in} = porcentagem i no *output* virtual da DMU estudada.

Orientado aos *inputs* (equação 20):

$$IT_i = \prod_{i=1}^m \left(\frac{x_{in}}{x_{ib}} \right)^{\frac{V_{ib} + V_{in}}{2}} \quad (20)$$

Onde:

IT_i = índice de Törnqvist orientado a *inputs*;

x_{in} = *Input* da DMU estudada;

x_{ib} = *Input* da DMU base;

V_{ib} = porcentagem do *output* i no *input* virtual da DMU base;

V_{in} = porcentagem i no *output input* da DMU estudada.

Índice de Eficiência de Törnqvist (IET) na equação 21:

$$IET = (IT_o)(IT_i) \quad (21)$$

O ponto negativo do índice de Törnqvist é que o mesmo não admite a existência de valores nulos nas séries de *outputs* e *inputs*. Outra vez se encontra o problema da necessidade do prévio conhecimento dos pesos relacionados aos *inputs* e *outputs*.

2.7.5 Índice de Malmquist

Os índices apresentados até agora possuem limitações já descritas, uma constante em quantidade e variação no preço. O DEA, ao fornecer a eficiência em momentos diferentes, o que varia tanto *inputs* quanto *outputs*, não pode se utilizar das técnicas clássicas para representar a variação da eficiência no tempo. Para resolver esse problema, Färe et al. (1994) utilizou-se da técnica do índice de produtividade de Malmquist, aperfeiçoando-o para explicar também alterações técnicas e de eficiência.

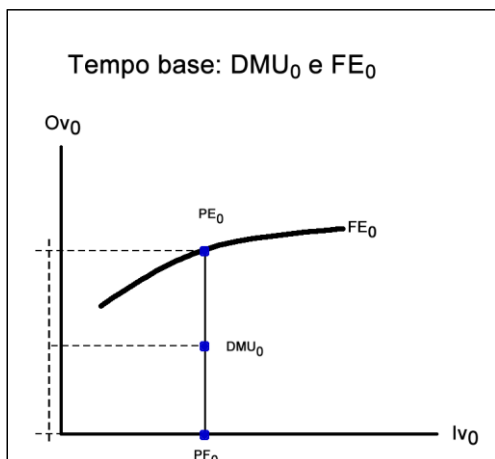
Apesar de ser desenvolvido por Caves em 1982, o autor se inspirou nos estudos do economista sueco Sten Malmquist de 1953 (MARIANO; ALMEIDA; REBELATTO, 2006). Baseado no conceito da equação produção, Malmquist estudava uma forma de comparar a tecnologia de produção de duas economias, aferindo como variáveis o capital e o trabalho, o que ficou conhecido no primeiro momento como Índice de produtividade de Malmquist.

Possuindo princípios diferentes dos demais, o índice de Malmquist avalia a evolução da produtividade de cada unidade, os cálculos são realizados com os conceitos de fronteira de eficiência, calcula de maneira direta a eficiência da unidade e consegue separar o quanto da parcela da evolução produtiva se deu devido à alteração da eficiência produtiva (AE) e à alteração da tecnologia (AT) (REBELO, 2000).

O índice permite a comparação temporal da DMU, porém apenas individual, não a relacionando com outras DMU, de maneira que o índice base da DMU será sempre relativo ao passado. O cálculo é realizado com a comparação entre as distâncias analisadas, relativa a uma fronteira de eficiência, empiricamente construída. Sendo assim necessário um painel de *inputs* e *outputs*, com no mínimo dois tempos diferentes. A fronteira de eficiência pode ser calculada de duas maneiras diferentes: por Análise Envoltória de Dados (DEA) ou pela Estimativa da Fronteira Estocástica.

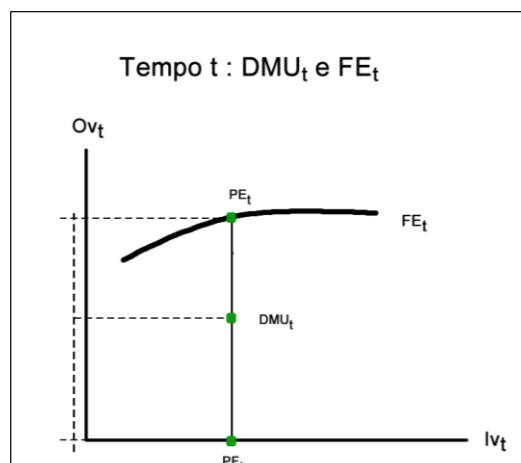
Para efetuar o cálculo é necessário o mínimo de dois períodos que são relacionados entre si, como mostram os gráficos 7 e 8. Orientado ao *output*, o gráfico (7) mostra a projeção da eficiência da DMU₀ no eixo Ov_0 e a diferença da distância desta projeção da posição ao ponto projetado na Fronteira Estocástica (FE₀) no período base. Da mesma maneira, podem ser verificadas no gráfico (8) as projeções para um período t, ou seja, um período após o período base.

Gráfico 7 - Malmquist Tempo Base



Fonte: Rebelo (2000)

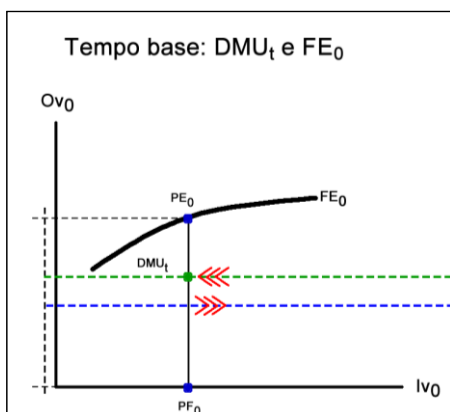
Gráfico 8 - Malmquist Tempo t



Fonte: Rebelo (2000)

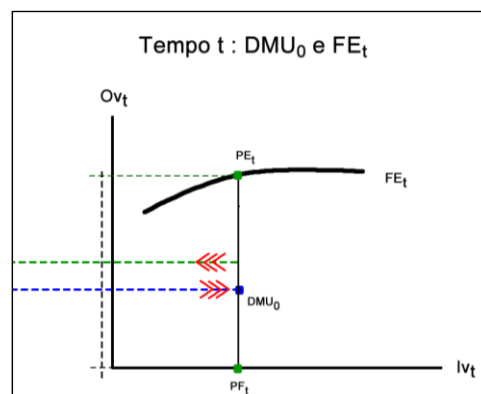
Projetando o tempo t no tempo base, o gráfico 9 mostra a diferença entre as projeções de eficiência, assim como a projeção da DMU no tempo base no tempo t observado no gráfico 10.

Gráfico 9 - Inversão de Tempo Base



Fonte: Rebelo (2000)

Gráfico 10 - Inversão Tempo t



Fonte: Rebelo (2000)

O cálculo do índice de Malmquist envolve a média geométrica entre: (a) relação das eficiências de uma DMU nos períodos t e 0 , calculadas pela distância relativa à fronteira de eficiência do período 0 e (b) a mesma relação das eficiências da DMU nos períodos t e 0 , só que dada pela distância relativa à fronteira de eficiência do período t . Esta média é demonstrada na equação 22.

$$IEM = \sqrt{\frac{D_0(x^t_v, y^t_v) \cdot D_t(x^t_v, y^t_v)}{D_0(x^0_v, y^0_v) \cdot D_t(x^0_v, y^0_v)}} \quad (22)$$

Onde:

$D_0(x^t_v, y^t_v)$ = Distância da DMU no período t relativo à fronteira do período base;

$D_0(x^0_v, y^0_v)$ = Distância da DMU no período base relativa à fronteira do período base;

$D_t(x^0_v, y^0_v)$ = Distância da DMU no período base relativa à fronteira do período t;

$D_t(x^t_v, y^t_v)$ = Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período t.

O índice de Malmquist, segundo Färe et al. (1994), com algumas alterações algébricas, pode mostrar o ganho de eficiência e/ou tecnológico (equação 23), porém a análise deve ser feita com um *input* e um *output* de cada vez.

$$IEM = \left(\sqrt{\frac{D_0(x^t_v, y^t_v) \cdot D_t(x^t_v, y^t_v)}{D_t(x^t_v, y^t_v) \cdot D_0(x^0_v, y^0_v)}} \right) \left(\frac{D_t(x^t_v, y^t_v)}{D_0(x^0_v, y^0_v)} \right) = (AT)(AE) \quad (23)$$

Onde:

AT = Alteração Tecnológica da DMU nos períodos base e t.

AE = Alteração de Eficiência da DMU nos períodos base e t.

A alteração tecnológica (AT) demonstra o quanto da variação de eficiência se deve aos fatores puramente tecnológicos, enquanto a alteração de eficiência (AE) refere-se às variações puramente técnicas e de escala. Logo, dada uma quantidade de *inputs*, o máximo de produção de *outputs* realizado com a tecnologia disponível demonstra a eficiência da DMU (KOOPMANS, 1951). As informações levantadas nesta revisão são base para a montagem da metodologia adotada e descrita no capítulo a seguir.

3 METODOLOGIA

Considerando o objetivo do presente trabalho, o mesmo se caracteriza como aplicado. Este tipo de pesquisa propõe gerar conhecimento para aplicação prática, sendo assim, parte-se da teoria para a construção do modelo, o qual será quantificado posteriormente, classificando como quantitativa a abordagem do problema. Como a pesquisa pretende estabelecer relações entre variáveis, o objetivo se apresenta como exploratório, enquanto os procedimentos técnicos empregados classificam a pesquisa como estudo de caso, pois envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2002).

O primeiro passo foi a identificação do campo de estudo e o objeto a ser estudado, cuja escolha ocorreu com pesquisa realizada em estudos já desenvolvidos, que apontaram arranjos produtivos em certas regiões do estado do Paraná, Brasil e revelou uma RCH entre pousadas (DMU) na Ilha do Mel.

Devido à restrição do modelo DEA, foram selecionadas DMU que possuíam a mesma estrutura de *inputs* e *outputs*, transformando-se em uma amostra homogênea, que para cálculos estatísticos passou a ser considerada como universo.

Preservando a confidencialidade dos dados, optou-se por desenvolver um sistema aleatório de identificação das DMU que, ao mesmo tempo identificava apenas as pertencentes e não pertencentes à RCH.

Para determinar os *inputs* e *outputs* utilizados recorreu-se a outro estudo da literatura, qual apontou que, na prática, não é viável a coleta de dados financeiros, tanto para *inputs* quanto para *outputs*, sendo utilizados apenas dados físicos. O total de hóspedes foi utilizado como o único *output*. Para *inputs*, levou-se em consideração quantidade de leitos, quantidade de unidades habitacionais, acesso à internet, ar-condicionado, televisão e frigobar. Apesar de serem coletados dados sobre quantidade de funcionários temporários e permanentes, o estudo demonstrou baixa correlação com as demais variáveis, o que levou a seu descarte.

Após a coleta dos dados, passou-se para o cálculo DEA-BCC, utilizando o *software* SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), fornecendo um comparativo de *benchmark* geral, porém, identificando DMU que participam ou não de RCH.

A escolha do método BEA-BCC, conhecido como método de retornos variáveis de escala, é sustentado pelo fato de os dados coletados apresentarem variações no *output* sem alterações de *inputs*.

Tais dados gerados pela DEA serviram de apoio no desenvolvimento do Índice de Malmquist. A análise do índice ocorreu pela estatística descritiva das empresas participantes e não participantes da RCH, com apoio do teste de hipótese proposto.

Os dados obtidos e de cada parte desta metodologia estão na seção seguinte.

4 APLICAÇÃO DO MODELO

Assim como já descrito, o primeiro passo será a determinação do objeto e campo de estudo, sendo acompanhado das demais etapas.

4.1 DETERMINAÇÃO DO OBJETO E CAMPO DE ESTUDO

A orientação da literatura sobre RCH é dada pela distribuição geográfica próxima das empresas, certo nível de organização e atividades fins iguais. Desta maneira estariam inseridas no mesmo contexto social, econômico e ambiental. Sobre essa perspectiva, procurou-se identificar quais os setores econômicos que possuíam característica de arranjos produtivos locais, proximidade geográfica, com empresas possuindo mesma atividade fim, participantes e não participantes de uma RCH.

O banco de dados do estado do Paraná disponibilizado pelo IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico Social) serviu como base para identificação dos arranjos produtivos locais, devido à disponibilidade de filtros que poderiam ser utilizados para o propósito deste trabalho.

Um estudo realizado pelo Instituto em 2008, denominado “Identificação e mapeamento das aglomerações produtivas do estado do Paraná”, foi realizado com a metodologia de índice desenvolvido por Suzigan (2001). O método consiste basicamente no cálculo do Gini⁷ Locacional (GL) que indica o grau de concentração espacial de uma determinada classe de indústria e o Quociente Locacional (Especialização Regional QL), que é a razão entre:

- a) A quantidade de empregos de uma determinada classe industrial na região, pela quantidade de empregos da mesma classe industrial em todo o estado.
- b) A quantidade de empregos em todas as classes industriais da região pela quantidade de empregos das classes industriais de todo o estado.

Quanto mais elevado for QL para certa classe de indústria, maior especialização a mesma tem na região estudada e quanto mais concentrado for o arranjo espacial da indústria, mais próximo o índice se aproxima de 1.

⁷ O coeficiente de Gini Locacional é um indicador do grau de concentração espacial de uma determinada classe de indústria em certa base geográfica, como uma região, um estado ou um país. Faz parte do Índice Gini, utilizado para medir desigualdade social, criado pelo matemático italiano Conrado Gini em 1912.

O método foi aplicado nas 39 regiões do estado, utilizando a base de dados do Ministério do Trabalho e Emprego - Relação anual de informações Sociais (MTE-RAIS) Paraná, ano base 2008. Também foram utilizadas informações Fisco-contábeis da Secretaria de Estado da Fazenda do Paraná (SEFA-PR), correspondente ao universo dos estabelecimentos, através das informações extraídas do Documento Fisco-Contábil. Essas informações balizaram o RAIS, pois apresentam informações de entradas (compras), saídas (vendas) e agregação de valores (valor adicional).

Apesar de apontar 12 classes de indústrias extrativistas, 252 de transformação e seis de softwares, o estudo apresentava um problema para esta pesquisa. Em nota, no estudo, o IPARDES alertava que não levou em consideração o índice Gini Locacional, por este não descrever de maneira clara as diferenças regionais. O instituto deixou a correção deste problema para eventuais futuros estudos que, até agosto de 2017, não tinham sido publicados.

O problema de identificação de arranjos poderia estar resolvido, caso a classificação levasse em consideração a região geográfica em sua densidade, logo esta questão importante para o presente estudo estava fora do contexto no trabalho realizado pelo IPARDES.

Várias outras pesquisas foram realizadas para identificar uma região que tivesse as características procuradas. Em uma pesquisa no site do governo do estado do Paraná foram observados que o Programa Nacional de Regionalização do Turismo (Lei federal nº 11.771 de 17 de setembro de 2008) privilegiava regiões com roteiros e produtos consolidados que representam esforços de integração da cadeia do turismo em determinados territórios.

O estado do Paraná possui três dos 65 destinos turísticos prioritários do Ministério do Turismo, são eles Curitiba, Foz do Iguaçu e Ilha do Mel.

Foz do Iguaçu possui uma indústria do turismo consolidada por ter em seu território as Cataratas do Iguaçu, uma das sete maravilhas da natureza, título reconhecido pela Fundação *New Seven Wonders*. A cidade também é identificada pelo turismo de negócios por fazer fronteira com o Paraguai e Argentina, além de atrair convenções nacionais e internacionais, segundo o estudo de cadeias produtivas no Paraná, realizado pelo IPARDES em 2008. O estudo também aponta Curitiba como região com diversos tipos de turismo, entre eles o de negócios e o cultural.

A Ilha do Mel também apresenta empresas com as características procuradas para o estudo: Por se tratar de uma ilha, existe uma proximidade geográfica maior

entre as empresas; Todas as empresas nesta localidade tem a mesma atividade fim, são hospedarias; Existe uma rede formada (Rede Empresarial Ilha do mel); Certa governança eleita pelos membros da rede; Coopetem, Cooperam na logística para obterem *inputs* e competem no mercado onde estão situadas; Não existe uma formalização, ou seja, falta de um contrato entre os membros da rede. Estas relações, para Ammirato e Felicetti (2013) e outros pesquisadores apontados no referencial teórico, identificam a existência de uma RCH. Também possuindo empresas que não participam da RCH, a Ilha do Mel permite a validação do método proposto, logo por estes motivos foi eleita como campo de estudo.

O próximo tópico aborda a estrutura hoteleira e os dados sobre o turismo na Ilha do mel para maior familiarização do campo e objeto de estudo.

4.2 O TURISMO NA ILHA DO MEL

O perfil mais atualizado dos visitantes da Ilha do Mel foi publicado no caderno denominado Pesquisa de Demanda, realizado pelo Observatório do Turismo da FUMTUR, vinculado à Prefeitura municipal de Paranaguá e divulgado em dezembro de 2016, e será escrito nos próximos parágrafos.

Segundo a publicação da FUMTUR, a maior fonte de renda dos moradores provém do turismo, sendo na totalidade, 82,8%, formado por famílias. Com capacidade de lotação controlada, 61,7% dos visitantes se hospedam nas pousadas, 25% em *camping* e 8% em casas de amigos, familiares ou alugam casa.

Existe uma predominância de turistas domésticos (98,6%), sendo que estrangeiros (1,4%) são provenientes da Argentina, Paraguai, Chile, Cuba, Inglaterra, Itália, Portugal e Estados Unidos. Entre os turistas domésticos, 74% são do estado do Paraná; seguido de Santa Catarina, 9,5%; São Paulo, 8,4%; Rio de Janeiro, 3,3%; Rio Grande do Sul, 1,3% e os demais estados contando com 3,5%.

Os turistas preferem visitar a localidade de Nova Brasília (56,4%), sendo que Encantadas é visitada por 37,7%, mas há turistas que visitam as duas localidades (5,9%). Nova Brasília possui a maioria de pousadas, *camping* e restaurantes comparados à localidade de Encantadas, o que pode explicar esta diferença.

A maior motivação do turista é o lazer (96,5%), a prática de esportes é responsável por apenas 1,9% da demanda dos turistas, assim como negócios e outros

motivos somam 1,6%. Consegue-se entender esses dados, relacionando-os com o fato de a maioria dos turistas serem compostos de família.

De maneira geral, o estudo demonstra que a maioria avalia como bom o serviço prestado na ilha, com alguns destaques apontados pela pesquisa, como elogios à estrutura, aos meios de hospedagem e à paisagem.

A reclamação mais comum é a falta de banheiro, sinalização deficiente, local de embarque, preços e chuveiros. Fato que pode explicar, porque 19% dos visitantes retornam todo ano e 34% raramente retornam.

Apesar de ainda ter uma estrutura precária (dados do estudo), como mencionado no referencial teórico, há muitas pousadas, as quais contam com estruturas que vão da simples pernoite até hidromassagem e piscina aquecida.

É neste contexto que se inicia o estudo, com essas especificações e credenciais pretende-se compreender a produtividade e eficiência das pousadas. No próximo tópico será relacionado melhor o objeto e campo de estudo.

4.3 OBJETO E CAMPO DE ESTUDO

Uma vez, sendo eleito a Ilha do mel como campo de estudo, o objeto de estudo desta pesquisa se delimita às empresas do ramo hoteleiro pertencentes e não pertencentes a uma RCH.

No Brasil não existem dados oficiais sobre a rede hoteleira (CUNTO et al., 2015). Um levantamento realizado pelo JLL Hotels e Hospitality Group (2016) com 460 hotéis, *resorts* e *flats* mostra o perfil da rede hoteleira, apresentado nas linhas abaixo.

Segundo a pesquisa, o Brasil possui 10.050 hotéis, sendo que 14,9% são de marcas nacionais, 17,2% de marcas internacionais, 8% de hotéis independentes com até 20 quartos e 59,6% independentes com mais de 20 quartos.

A questão da independência do hotel significa que o mesmo não possui filiais, o que chama a atenção por ser a maioria, 67,6% da população, ou seja, unidades sem bandeira oficial. Por serem unidades individuais, são sensíveis a mudanças econômicas e tecnológicas, bem como a concorrência com grandes empresas. A isso se observa a necessidade de cooperação entre esses atores, como uma maneira de vencer as adversidades.

Para a realização da investigação adota-se como campo de estudo a Ilha do Mel, pertencente ao município de Paranaguá, litoral do Paraná, Brasil. A ilha apresenta características que possibilitaram a realização do estudo, como a localização, pequena distribuição geográfica, padrão pré-determinado de construção, regulamentado por lei, não concessão comercial posterior a 2010, infraestrutura igual para todas as empresas, bem como a existência de uma rede de cooperação entre as pousadas.

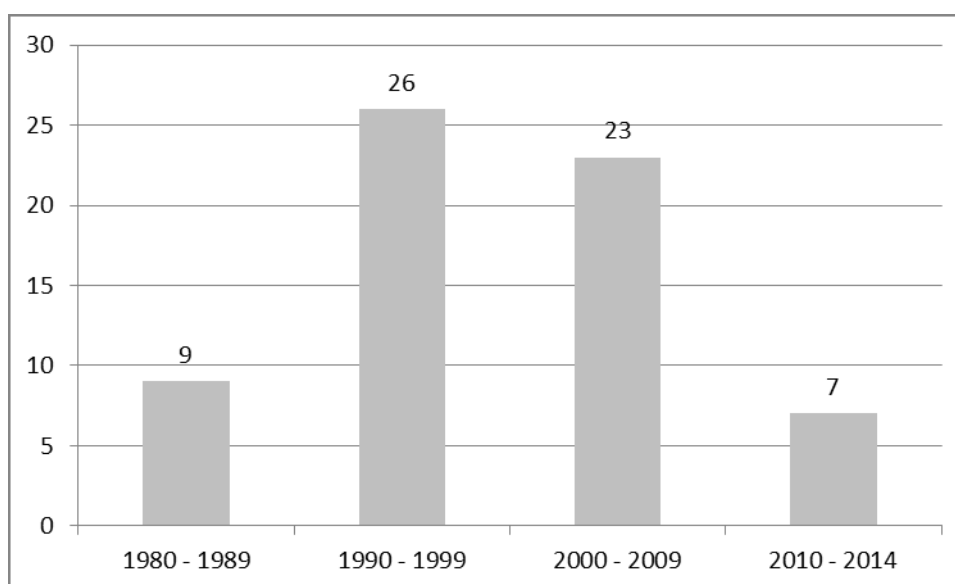
Segundo estudo realizado pelas FUMTUR (Fundação Municipal de Turismo de Paranaguá) em 2015, a ilha contava com 81 pousadas, sendo 38 na localidade de Encantadas, extremo sul da Ilha e 43 ao norte, na localidade de Brasília.

Administrada desde 1982 pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná), a ilha possui o sistema de concessões e utilização regido pelo plano de zoneamento e regulamentado pela lei estadual nº 16037 de 8 de janeiro de 2009. Dos seus 2700 hectares, foram destinados 200 hectares para ocupação residencial ou comercial, com especificações que padronizam as construções, na seção II, artigo 16 e 17 e na seção III, artigo 18 parágrafos 1º e 2º da mesma lei. Essa padronização permite que o presente estudo seja realizado em empresas que ocupam a ilha de maneira uniforme em termos de tamanho e construção, diferenciadas em aproveitamento espacial e serviços ofertados, sendo estes definidos pelos proprietários das pousadas.

As concessões dadas pelo IAP observam as exigências da lei acima citada, nota-se que entre 1990 a 2009, período anterior a lei, foram expedidas 49 concessões e desde a publicação da lei apenas sete concessões foram feitas, sendo a última em 2014, como se pode observar no gráfico (11).

Porém, as sete concessões realizadas entre 2010 e 2015 não foram comerciais e sim residenciais aos nativos da ilha, fato que revela outra vantagem ao estudo, já que as pousadas estudadas estão situadas na ilha antes do período de desenvolvimento da pesquisa, que coletou dados de 2011 a 2015. O que aconteceu com algumas pousadas foi a mudança de nome e adaptações realizadas, um exemplo é a pousada Colmeia que passou a se chamar *Bee House*⁸ em 2014 e também adaptou seus quartos com ar-condicionado, televisão a cabo, internet e frigobar, ponto muito importante para análise deste estudo.

⁸ *Bee House – Casa da abelha ou Colmeia*

Gráfico 11 - Concessões na Ilha do Mel

Fonte: FUMTUR (2015)

Em 2010, algumas empresas reuniram-se para fundar a Rede Empresarial Ilha do Mel (REIM), com o intuito de fortalecimento do turismo e da ajuda mútua entre seus integrantes, principalmente na compra e transporte dos insumos, uma vez que para chegar à ilha, o único meio é o barco e dentro da ilha não são permitidos os veículos motorizados, salvo carrinhos movidos a energia elétrica, utilizados para fazer a coleta de lixo. A REIM conta com sete empresas na localidade de Encantadas e 10 empresas em Brasília.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS Pousadas

O sigilo dos nomes das empresas estudadas entra em conflito com a necessidade de identificar a localização, bem como se a empresa pertence à Rede, algo de grande importância para alcançar o objetivo do presente estudo.

Com o intuito de manter este sigilo, optou-se por codificá-las de maneira que fossem preservados dados importantes para o estudo, como a localização (Encantadas ou Brasília) e se pertence ou não à Rede.

Desta maneira houve a divisão da localização entre as empresas, acrescentando letras para identificá-las. As pousadas localizadas em Brasília receberam a letra “B”, as situadas em Encantadas receberam a letra “E”.

Na sequência foram separadas entre as pertencentes à rede local, atribuindo a elas a letra “P”, e as não pertencentes à rede pela letra “N”.

Após identificar onde se situavam as empresas e, se pertencem ou não à rede, as pousadas receberam um número de maneira aleatória utilizando o software Excel⁹.

O resultado da nomenclatura desenvolvida pode ser verificado como, por exemplo, BN1 que indica uma pousada em Brasília (B), não pertencente à rede (N) identificada com o número 1. Da mesma forma, por outro exemplo, uma pousada que recebeu a sigla EP1, significa que esta empresa se localiza em Encantadas (E), é participante da rede (P) e identificada com o número 1.

Com o desenvolvimento da nomenclatura foi possível classificar as empresas para o propósito do estudo, localização e rede, mantendo em sigilo seus nomes.

4.5 SELEÇÃO DE *INPUTS* E DMU

Para produzir um bem ou serviço (*output*), é necessário o uso dos fatores de produção (*inputs*). Tais fatores são descritos na literatura como terra (que no contexto atual são os insumos), capital e trabalho (mão-de-obra) (VARIAN, 2012).

Objetivando determinar quais são os *inputs* e *outputs* do ramo hoteleiro que são utilizados no mundo acadêmico, fez-se uma pesquisa de artigos em um período de 10 anos (2006-2016) nas bases *Academic Search Premier - ASP* (EBSCO), *Cambridge University Press*, *Emerald*, *IEEE Explore*, *OXFORD*, *SAGE*, *Science Direct*, *Scopus*, *Springer* e *Web of Science*,

Após a leitura dos artigos, classificam-se sete grupos de *inputs* e quatro grupos os *outputs*. Interessante observar que há autores que utilizam tanto para *inputs* quanto para *outputs* unidades monetárias e de quantidade e, em alguns casos, os dois ao mesmo tempo.

A leitura proporcionou a classificação das variáveis em três categorias principais: financeiros, físicos e uma combinação de ambos, pois os autores assim faziam citando Ball et al. (1986). O agrupamento das variáveis de *input* pode ser visto no quadro 7.

⁹ *Microsoft Office Excel*, Planilha Eletrônica do Pacote *Office*, Marca registrada de *Microsoft Corporation*.

Quadro 7 - Grupos de Inputs

Grupo Input	Físico	Financeiro
Disponibilidade de Mão-de-Obra	Número de Funcionários Total de Horas Trabalhadas	Custo com Funcionários Custo com Trabalho
Disponibilidade de Refeições	Capacidade de ofertar Alimentação Capacidade de Refeições	Custo com Refeições
Disponibilidade de Bebidas	Capacidade de Bebidas Capacidade de ofertar Bebidas	Custo com Bebidas
Disponibilidade de Leitos	Leitos Disponíveis Número de Camas Número de Camas / Leitos Número de Quartos / Leitos Quantidades de Leitos	
Disponibilidade de Outros Serviços		Custo por Serviços Prestados
Disponibilidade de Capital		Capital Empregado (Inicial e/ou Ampliação)
Disponibilidade de Materiais e Manutenção		Custo com Materiais para Manutenção

Fonte: O autor

A análise realizada com os *inputs* mostra que 64,81% das variáveis eram de categoria financeira. O *input* mão-de-obra não foi utilizada apenas no estudo “*Benchmarking hotel industry in a multi-period context with DEA approaches: a case study*” de Wu, Lan e Lee (2013), que levou em consideração o número de Camas / Leitos. Porém esta variável teve mais abordagens físicas do que financeiras, nos demais trabalhos, o que pode ser observado na tabela (5).

Tabela 5 - Variáveis do Grupo Input

Input (Grupo)	Categoria		Total
	Físico	Financeiro	
Disponibilidade de Mão de Obra	7	6	13
Disponibilidade de Refeições	2	7	9
Disponibilidade de Bebidas	2	7	9
Disponibilidade de Leitos	8		8
Disponibilidade de Materiais e Manutenção		7	7
Disponibilidade de Outros Serviços		4	4
Disponibilidade de Capital		4	4
Total	19	35	54

Fonte: O autor

Para utilizar o modelo DEA-BCC é necessário que as empresas estudadas possuam o mesmo número de *inputs* e *outputs* (CHARNES et al., 1994). Devido a esta restrição, a seleção das DMU a serem estudadas ocorre naturalmente ao selecionar os *inputs* e *outputs*.

Apesar do que mostra o estudo realizado e, no que tange aos *inputs* e *outputs* financeiros, inicialmente foi considerado esta variável, mas na prática apenas duas empresas estavam dispostas a fornecer tais dados, o que inviabilizava o estudo

devido à redução da amostra. Disponibilidade de refeições e bebidas também se tornaram inviáveis para este estudo, uma vez que nem todas as pousadas ofertavam esses serviços.

As pousadas se diferenciavam pelo número de unidades habitacionais, leitos e quantidade de funcionários. Também com o que ofereciam como refeições, internet em área comum e/ou na unidade habitacional, ar condicionado, televisão, frigobar, cofre, *room service*, lavanderia e secador. Outras ofereciam na área comum salão de jogos, piscina e bar. Essa diferença criou a necessidade do desenvolvimento de filtros para identificar as DMU, dentro e fora da rede, que tivessem os mesmos *inputs* e *outputs*.

O estudo da FUMTUR serviu de base para descrição dos *inputs*, pois apresenta, dividido por pousada, cada serviço e produto oferecido. Em posse dessas informações, foi criada uma tabela em que as linhas representam as DMU e as colunas os serviços/produtos oferecidos. Os *inputs* oferecidos foram divididos em quatro categorias:

- Capacidade: Número de Unidades Habitacionais (UH); Número de leitos.
- Serviços e produtos nas UH; Internet, ar condicionado, Ventilador de teto; Televisão; Frigobar; Secador de cabelo; Cofre; Hidromassagem; *Room Service*.¹⁰
- Serviços e produtos na área comum: Internet; Sala de jogos; Restaurante; Cozinha própria; lavanderia e piscina.
- Funcionários: Permanentes; Temporários.

O próximo passo teve como objetivo verificar quais as DMU possuíam os mesmos *inputs*, cuja identificação é demonstrado no quadro 8.

¹⁰ *Room Service* – Serviços de quarto.

Quadro 8 - Identificação dos Inputs e Outputs

DMU	UH	Capacidade (Leitos)	Internet	Ar Condicionado	TV	Frigobar	Funcionários Permanentes
BN2	13	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BN3	5	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BN4	7	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BN8	6	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BP9	15	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BP12	24	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BN16	11	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BP20	12	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BN33	6	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BP34	9	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
BN42	9	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EN8	3	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EP11	17	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EN17	9	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EN23	9	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: O autor

A seleção dos *inputs* ficou de acordo com a literatura estudada, mantendo a mesma quantidade de *inputs* entre as DMU investigadas, adotando as categorias: Capacidade de leitos (UH e Quantidade de Leitos), Disponibilidade de mão de obra (Funcionários Permanentes) e Outros Serviços (Internet, Televisão e Frigobar).

Com as categorias delimitadas, fez-se a quantificação dos *inputs* baseados na capacidade das DMU, valores que serão utilizados nos cálculos e análise. Esta quantificação se deu da seguinte maneira:

- UH (Unidade Habitacional): Quantidade de unidades em cada DMU;
- Capacidade de Leitos: Número de acomodações nas UH;
- Internet: Quantidade baseada em número de acomodações, capacidade de hospedagem.
- Ar condicionado: Quantidade baseada na quantidade de UH;
- Televisão: Quantidade baseada na quantidade de UH;
- Frigobar: Quantidade baseada na quantidade de UH;
- Funcionários permanentes: Quantidade de funcionários registrados.

Esta quantificação pode ser observada no quadro 9:

Quadro 9 - Quantificação de Inputs

Localidade	DMU	UH	Capacidade e (Leitos)	Internet	Ar Condicionado	TV	Frigobar	Funcionários Permanentes
Brasília	BN2	13	49	49	13	13	13	21
	BN3	5	16	16	5	5	5	10
	BN4	7	14	14	7	7	7	10
	BN8	6	13	13	6	6	6	2
	BP9	9	30	56	15	15	15	5
	BP12	3	8	70	24	24	24	3
	BN16	15	56	45	11	11	11	10
	BP20	17	50	24	12	12	12	20
	BN33	24	70	17	6	6	6	17
	BP34	9	25	25	9	9	9	23
	BN42	11	45	30	9	9	9	6
Encantadas	EN8	12	24	8	3	3	3	1
	EP11	9	27	50	17	17	17	3
	EN17	6	17	25	9	9	9	2
	EN23	9	25	27	9	9	9	7

Fonte: O autor (2016)

O presente estudo leva em consideração tanto o *input* UH quanto a Capacidade de leitos, pois a distribuição e o arranjo do *Layout* influenciam na eficiência. Pode-se observar este fato ao se comparar, por exemplo, duas DMU, a BN16 e a BP20. A primeira possui 15 UH com a capacidade de 56 leitos, já a segunda possui maior número de UH (17) e menor número de leitos (50).

A correlação entre *inputs* e *outputs* poderá ser verificada no capítulo de Resultados e Discussões.

Desta maneira, ficaram pré-determinadas 15 empresas e sete *inputs* capacitados para serem utilizados no modelo DEA. A maior concentração das DMU está na localidade de Brasília (11 pousadas), sendo que em Encantadas encontram-se 4 empresas a serem investigadas. Dentre as empresas, 5 fazem parte da rede, sendo apenas 1 localizada em Encantadas.

4.6 SELEÇÃO DE *OUTPUTS*

Na análise dos *outputs* utilizados na literatura, proveniente do estudo bibliográfico acima citado, não se observou diferença quanto aos *inputs*, uma vez que 62,9% das variáveis também eram de categoria financeira.

Dois artigos apresentaram variáveis mistas, Foo et al. (2011) e Tsai, Wu e Zhou (2011), além de levarem em consideração as quantidades de leitos ocupados, também levaram em consideração a receita gerada por esses leitos. As variáveis: Leitos Ocupados, Refeições Servidas e Bebidas Servidas estão presentes em 81,5% dos artigos estudados, como mostra a tabela 6, e serão adotadas como *output* no modelo desenvolvido neste trabalho.

Tabela 6 - Categorias de Outputs

<i>Output</i> (Grupo)	Categoria		Total
	Físico	Financeiro	
Leitos Ocupados	9	7	16
Refeições Servidas	5	9	14
Bebidas Servidas	5	9	14
Outros Serviços Utilizados	1	9	10
Total	20	34	54

Fonte: O autor (2016)

Aplicando as informações coletadas ao estudo, descartou-se a categoria financeira pelo mesmo fato que foi descartado pelos *inputs*, a falta de disposição da empresa em revelar os dados. As refeições e bebidas servidas não foram consideradas no estudo por não serem ofertadas por todas as pousadas, assim como a categoria “outros serviços”. Essas delimitações levaram a pesquisa para focar em Leitos Ocupados como *output* a ser adotado.

4.7 CÁLCULO DEA-BCC

O cálculo foi realizado pelo *software* SAID,¹¹ que somente aceita como identificação a numeração de DMU, organizada em um bloco de texto. Desta maneira,

¹¹ SAID: *Software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão, desenvolvido pelo grupo de Apoio à Decisão da Universidade Federal Fluminense.

a nomenclatura das empresas deve ser substituída de maneira padronizada, como se encontra na tabela 7.

Tabela 7 - DMU Organizadas para Inserção de Dados no Programa

Empresa	DMU
BN2	DMU1
BN3	DMU2
BN4	DMU3
BN8	DMU4
BP9	DMU5
BP12	DMU6
BN16	DMU7
BP20	DMU8
BN33	DMU9
BP34	DMU10
BN42	DMU11
EN8	DMU12
EP11	DMU13
EN17	DMU14
EN23	DMU15

Fonte: O autor

As cinco empresas participantes da RCH estão situadas nas cinco últimas posições da tabela (18), o que ajuda na organização para análise de resultados. A disposição dos dados de *Input* e *Output* deve ser organizada seguindo respectivamente esta mesma sequência.

O resultado do cálculo fornece os pesos relativos a cada variável, bem como os *benchmarks* relativos a cada DMU em cada ano. Além da análise realizada nos resultados DEA-BCC, os resultados fornecem subsídios para o cálculo de Malmquist, no qual verifica-se o comportamento do índice de eficiência de cada DMU em escala temporal.

4.8 CÁLCULO DO ÍNDICE DE MALMQUIST

O cálculo do Índice de Malmquist foi realizado em planilha do EXCEL®, preparada para gerar a partir de um dado ano a sua relação com o ano seguinte.

A alteração de eficiência se deu pela operação da razão entre o valor DEA-BCC do ano t+1 com o ano t, ou seja, a razão do valor DEA-BCC do ano posterior ao ano base com o ano base.

Já para o cálculo da alteração tecnológica são necessárias as três operações:

1 - Razão entre o DEA-BCC utilizando *inputs* e *outputs* do ano t+1 com os pesos do DEA-BCC do ano base, pelo DEA-BCC do ano t+1.

2 - Razão entre o DEA-BCC do ano base pelo peso do ano t+1 com *inputs* e *output* do ano base.

3 - Produto entre a operação 1 e 2.

O produto dos dois resultados, alteração de eficiência e tecnologia, resulta no Índice de Malmquist, que será utilizado na análise temporal.

Devido à metodologia para cálculo DEA, a etapa 2 e 3 se confundem. O método exige que as DMU possuam os mesmo *inputs* e *outputs*, que, ao serem eleitos, excluem automaticamente DMU não homogêneas. Isso foi feito através de uma planilha que identificou quais os *inputs*, *outputs* e DMU seriam investigados sob o foco do método DEA-BCC.

De posse das informações, elaborou-se a tabela para inserção de dados e iniciou-se a pesquisa de campo, realizada entre 13 a 19 de janeiro de 2017, para coletar dados primários das empresas, correspondentes ao período de 2011 a 2015, *in loco*.

Com os dados coletados, foi utilizado o software SIAD v.3 para apurar os resultados DEA. Os resultados foram utilizados para o cálculo do Índice de Malmquist, que revela a evolução temporal da eficiência das DMU.

Por fim, a análise e conclusão foram realizadas com base na comparação dos *benchmarks* gerados pela DEA e a evolução do Índice de Malmquist entre as empresas que fazem parte da RCH e as que não fazem parte.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quantidade de dados coletados, bem como os gerados no estudo, está estruturada de maneira que na sequência seja possível analisar os *outputs* dos cinco anos estudados. Nesse período, percebe-se um padrão de redução generalizada nos *outputs*, influenciando a conclusão do estudo.

Os dados foram coletados das quinze DMUs selecionadas, como descritos na metodologia, resultando no material necessário para gerar o modelo.

Após a apresentação dos dados coletados, serão apresentados os resultados gerados pelo modelo DEA-BCC, bem como os *benchmarks*, de maneira comparativa entre as empresas que participam e as que não participam da RCH.

Como o DEA-BCC mostra a eficiência de uma DMU em relação às outras, será calculado o Índice de Malmquist para a avaliação da Produtividade (IM), Alteração Tecnológica (AT) e Alteração de Eficiência (AE).

Por fim, aplicam-se os testes de hipótese no intuito de determinar se houve alteração no IM, na AT e AE entre as empresas participantes e não participantes da RCH. Com esses passos, observando e analisando a evolução dos dados nos cinco anos pesquisados, será realizada a conclusão para que se possa alcançar o objetivo proposto no estudo.

5.1 DMU, *INPUTS* E *OUTPUTS*

O motivo de colocar DMU, *inputs* e *outputs* no mesmo tópico se dá devido ao método DEA-BCC que, como já mencionado, define o universo das DMU através dos *inputs* e *outputs* que as empresas têm em comum. Outro fato é que durante os cinco anos estudados não se observam alterações dos *inputs* e sua quantificação pode ser verificada no apêndice (A). Definidas as DMU a serem estudadas e, para não incorrer no problema de analisar variáveis que não possuem relação com o *output*, foi realizado o estudo de correlação entre *inputs* e *output*, revelando a baixa correlação entre a quantidade de funcionários e as demais variáveis, fato que pode ser verificado na tabela (8).

Tabela 8 - Correlações Entre as Variáveis

Correlação 2011								
	<i>Output</i>	<i>Nº UH</i>	<i>Capacidade (Leitos)</i>	<i>Internet</i>	<i>Ar Condicionado</i>	<i>Televisão</i>	<i>Frigobar</i>	<i>Funcionários</i>
Output	1							
Nº UH	0,92	1						
Capacidade (Leitos)	1	0,94	1					
Internet	1	0,94	1	1				
Ar Condicionado	0,92	1	0,94	0,94	1			
Televisão	0,92	1	0,94	0,94	1	1		
Frigobar	0,92	1	0,94	0,94	1	1	1	
Funcionários	0,55	0,53	0,55	0,55	0,53	0,53	0,53	1
Correlação 2012								
	<i>Output</i>	<i>Nº UH</i>	<i>Capacidade (Leitos)</i>	<i>Internet</i>	<i>Ar Condicionado</i>	<i>Televisão</i>	<i>Frigobar</i>	<i>Funcionários</i>
Output	1							
Nº UH	0,90	1						
Capacidade (Leitos)	0,99	0,94	1					
Internet	0,99	0,94	1	1				
Ar Condicionado	0,90	1	0,94	0,94	1			
Televisão	0,90	1	0,94	0,94	1	1		
Frigobar	0,90	1	0,94	0,94	1	1	1	
Funcionários	0,56	0,53	0,55	0,55	0,53	0,53	0,53	1
Correlação 2012								
	<i>Output</i>	<i>Nº UH</i>	<i>Capacidade (Leitos)</i>	<i>Internet</i>	<i>Ar Condicionado</i>	<i>Televisão</i>	<i>Frigobar</i>	<i>Funcionários</i>
Output	1							
Nº UH	0,90	1						
Capacidade (Leitos)	0,99	0,94	1					
Internet	0,99	0,94	1	1				
Ar Condicionado	0,90	1	0,94	0,94	1			
Televisão	0,90	1	0,94	0,94	1	1		
Frigobar	0,90	1	0,94	0,94	1	1	1	
Funcionários	0,56	0,53	0,55	0,55	0,53	0,53	0,53	1
Correlação 2014								
	<i>Output</i>	<i>Nº UH</i>	<i>Capacidade (Leitos)</i>	<i>Internet</i>	<i>Ar Condicionado</i>	<i>Televisão</i>	<i>Frigobar</i>	<i>Funcionários</i>
Output	1							
Nº UH	0,93	1						
Capacidade (Leitos)	1	0,94	1					
Internet	1	0,94	1	1				
Ar Condicionado	0,93	1	0,94	0,94	1			
Televisão	0,93	1	0,94	0,94	1	1		
Frigobar	0,93	1	0,94	0,94	1	1	1	
Funcionários	0,57	0,53	0,55	0,55	0,53	0,53	0,53	1
Correlação 2015								
	<i>Output</i>	<i>Nº UH</i>	<i>Capacidade (Leitos)</i>	<i>Internet</i>	<i>Ar Condicionado</i>	<i>Televisão</i>	<i>Frigobar</i>	<i>Funcionários</i>
Output	1							
Nº UH	0,93	1						
Capacidade (Leitos)	1	0,94	1					
Internet	1	0,94	1	1				
Ar Condicionado	0,93	1	0,94	0,94	1			
Televisão	0,93	1	0,94	0,94	1	1		
Frigobar	0,93	1	0,94	0,94	1	1	1	
Funcionários	0,58	0,53	0,55	0,55	0,53	0,53	0,53	1

Fonte: O autor (2017)

Por esse motivo, a variável “funcionário” não fará parte dos cálculos de DEA-BCC e Malmquist. O resultado mostra a correlação forte positiva das variáveis independentes (*inputs*) sobre a variável dependente (*output*), é compreensivo em termos estatísticos, em que sua interpretação provém da linearização, por exemplo, quanto maior a quantidade de leitos, maior será a capacidade produtiva e a geração de *output*.

Uma empresa pode ver sua produção diminuir por problemas como a queda na demanda. Esta pode ser ocasionada por problemas de renda, inflação, entre outras variáveis macroeconômicas, porém mesmo com estas externalidades uma empresa pode permanecer ou se tornar eficiente em comparação às demais.

Uma breve análise dos *outputs* coletados e apresentados na tabela 9 mostra que, nos anos estudados, houve uma redução de ocupação generalizada nas DMU estudadas.

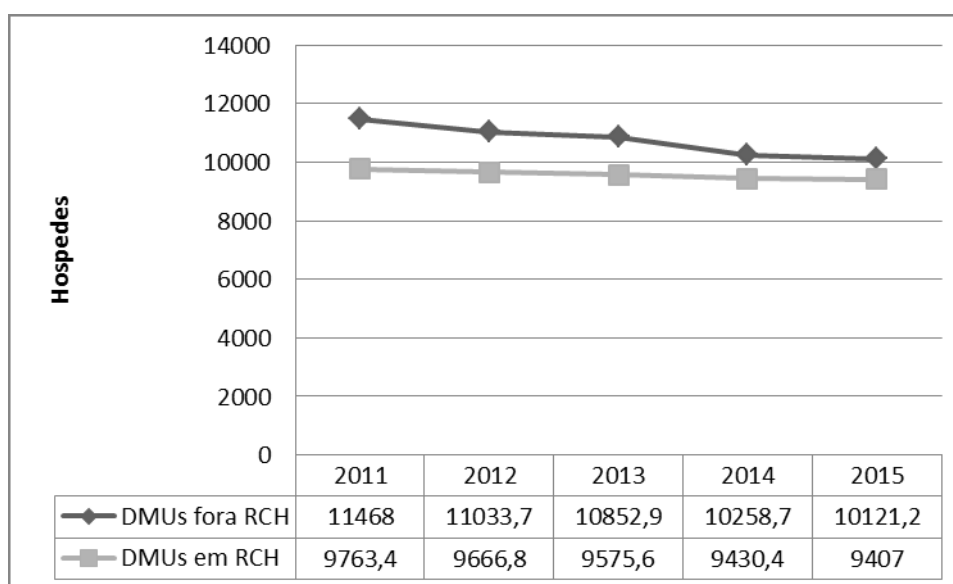
Tabela 9 - Dados dos Outputs Coletados

Empresa	DMU	Ocupação				
		2011	2012	2013	2014	2015
BN2	DMU1	17.527	17.037	16.633	15.560	15.381
BN3	DMU2	5.782	5.680	5.606	5.256	5.198
BN4	DMU3	4.855	4.765	4.803	4.497	4.497
BN8	DMU4	4.650	4.473	4.271	4.033	4.033
BN16	DMU5	20.236	19.881	17.987	17.578	17.374
BN33	DMU6	22.995	21.008	23.251	21.718	21.462
BN42	DMU7	15.932	15.482	14.783	13.961	13.633
EN8	DMU8	8.322	7.993	7.796	7.446	7.096
EN17	DMU9	5.895	5.600	5.460	4.964	4.964
EN23	DMU10	8.486	8.418	7.939	7.574	7.574
BP9	DMU11	10.184	9.992	9.965	9.746	9.855
BP12	DMU12	2.891	2.869	2.803	2.774	2.716
BP20	DMU13	17.338	17.202	17.338	17.155	16.608
BP34	DMU14	8.943	8.784	8.213	8.213	8.395
EP11	DMU15	9.461	9.487	9.559	9.264	9.461

Fonte: O autor (2017)

Essa redução na ocupação das pousadas se deu tanto para as que participavam quanto para as que não participavam da RCH. Os números indicam uma queda média acumulada de 12% para as que não participavam da RCH e 4% para as que participavam. Fato que pode ser verificado no gráfico 12.

Gráfico 12 - Variação de Ocupação



Fonte: O autor (2017)

A regressão linear mostrou que a taxa de queda, ou seja, o coeficiente angular está mais tênue nas empresas que participam da RCH (-94,92), para os que não participam este coeficiente foi de -346,86.

Ao comparar os dois grupos, somando todos os valores dos *outputs* das pousadas que participam da RCH com a soma de todos os *outputs* das pousadas que não participam da rede, notou-se que existe uma correlação muito forte positiva, sendo que seu valor 0,994 indica que ambas sofreram as mesmas influências externas.

Tabela 10 - Variação Acumulada nas Hospedagens

Empresas	DMU	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Soma
Não participantes da RCH	BN2	-0,03	-0,02	-0,06	-0,01	-0,13
	BN3	-0,02	-0,01	-0,06	-0,01	-0,10
	BN4	-0,02	0,01	-0,06	0,00	-0,07
	BN8	-0,04	-0,05	-0,06	0,00	-0,14
	BN16	-0,02	-0,10	-0,02	-0,01	-0,15
	BN33	-0,09	0,11	-0,07	-0,01	-0,06
	BN42	-0,03	-0,05	-0,06	-0,02	-0,15
	EN8	-0,04	-0,02	-0,04	-0,05	-0,16
	EN17	-0,05	-0,03	-0,09	0,00	-0,17
	EN23	-0,01	-0,06	-0,05	0,00	-0,11
Participantes da RCH	BP9	-0,02	0,00	-0,02	0,01	-0,03
	BP12	-0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,06
	BP20	-0,01	0,01	-0,01	-0,03	-0,04
	BP34	-0,02	-0,07	0,00	0,02	-0,06
	EP11	0,00	0,01	-0,03	0,02	0,00

Fonte: O autor (2017)

Um dado interessante está relacionado à DMU15, empresa EP11, que no acumulado do período não sofreu perda (Tabela 10), ou seja, em 2015 esta empresa participante da RCH conseguiu recuperar as perdas do período.

Em geral, as empresas que não participavam da RCH tiveram maior variação de queda acumulada entre 2013 e 2014, porém para as empresas participantes, ocorreu queda apenas entre 2012 e 2013. Lembrando que a RCH foi constituída em 2011, pode-se especular que as empresas participantes da RCH tiveram uma recuperação mais rápida que aquelas que não participavam.

Uma empresa pode ser mais eficiente em relação a outras, mesmo com a queda da produção e, em nosso estudo, a queda foi generalizada. Para não surgirem problemas com a sazonalidade, foi definido o estudo anual, que concentra a soma de toda a ocupação, independente da comparação de um mês em relação ao mesmo mês do ano anterior.

Tendo já definidas as variáveis e DMU que farão parte do estudo, bem como resolvido problemas com sazonalidade e esclarecido a evolução negativa do *output*, calcula-se a eficiência com as técnicas do DEA-BCC na próxima sessão.

5.2 RESULTADOS DEA

A análise dos resultados nesta etapa baseia-se primeiramente em verificar a cada ano, quais DMU foram mais eficientes segundo o método. Podemos iniciar a análise verificando a tabela 11.

Para esta análise precisamos de mais informações, uma vez que em números absolutos ocorrem distorções devido à quantidade de DMU que participam da RCH ser menor do que as que estão fora da rede. A verificação se dá ao observar que, em 2011, três DMU que estão fora da rede são referências, ao passo que apenas uma dentro da rede se torna referência.

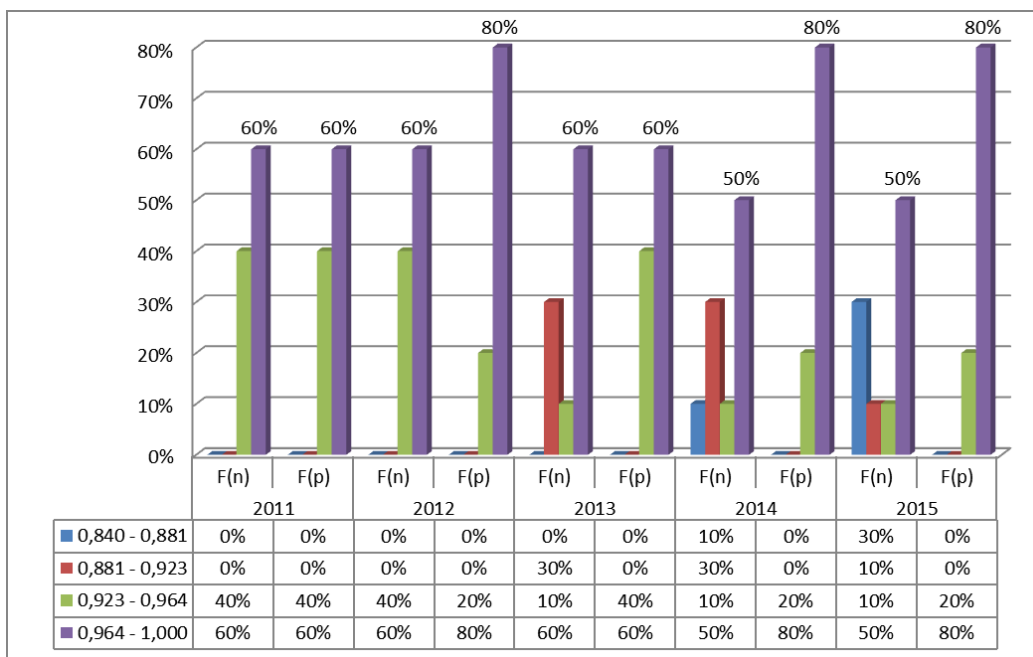
Tabela 11 - Resultado DEA

Empresas	DMU	2011	2012	2013	2014	2015
Não participantes da RCH	BN2	0,994	0,985	1,000	1,000	1,000
	BN3	1,000	0,996	1,000	0,992	0,992
	BN4	0,960	0,954	0,973	0,931	0,928
	BN8	0,990	0,964	0,932	0,899	0,898
	BN16	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	BN33	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	BN42	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	EN8	0,960	0,936	0,918	0,902	0,845
	EN17	0,960	0,924	0,910	0,848	0,840
	EN23	0,939	0,946	0,897	0,881	0,866
Participantes da RCH	BP9	0,939	0,937	0,957	0,983	0,990
	BP12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	BP20	0,960	0,969	1,000	1,000	1,000
	BP34	0,990	0,988	0,928	0,956	0,959
	EP11	0,970	0,988	1,000	1,000	1,000

Fonte: O autor (2017)

Ao relativizar divide-se em dois grupos, participante e não participante e compara-se dentro de cada grupo o percentual de empresas que se tornam referência. Para isso organizou-se uma distribuição de classes, com score inferior de 0,840 e superior igual a 1. Para identificar os dois grupos, bem como identificar sua frequência, as DMU participantes da rede receberam a sigla de frequência f(p), enquanto as não participantes f(n) e sua representação pode ser analisada pelo gráfico 14.

Gráfico 13 - Distribuição de Classes DEA-BCC



Fonte: O autor (2017)

Como se pode notar, em 2011, tanto as empresas participantes (f(p)) ou não participantes (f(n)) da rede tinham eficiência que variavam entre 0,923 e 1,005, índices proporcionalmente distribuídos entre 60% e 80%, de maneira a preservarem sua igualdade. O mesmo não aconteceu em 2012, quando as empresas que não participavam da rede tiveram a mesma eficiência do ano anterior, porém, dentre as empresas da rede, 20% se tornaram eficientes nesse ano, passando de 60% para 80%. Ao se ler que uma empresa se tornou eficiente, deve-se recordar que ela está eficiente em relação às outras.

Em 2013, houve um retorno da eficiência a patamares percentuais de 2011, o que chama a atenção foi a eficiência de 30% das empresas, que não participam da rede, passando à outra classe menor, no limite entre 0,881 e 0,923. Não se verificou empresas que participavam da RCH nesta classe.

Os anos de 2014 e 2015 foram parecidos para as empresas em rede, igualando a 2012, mostrando uma possível estabilidade. Para empresas não participantes, esses anos apresentaram maior variação entre classes. Em 2014, 10% das empresas que não participavam da rede tiveram resultados entre 0,840 e 0,881, subindo para 30% em 2015. Contudo, 50% mantinham-se entre 0,923 e 0,964, porém nenhuma dessas empresas ficou na primeira classe, entre 0,964 e 1,00.

Como a técnica BCC compara as DMU, tendo como *target* as melhores empresas em relação às outras, ano a ano de maneira estática, não se pode concluir que realmente as DMU em rede foram melhores. Outro argumento que demonstra esse princípio é o fato dos *outputs* se reduzirem, de maneira geral, em todas as DMU, ou seja, elas não operavam em sua capacidade potencial.

O que mais se pode observar desses dados é o fato de que, em 2011, tanto as DMU que estavam na rede, quanto as que não estavam, possuíam a mesma distribuição de classe proporcionalmente. Em 2012, aparentemente, as DMU participantes da RCH foram mais eficientes. Já em 2013, apesar da queda geral, as empresas que não participavam da RCH tiveram menores índices que as participantes, podendo ser verificado ao analisar separadamente os anos de 2014 e 2015.

A relativização e a distribuição de classes foram realizadas em termos proporcionais entre as empresas participantes e não participantes, demonstra-se assim que uma análise de comparação entre as DMU deve ser feita. A questão é

saber em termos gerais, quantas DMU participantes ou não se tornaram referência às outras.

Essa comparação, denominada *benchmark*, também é fornecida pelo software SIAD e será tratada no próximo tópico.

5.3 BENCHMARKS

No intuito de comparar uma empresa à outra com mais proximidade e melhor eficiência, a análise do *benchmark* (tabela no apêndice) fornece os dados a serem analisados neste tópico.

No período de 2011 a 2015 observam-se apenas quatro *benchmarks*, duas participantes e duas não participantes da RCH. São elas: BP12, EP11, BN16 e BN03, sendo que as que não participavam da rede apenas figuraram entre os *benchmarks* entre 2011 e 2012. Outro fato observado é que as participantes da RCH não apareciam como *benchmark* em 2011, ano da fundação da rede, mas eram maioria absoluta nos três anos seguintes.

Esse dado está em conformidade com o BCC encontrado na sessão anterior, pois mostra que nos últimos três anos as empresas em rede foram mais eficientes. Continuando a análise, procura-se saber quais são as empresas que têm como referência os *benchmarks* e saber quantas estão na rede. Para ajudar na tarefa foi desenvolvido o quadro 12.

Quadro 10 - Empresas Benchmarks

	Benchmark	2011		2012		2013		2014		2015	
		DMU não participante	DMU participante	DMU não participante	DMU participante	DMU não participante	DMU participante	DMU não participante	DMU participante	DMU não participante	DMU participante
DMU não participante	BN16	BN02	BP20	BN02	BP20						
	BN03	BN04, BN08, EN17, EN23, EN08	BP34, BP09, EP11								
DMU participante	BP12			BN03, BN04, EN17, EN23, EN08	BP34, BP09, EP11	BN04, BN08, EN17		BN03, BN04, BN08, EN17, EN23, EN08		BN03, BN04, BN08, EN17	
	EP11					EN23, EN08	BP09, BP34		BP09	EN08, EN23	BP09, BP34

Fonte: Autor (2017)

Duas DMU não participantes da RCH figuram como *benchmarks* nos anos de 2011 e 2012, porém nos anos de 2013, 2014 e 2015 não houve empresas não participantes da rede que se tornaram *benchmarks*.

Apesar de não apresentar *benchmarks* no primeiro ano, ao longo dos quatro anos seguintes, duas DMU foram *benchmarks* 30 vezes, ou seja, aproximadamente 71%, com destaque a BP12 que, sozinha, correspondeu aproximadamente a 50% (21). Em uma análise histórica da rede, após dois anos de existência, duas DMU que participam da RCH se tornaram *benchmarks*, sendo únicas referências nos 3 últimos anos. Contudo esse fato não pode provar que houve uma melhora de eficiência.

Nem todas as DMUs em rede se tornaram *benchmarks*, fato que pode demonstrar a ausência de conluio, alertado por Humphery e Schmitz (1996).

O método DEA-BCC é estático, serve apenas para comparação no ano, sendo que a evolução temporal é impossível devido as suas premissas, mas provar que existiu uma melhora na eficiência de um ano para o outro requer o desenvolvimento do índice de Malmquist, que será apresentado no próximo tópico.

5.4 O ÍNDICE DE MALMQUIST

O cálculo do IM terá como base o ano de 2011, sendo que desta maneira a evolução da eficiência das DMU serão relativas há esse ano. A hipótese que será testada neste tópico é a de que as empresas que não participam da RCH tiveram evolução de eficiência diferente das participantes. Logo, o teste a ser utilizado é o t-Stuart, para duas amostras independentes e não pareadas, uma vez que se trata de comparação que não envolve o antes e o depois e com variâncias diferentes, como sugere o teste (BUSSAB; MORETTIN, 2011).

Os valores encontrados, mostrados no quadro 11, identificam as alterações tecnológicas (AT), de eficiência (AE) e índice de Malmquist (IM), o qual mostra a evolução da produtividade.

Como demonstrado no quadro 11, existe baixa variação de média entre as empresas participantes e não participantes da RCH. O desvio padrão baixo entre todos os anos comparados, assim como o coeficiente de variação, que em alguns casos chegou a menos de 1%, confirmam que os dois grupos apresentam comportamento de produtividade parecido entre os grupos no período.

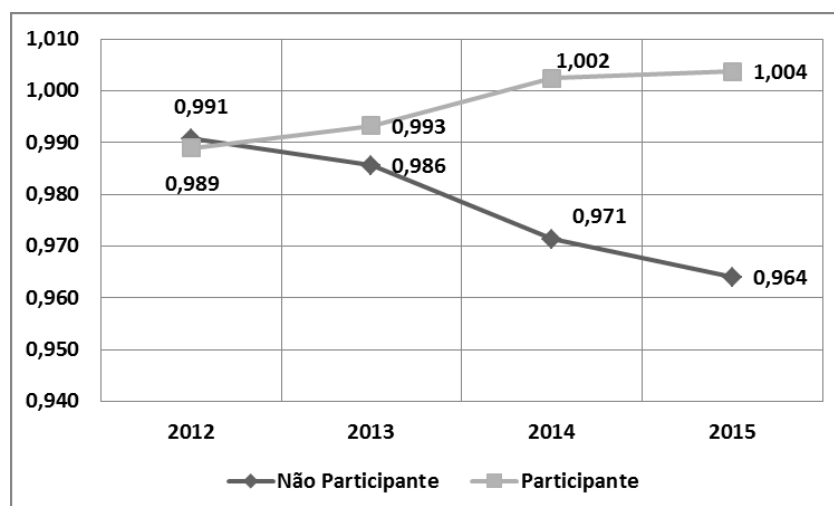
Quadro 11 - Índice de Produtividade de Malmquist (2011 - 2015)

Empresas	DMU	2011/2012			2011/2013			2011/2014			2011/2015		
		IM	AE	AT	IM	AE	AT	IM	AE	AT	IM	AE	AT
Não participantes da RCH	DMU1	0,972	0,991	0,981	0,949	1,007	0,943	0,888	1,007	0,882	0,878	1,007	0,872
	DMU2	0,982	0,996	0,987	0,970	1,000	0,970	0,909	0,992	0,917	0,899	0,992	0,906
	DMU3	0,981	0,994	0,987	0,989	1,014	0,976	0,926	0,971	0,954	0,926	0,967	0,958
	DMU4	0,962	0,974	0,988	0,918	0,942	0,975	0,867	0,908	0,955	0,867	0,907	0,956
	DMU5	0,982	1,000	0,983	0,889	1,000	0,889	0,869	1,000	0,869	0,859	1,000	0,859
	DMU6	0,914	1,000	0,914	1,011	1,000	1,011	0,944	1,000	0,945	0,933	1,000	0,933
	DMU7	0,972	1,000	0,972	0,928	1,000	0,928	0,876	1,000	0,876	0,856	1,000	0,856
	DMU8	0,960	0,975	0,985	0,937	0,957	0,979	0,895	0,940	0,952	0,853	0,881	0,968
	DMU9	0,950	0,963	0,986	0,926	0,948	0,977	0,842	0,883	0,953	0,842	0,875	0,962
	DMU10	0,992	1,008	0,985	0,936	0,955	0,979	0,893	0,938	0,951	0,893	0,921	0,969
Participantes da RCH	DMU11	0,981	0,997	0,984	0,978	1,019	0,960	0,957	1,046	0,915	0,968	1,054	0,918
	DMU12	0,992	1,000	0,992	0,970	1,000	0,970	0,960	1,000	0,960	0,939	1,000	0,939
	DMU13	0,992	1,010	0,983	1,000	1,042	0,960	0,989	1,042	0,950	0,958	1,042	0,919
	DMU14	0,982	0,998	0,985	0,918	0,938	0,979	0,918	0,965	0,951	0,939	0,969	0,969
	DMU15	1,003	1,019	0,984	1,010	1,031	0,980	0,979	1,031	0,950	1,000	1,031	0,970
Estadística descritiva das não participantes da RCH													
Não participantes da RCH	Média	0,968	0,991	0,977	0,948	0,986	0,962	0,897	0,971	0,924	0,888	0,964	0,923
	Desvio Padrão	0,021	0,013	0,021	0,034	0,027	0,031	0,033	0,046	0,033	0,038	0,056	0,042
	Coefficiente de Variação	2,147	1,326	2,103	3,571	2,782	3,217	3,697	4,760	3,559	4,268	5,801	4,579
Estadística descritiva das participantes da RCH													
Participantes da RCH	Média	0,989	1,002	0,987	0,963	0,993	0,970	0,956	1,002	0,953	0,945	1,004	0,942
	Desvio Padrão	0,007	0,008	0,004	0,036	0,041	0,008	0,027	0,030	0,004	0,025	0,028	0,021
	Coefficiente de Variação	0,734	0,837	0,382	3,713	4,088	0,854	2,845	2,980	0,432	2,631	2,839	2,243

Fonte: O autor (2017)

O mesmo acontece com a produtividade (IM), demonstrada mais claramente no gráfico 15.

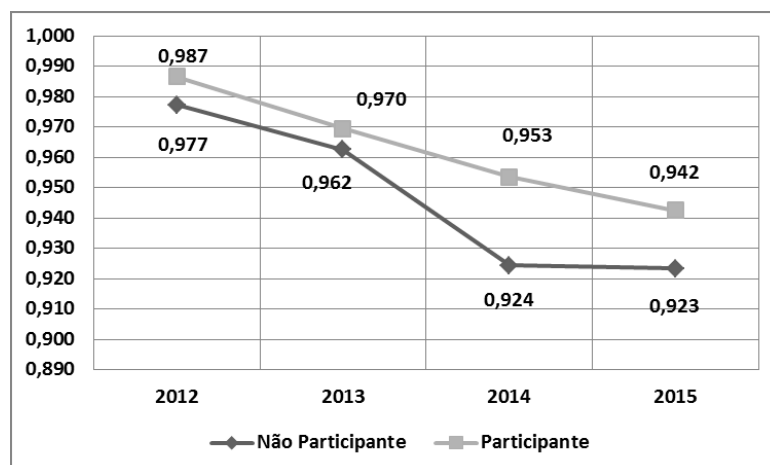
Gráfico 14 - Índice de Malmquist



Fonte: O autor (2017)

Através do gráfico (16), que demonstra a alteração tecnológica, ressalta-se outro movimento parecido com o índice de produtividade. Todas as DMU sofreram queda, porém com as empresas em rede a queda foi menor.

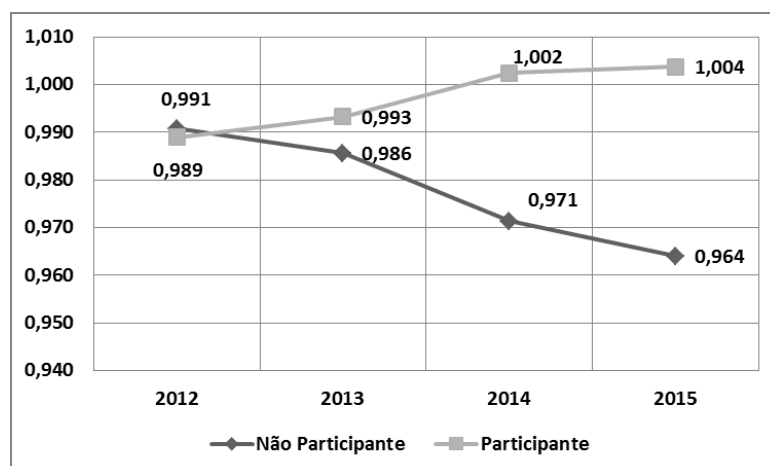
Gráfico 15 - Alteração Tecnológica



Fonte: O autor (2017)

Como novas tecnologias foram implantadas antes de a rede ser formada, não houve uma nova mudança, até mesmo porque questões legais impedem que o mesmo ocorra. Ao contrário dos dois índices anteriores, a alteração de eficiência mostra-se desigual (Gráfico 17). As empresas em rede apresentaram comportamento crescente no período.

Gráfico 16 - Alteração de Eficiência



Fonte: O autor (2017)

O fato de a RCH ter sido fundada em 2010, provavelmente, contribuiu para esse salto de eficiência. Ao compartilharem o mesmo canal de distribuição e

realizarem compras conjuntas, reduziu-se o custo, o que realmente melhora a eficiência.

O laço de amizade entre os gestores de hotéis desenvolve a cooperação, melhorando o desempenho das empresas (INGRAM; ROBERTS, 2000). No mês de agosto, considerado de baixa temporada, a rede começou a promover o festival do *Jazz*, ações de marketing nascidas de conversas informais e realizadas pelos participantes. O festival tem uma semana de apresentações por toda a ilha, que, segundo os administradores das pousadas, aumentou consideravelmente os visitantes. Essa ideia nasceu em uma reunião da rede e se espalhou, sendo uma importante fonte de renda, uma ação que pode demonstrar o ganho de eficiência. Atualmente, o festival tem artistas internacionais e no último evento dobrou a taxa de lotação das pousadas.

Mesmo assim, o IM mostra perda de produtividade, o que pode ser explicado com a análise da alteração tecnológica, pois, Segundo Charnes et al. (1994), essa alteração demonstra os saltos de tecnologia que as DMU podem apresentar como, por exemplo, implantação de ar-condicionado mais eficiente em relação ao consumo energético.

Em um período curto de tempo, nos cinco anos observados, não houve mudanças significativas de insumos ou de estrutura nas pousadas, ocorreram, como já mencionado, mudanças em nomes de pousadas, irrelevante para o estudo que leva em consideração a quantidade de leitos ocupados. Charnes et al. (1994) afirmam que a queda na eficiência tecnológica pode ter relação com fatos exógenos, provavelmente ocasionada pela recessão da economia brasileira. Desta maneira entendemos que a queda de produtividade deve-se aos problemas de conjuntura econômica, destacando a queda menos acentuada para as empresas participantes da RCH.

Através dos índices, pode-se notar que as empresas que não participam das RCH não apresentaram produtividade, eficiência ou alteração tecnológica superior a daquelas que participam. Mas outra pergunta que resta ser respondida tem relação com a hipótese a ser testada: As empresas que participam das RCH tiveram um comportamento estatisticamente diferente das que não participaram (H1)? Para essa resposta será utilizado o teste estatístico, desenvolvido na próxima seção.

5.5 TESTE DE HIPÓTESE

A hipótese de que as empresas participantes de uma RCH possuem média maior do que das não participantes, validando o objetivo geral, leva ao teste estatístico que, segundo Bussab e Morettin (2011), tem etapas para ser construído. Desta maneira foram definidas da seguinte maneira:

Hipótese fixada: Empresas que participam em uma RCH possuem média de eficiência diferente das não participantes: ($H_0: \theta \neq \theta_n$).

Hipótese alternativa: As empresas em RCH possuem menor ou igual eficiência que das não participantes ($H_0: \theta = \theta_n$).

Estimador: Média para comparações.

Grau de confiança: 95%

Considera-se que as quantidades dos elementos pesquisados fazem parte de dois grupos distintos que formam a mesma população, pois as empresas escolhidas possuem os mesmos *inputs* e *outputs*, dando homogeneidade entre elas. Este fato poderia indicar que se tratar de uma população, a distribuição poderia ser considerada é normal, mas para esta certeza fez-se o teste de normalidade de Kolmogorov - Smirnov e Shapiro - Wilk, calculado utilizando os outputs de todas as empresas para todos os anos. O resultado confirmou a hipótese de normalidade, apresentando resultado superior a 0,05 para todos os anos e em ambos os testes (Apêndice C).

O teste não é pareado, pois não se compara o mesmo grupo em dois momentos diferentes, e sim dois grupos diferentes ao mesmo tempo. Com essas definições, o teste *t* entre duas amostras presumindo variâncias diferentes é o mais indicado, segundo Bussab e Morettin (2011). Por esta metodologia, se o *t* - bicaudal apresentar valor $< 0,05$, existe diferença entre as médias, caso seja $> 0,05$, não existe diferença entre as médias. O resultado pode ser observado na tabela 12.

Com se pode observar, o valor do teste *t* foi menor que 0,05 (9,873E-05), comprovando que as médias são diferentes para os dois grupos. Cabe ressaltar que o teste foi realizado com o índice de AE, com DMU separadas em dois grupos (pertencentes e não pertencentes à RCH), incluindo os dados de todos os anos para cada DMU.

Tabela 12 - Teste t

	Não Participantes	Participantes
Média	0,9728	1,0117
Variância	0,0015	0,0009
Observações	40	20
Hipótese da diferença de média	0	
GI	48	
Stat t	-4,2474	
P(T<=t) uni-caudal	4,9368E-05	
t crítico uni-caudal	1,6772E+00	
P(T<=t) bi-caudal	9,8736E-05	
t crítico bi-caudal	2,0106E+00	

Fonte: O autor (2017)

Adotando a hipótese nula, podemos afirmar com probabilidade de 95% que as médias de AE se diferenciam. A média das empresas participantes é maior que das não participantes, logo, identifica-se um ganho de eficiência nas empresas participantes da RCH.

As empresas formaram uma aliança de maneira voluntária, por terem objetivo em comum, fato caracterizado por Gulati (1998), no intuito de resolver problemas no que tange à difícil logística e divulgação da ilha como destino turístico, trazendo vantagens competitivas aos atores (BEUGELSDIJK; MASSANN; MUDAMBI, 2010).

Observação da RCH mostra que, sua arquitetura só foi possível pela confiança mútua entre os participantes que, mesmo com uma pequena estrutura de governança e baixíssima formalidade, conseguiram benefícios reais mencionados por Rodrigues (2003) e as características descritas por Marcon e Moinet (2000).

A confirmação do teste de hipótese demonstra que as empresas da RCH tiveram ganho de eficiência coletiva, citada por Roveda e Vecchiato (2008). Esta eficiência não foi derivada de conluio, como alertavam Humphery e Schmitz (1996), pois cada empresa possui independência em suas decisões, como afirmavam Balestrin e Vargas (2004).

Como sugeriram F-Jardon e Pagani (2014), os dados foram alinhados em fora de painel, sendo que os critérios de análise de eficiência foi dado pela método DEA-BCC, de maneira comparativa a suas respectivas eficiências.

O método também pode ser utilizado para resolver os sete constructos do conjunto de ganhos: Economia de escala em RCH, proposto por Petter (2016), uma vez que o benefício 1a: Utilização da complementariedade Estrutural, já esta resolvido, os benefícios 2a: de capacidade de negociação com fornecedores e serviços, podem ser resolvidos da mesma forma.

6 CONCLUSÃO

As pousadas na Ilha do Mel se encontram em uma mesma localização geográfica que permite a troca de experiência e ações em conjunto, para superar os obstáculos que são comuns a todas. Essa cooperação de esforços para um mesmo fim não retira a característica de concorrência entre as pousadas, observada pela diferença dos *outputs* e índices entre elas. Tais fatos demonstram os conceitos de coopetição, localização, transferência de experiências e certa governança, exercida através do coordenador da rede. Por meio dessas características, pode-se considerar a existência de uma RCH na Ilha do Mel, primeiro objetivo do trabalho.

O ambiente faz com que a RCH coexista na mesma localidade, possuindo a mesma atividade fim e, portanto, com os mesmos desafios e problemas que as empresas não participantes. Esse foi o fator decisivo para eleger a ilha como campo de estudo comparativo da eficiência e sua alteração dentro e fora da RCH, possibilitando o teste de hipótese.

Devido aos critérios DEA-BCC, as DMU estudadas formaram uma amostra homogênea, possuindo correlação forte entre os *inputs* e o *output*. Esse fato permitiu o desenvolvimento dos cálculos, base para a análise comparativa dinâmica do período.

Problemas exógenos, externalidades oriundas das variáveis macroeconômicas, reduziram a ocupação em todas as DMU estudadas, porém as empresas em RCH tiveram menor taxa. Os problemas exógenos ficaram comprovados com o cálculo e análise do IM e AT, já que a queda de produtividade coexistiu com a queda da alteração tecnológica.

A eficiência nem sempre está relacionada com a redução da demanda. No estudo foi encontrada diferença entre a média dos dois grupos. Enquanto as empresas em RCH melhoraram sua eficiência no período, as empresas não participantes tiveram redução. A comprovação é dada pelo teste de hipótese *t*, que leva à adoção da hipótese levantada no início do estudo, ou seja, as empresas em RCH ganharam em eficiência no período.

Em um apanhado geral, o trabalho cumpriu os objetivos. Identificou as empresas com a mesma atividade fim, umas participando e outras não participando de uma RCH. Dentre as empresas foi definida uma amostra homogênea, apurando e comparando os índices de eficiência, para assim comprovar estatisticamente a

hipótese de que as empresas participantes em RCH, dentro do período estudado, foram mais eficientes que as empresas não participantes.

Desta maneira, conclui-se que o método DEA-BCC-Malmquist utilizado mensurou a evolução anual da alteração de eficiência das empresas de uma RCH, gerando resultado de acordo com a literatura, ao apontar melhor eficiência para as participantes, assim respondendo o problema inicial da pesquisa.

O estudo contribui com suporte a três categorias: Científica; Empresas e governança e a Sociedade.

Para a comunidade científica, os resultados obtidos com o modelo provam que o mesmo é aplicável às RCH, resolvendo dois problemas: Modelo de quantificação e Método de comparação.

Com o método, as empresas podem realizar simulações que permitem comparar os ganhos de eficiência, trabalhando sozinhas e/ou em RCH. Com o modelo, a governança consegue acompanhar as empresas em RCH, identificar as DMU que estão perdendo eficiência e propor ações para reverter o processo. Os resultados ajudam em argumentos para a manutenção das empresas em RCH e prospecção.

Uma vez que as empresas em RCH se tornaram eficientes, os danos causados pelos problemas econômicos foram amenizados. Se a governança tivesse esse modelo antes da crise, poderia identificar problemas e tomar medidas que melhorariam a eficiência para todas as empresas participantes. Esse fato permite a manutenção da renda na comunidade em que está inserida, gerando a contribuição social.

Sugere-se que as governanças de RCH utilizem o método aqui desenvolvido, no intuito de analisar a produtividade, as alterações de eficiência e tecnológicas para orientar DMU.

Por fim, propõe-se que o modelo seja aplicado em outras redes, em economias estáveis, para melhor análise dos ganhos de eficiência.

REFERÊNCIAS

- ADLER, N.; FRIEDMAN, L.; SINUANY-STERN, Z. Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. **European journal of operational research**, v. 140, n. 2, p. 249-265, 2002.
- AFRIAT, S. N. Efficiency estimation of production functions. **International Economic Review**, p. 568-598, 1972.
- AIGNER, D.; LOVELL, CA. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, v. 6, n. 1, p. 21-37, 1977.
- ALFARO-SAIZ J. J.; BAS, A. O.; RODRÍGUEZ R. Performance measurement system for enterprise networks. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 56, n. 4, p. 305-334, 2007.
- AMMIRATO, S.; FELICETTI, A. Tourism breeding environment: forms and levels of collaboration in the tourism sector. In: CAMARINHA-MATOS, L. M.; SCHERER, R. J. **14th Working Conference on Virtual Enterprises**, (PROVE), sep. 2013, Dresden, Germany. Springer, IFIP Advances in Information and Communication Technology, AICT-408, p.517- 524, 2013, Collaborative Systems for Reindustrialization.
- AZAMBUJA, A. M. V. **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**. 2002. 382 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BALESTRIN, A.; VARGAS, M. L. A Dimensão estratégica das redes horizontais de PME: teorizações e evidências. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 8, edição especial, n. 5, p. 203-227, 2004.
- BALESTRIN, A.; VARGAS, L. M.; FAYARD, P. Knowledge creation in small-firm. **Journal of Knowledge Management**, v. 12, p 94-106, 2008.
- BALL, S. D.; JOHNSON, K.; SLATTERY, P. Labour productivity in hotels: an empirical analysis. **International Journal of Hospitality Management**, v. 5, n. 3, p. 141-147, 1986.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BENGTSSON, M.; KOCK, S. "Coopetition" in business networks — to cooperate and compete simultaneously. **Industrial Marketing Management**, v. 29, n. 5, p. 411-426, 2000.

BEUGELSDIJK, S.; MCCANN, P.; MUDAMBI, R. Introduction: place, space and organization: economic geography and the multinational enterprise. **Journal of Economic Geography**, v. 10, n. 4, p. 485-493, 2010.

BIONDI NETO, L. N. **DEA: Nova metodologia para determinação da eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão**. 2001. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

CAPRA, F. **The web of life: a new scientific understanding of living systems**. New York: Anchor, 1996.

CHARNES, A.; et al. **Data envelopment analysis theory, methods and applications**. New York: Bussiness Media, 1994

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measureing the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 4229-444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W. Programming with linear fractional functionals. **Naval Research Logistics Quarterly**, v. 9, n. 3-4, p. 181-186, 1962.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; BALTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Massachusetts: KAP, 1998.

CHEIKHROUHOU, N.; PIOT, G.; POULY, M. A multi-criteria model for the evaluation of business benefits in horizontal collaborative networks. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 21, n. 3, p. 301-309, 2010.

CUNTO, K. et al. **Hotelaria em números**. 2015. Disponível em: <<http://abr-resortsbrasil.com.br/wp-content/uploads/RELATORIOS/hotelaria-em-numeros/2015.pdf>> Acesso em 01 ago. 2016.

European Union. 2001 , Guidelines on the Applicability of Article 81 of the AC Treaty to Horizontal Cooperation Agreements, European commission notice 2001/C 3/02 .

FÄRE, R. et al. Productivity developments in Swedish hospitals: a Malmquist output index approach. In: CHANERS, A. et al. **Data envelopment analysis: theory, methodology, and applications**. New York: Springer Netherlands, 1994. p. 253-272.

FARELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253-281, 1957.

FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **A administração de serviços**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

F-JARDON, C. M.; PAGANI, R. N. Is collective efficiency in subsistence clusters a growth strategy? The case of the wood industry in Oberá, Argentina. **International Journal of Emerging Markets**, v. 11, n. 2, p. 232-255, 2016.

FOO, L. Y. et al. Efficiency measurement of a Malaysian hotel chain using DEA. **Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities**, v. 19, n. 1, p. 131-143, 2011.

FRIED, H. O.; SCHMIDT, S. S.; LOVELL, CA. **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. Oxford: Oxford University Press, 1993.

FUNG, M. K. Y. et al. Productivity changes in Chinese airports 1995-2004. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 44, n. 3, p. 521-542, 2008.

GARCIA, R. Economias externas e vantagens competitivas dos produtores em sistemas locais de produção: as visões de Marshall, Krugman e Porter. **Ensaio FEE**, v. 27, n. 2, p. 301-32, out. 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GNYAWALI, D. R.; MADHAVAN, R. Cooperative networks and competitive dynamics: A structural embeddedness perspective. **Academy of Management review**, v. 26, n. 3, p. 431-445, 2001.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S.; WENDLING, L. L. Fatores discriminantes do desempenho regional da produção de leite. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2005. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/2/565.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

GRANDORI, A. An organizational assessment of interfirm coordination modes. **Organization Studies**, v. 18, n. 6, p. 897-925, 1997.

GRANDORI, A.; SODA, G. Inter-firm networks: antecedents, mechanisms and forms. **Organization Studies**, v. 2, n. 16, p. 183-214, out. 1995.

GREENE, W. H. On the estimation of a flexible frontier production model. **Journal of Econometrics**, v. 13, n. 1, p. 101-115, 1980.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

GULATI, R. Alliances and networks. **Strategic Management Journal**, v. 19, n. 4, p. 293-317, 1998.

HANSEN, P. B. **Um modelo meso-analítico de medição de desempenho competitivo de cadeias produtivas**. 352 fl. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

HARLAND, C. Supply network strategy and social capital. In: LEENDERS, R. T. A. J. et al. (eds.). **Corporate Social Capital and Liability**. New York: Springer, p. 409-427. 1999.

HUMPHREY, J.; SCHMITZ, H. The triple C approach to local industrial policy. **World Development**, v. 24, n. 12, p. 1859-1877, dez. 1996.

INGRAM, P.; ROBERTS, P. W. Friendships among Competitors in the Sydney Hotel Industry. **American Journal of Sociology**, v. 106, n. 2, p. 387-423, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas nacionais trimestrais**: indicadores de volume e valores correntes, abril/junho 2016. Disponível em:
<ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201602caderno.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

JIMENÉZ, K. P.; JUNQUERA, B. Why are clusters beneficial? A review of the literature. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, v. 20, n. 2, p. 161-173, 2010.

KAZAN, H.; BAYDAR, M. Performance measurement with data envelopment analysis in service industry: banking application. **Business Management Dynamics**, v. 3, n. 5, p. 37-50, 2013.

KNOBEN, J. Localized inter-organizational linkages, agglomeration effects, and the innovative performance of firms. **The Annals of Regional Science**, v. 43, n. 3, p. 757-779, 2009.

KOOPMANS, T. C. (ed.). Activity analysis of production and allocation. New York: Wiley, 1951.

LAZZERETTI, L.; SEDITA, S. R.; CALOFFI, A. Funders and disseminators of cluster research. **Journal of Economic Geography**, v. 14, p. 21-43, 2013.

MALMBERG, A.; MASKELL, P. The elusive concept of localization economies: towards a knowledge-based theory of spatial clustering. **Environment and Planning**, v. 34, p. 429-449, 2002.

MARCON, C.; MOINET, N. **La stratégie-réseau**: essai de stratégie. Paris: Zéro Heure, 2000.

MARIANO, E.B.; ALMEIDA M. R.; REBELATTO D.A.N. Princípios básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA, 34. 2006. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. Disponível em <http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/14_285_716.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2016.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, jun. 1977.

MELLO, J. C. C. B. S. et al. Curso de análise de envoltória de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, XXXVII, 2005, Gramado, **Anais...** Gramado: Pesquisa Operacional, 2005. p. 20520-20547.

MINTZBERG, H.; QUINN, J. B. **O processo da estratégia**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MURILLO-ZAMORANO, L. R. Economic efficiency and frontier techniques. **Journal of Economic Surveys**, v. 18, n. 1, p. 33-77, 2004.

GRAÇA, P.; CAMARINHA-MATOS, L. M. Performance indicators for collaborative business ecosystems: literature review and trends. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 116, p. 237-255, 2017.

PÉPIOT, G. et al. Unified enterprise competence modelling language. **Computers in Industry**, v. 58, n. 2, p. 130-142, 2007.

PETTER, R. R. H. **Estimativa do retorno financeiro da participação de empresas em redes de cooperação horizontal**: um modelo probabilístico. 123 fl. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

REBELO, J. Medição da evolução da produtividade total dos factores: o índice de Malmquist. **Gestão e Desenvolvimento**, v. 9, p. 43-79, 2000.

RODRIGUES, A. M. **Cluster e competitividade: um estudo da concentração de micro e pequenas empresas no município de Marília/SP**. 2003.202 fl. Tese. (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

ROSCOE, S.; COUSINS, P. D.; LAMMING, R. C. Developing eco-innovations: a threestage typology of supply networks. **Journal of Cleaner Production**, v.112, n. 3, p. 1948-1959, 2015.

ROVEDA, C.; VECCHIATO, R. Foresight and innovation in the context of industrial clusters: The case of some Italian districts. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 6, p. 817-833, 2008.

SANDRONI, P. **Novíssimo dicionário de economia**. São Paulo: Best Seller, 1999.

SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. D., **Métodos quantitativos em economia**. Viçosa: UFV, 2004.

SHEPHARD, R.W. Cost and production functions. New Jersey: Princeton University Press, 1953. In: FRIED, H. O.; LOVELL, K. C.A.; SCHMIDT, S. S. **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. New York: Oxford University Press, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SUZIGAN, W. Aglomerações industriais como foco de políticas. **Revista de Economia Política**, v. 21, n. 3 (83), p. 27-39, 2001.

THANASSOULIS, E. **Introduction to the theory and application of data envelopment analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.

TSAI, H.; WU, J.; ZHOU, Z. Managing efficiency in international tourist hotels in Taipei using a DEA model with non-discretionary inputs. **Asia Pacific Journal of Tourism Research**, v. 16, n. 4, p. 417-432, 2011.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: uma abordagem moderna**. São Paulo: Elsevier - Campus, 2012.

VICENTE J.R.; ANEFALOS L.C.; CASER D.V. Vieses no cálculo de números-índices utilizando a fórmula de Törnqvist em séries com ausência de dados. **Informações Econômicas**, v.31, n .6., 2001.

WU, W; LAN, L. W.; LEE, Y. Benchmarking hotel industry in a multi-period context with DEA approaches: a case study. **Benchmarking: An International Journal**, v.20, n. 2, p. 152-168, 2013.

ZENG, F.; et al.. Understanding distributor opportunism in a horizontal network. **Industrial Marketing Management**, v. 46, p. 171-182, 2015.

ZENG, S. X.; XIE, X. M.; TAM, C. M. Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. **Technovation**, v. 30, n. 3, p. 181-194, 2010.

APÊNDICE A - Dados Preparados para *Software SAID*

Dados Preparados para Software SAID

2011								2012							
15	6	1						15	6	1					
DMU	Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Input6	Output1	DMU	Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Input6	Output1
DMU1	13	49	49	13	13	13	17527	DMU1	13	49	49	13	13	13	17037
DMU2	5	16	16	5	5	5	5782	DMU2	5	16	16	5	5	5	5680
DMU3	7	14	14	7	7	7	4855	DMU3	7	14	14	7	7	7	4765
DMU4	6	13	13	6	6	6	4650	DMU4	6	13	13	6	6	6	4473
DMU5	15	56	56	15	15	15	20236	DMU5	15	56	56	15	15	15	19881
DMU6	24	70	70	24	24	24	22995	DMU6	24	70	70	24	24	24	21008
DMU7	11	45	45	11	11	11	15932	DMU7	11	45	45	11	11	11	15482
DMU8	12	24	24	12	12	12	8322	DMU8	12	24	24	12	12	12	7993
DMU9	6	17	17	6	6	6	5895	DMU9	6	17	17	6	6	6	5600
DMU10	9	25	25	9	9	9	8486	DMU10	9	25	25	9	9	9	8418
DMU11	9	30	30	9	9	9	10184	DMU11	9	30	30	9	9	9	9992
DMU12	3	8	8	3	3	3	2891	DMU12	3	8	8	3	3	3	2869
DMU13	17	50	50	17	17	17	17338	DMU13	17	50	50	17	17	17	17202
DMU14	9	25	25	9	9	9	8943	DMU14	9	25	25	9	9	9	8784
DMU15	9	27	27	9	9	9	9461	DMU15	9	27	27	9	9	9	9487

2013								2014							
15	6	1						15	6	1					
DMU	Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Input6	Output1	DMU	Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Input6	Output1
DMU1	13	49	49	13	13	13	16633	DMU1	13	49	49	13	13	13	15560
DMU2	5	16	16	5	5	5	5606	DMU2	5	16	16	5	5	5	5256
DMU3	7	14	14	7	7	7	4803	DMU3	7	14	14	7	7	7	4497
DMU4	6	13	13	6	6	6	4271	DMU4	6	13	13	6	6	6	4033
DMU5	15	56	56	15	15	15	17987	DMU5	15	56	56	15	15	15	17578
DMU6	24	70	70	24	24	24	23251	DMU6	24	70	70	24	24	24	21718
DMU7	11	45	45	11	11	11	14783	DMU7	11	45	45	11	11	11	13961
DMU8	12	24	24	12	12	12	7796	DMU8	12	24	24	12	12	12	7446
DMU9	6	17	17	6	6	6	5460	DMU9	6	17	17	6	6	6	4964
DMU10	9	25	25	9	9	9	7939	DMU10	9	25	25	9	9	9	7574
DMU11	9	30	30	9	9	9	9965	DMU11	9	30	30	9	9	9	9746
DMU12	3	8	8	3	3	3	2803	DMU12	3	8	8	3	3	3	2774
DMU13	17	50	50	17	17	17	17338	DMU13	17	50	50	17	17	17	17155
DMU14	9	25	25	9	9	9	8213	DMU14	9	25	25	9	9	9	8213
DMU15	9	27	27	9	9	9	9559	DMU15	9	27	27	9	9	9	9264

2015							
15	6	1					
DMU	Input1	Input2	Input3	Input4	Input5	Input6	Output1
DMU1	13	49	49	13	13	13	15381
DMU2	5	16	16	5	5	5	5198
DMU3	7	14	14	7	7	7	4497
DMU4	6	13	13	6	6	6	4033
DMU5	15	56	56	15	15	15	17374
DMU6	24	70	70	24	24	24	21462
DMU7	11	45	45	11	11	11	13633
DMU8	12	24	24	12	12	12	7096
DMU9	6	17	17	6	6	6	4964
DMU10	9	25	25	9	9	9	7574
DMU11	9	30	30	9	9	9	9855
DMU12	3	8	8	3	3	3	2716
DMU13	17	50	50	17	17	17	16608
DMU14	9	25	25	9	9	9	8395
DMU15	9	27	27	9	9	9	9461

APÊNDICE B - Resultados DEA-BCC

Resultados DEA-BCC

DMU	DEA - BCC				
	2011	2012	2013	2014	2015
DMU1	0,9936	0,9848	1,0000	1,0000	1,0000
DMU2	1,0000	0,9957	1,0000	0,9918	0,9921
DMU3	0,9596	0,9539	0,9730	0,9314	0,9280
DMU4	0,9898	0,9638	0,9324	0,8990	0,8980
DMU5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DMU6	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DMU7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DMU8	0,9596	0,9360	0,9180	0,9023	0,8452
DMU9	0,9596	0,9243	0,9095	0,8477	0,8398
DMU10	0,9393	0,9465	0,8973	0,8812	0,8655
DMU11	0,9394	0,9368	0,9572	0,9829	0,9899
DMU12	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DMU13	0,9596	0,9689	1,0000	1,0000	1,0000
DMU14	0,9899	0,9876	0,9282	0,9556	0,9593
DMU15	0,9697	0,9879	1,0000	1,0000	1,0000

APÊNDICE C - Teste Kolmogorov - Smirnov e Shapiro - Wilk

<i>Testes de Normalidade (Output)</i>										
<i>Testes</i>	2011		2012		2013		2014		2015	
	<i>Estatísticas</i>	<i>P-valores</i>	<i>Estatísticas</i>	<i>P-valores</i>	<i>Estatísticas</i>	<i>P-valores</i>	<i>Estatísticas</i>	<i>P-valores</i>	<i>Estatísticas</i>	<i>P-valores</i>
Kolmogorov - Smirnov	0,212	0,068	0,206	0,088	0,197	0,122	0,183	0,194	0,169	0,300
Shapiro - Wilk	0,906	0,117	0,901	0,100	0,911	0,140	0,915	0,159	0,923	0,211