

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

RAFAEL PICCHIONI TAVARES

**MENSURAÇÃO DE EFICIÊNCIA PELO MÉTODO DE ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS: UMA APLICAÇÃO EM FILIAIS DE UMA
SOCIEDADE DE CRÉDITO**

São Paulo, 2012

RAFAEL PICCHIONI TAVARES

**MENSURAÇÃO DE EFICIÊNCIA PELO MÉTODO DE ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS: UMA APLICAÇÃO EM FILIAIS DE UMA
SOCIEDADE DE CRÉDITO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Orientador: Prof. Dr. Herbert Kimura

São Paulo, 2012

T231m Tavares, Rafael Picchioni

Mensuração de eficiência pelo método de Análise Envoltória de Dados: uma aplicação em filiais de uma sociedade de crédito / Rafael Picchioni Tavares – 2012.

79 f. : il., 30 cm

Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Herbert Kimura

Bibliografia: f. 62-66

1. Análise de eficiência. 2. Análise Envoltória dos Dados (DEA). 3. Índice de Malmquist. I. Título.

CDD 332.7

RAFAEL PICCHIONI TAVARES

**MENSURAÇÃO DE EFICIÊNCIA PELO MÉTODO DE ANÁLISE
ENVOLTÓRIA DE DADOS: UMA APLICAÇÃO EM FILIAIS DE UMA
SOCIEDADE DE CRÉDITO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas.

Aprovado em 17 de Agosto de 2012

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Herbert Kimura – Orientador
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Leonardo Fernando Cruz Basso
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Eduardo Kazuo Kayo
Universidade de São Paulo

À minha esposa e família, pelo otimismo e carinho demonstrado durante toda a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Herbert Kimura pela excelente orientação com ótimos comentários e decisivas sugestões que possibilitaram o desenvolvimento e a conclusão deste projeto.

Ao Dr. Diógenes Martim pelo incentivo e disponibilização do material necessário para o início do trabalho.

Ao Dr. Leonardo Basso e ao Dr. Diógenes Bido pelo envio de artigos que enriqueceram o projeto final.

Ao Dr. Eduardo Kayo pelos comentários e sugestões como avaliador externo.

A todos os demais professores do mestrado que forneceram todo embasamento teórico para o desenvolvimento desta dissertação.

À colega de mestrado Sandra Almeida Silva, por ser decisiva ao possibilitar e incentivar a participação em seminários e apresentações.

Aos colegas Sérgio de Bona e Rodrigo Vigliotti sempre presentes com sugestões oportunas em todo o mestrado.

O segredo do sucesso passa pela maior eficiência, ao produzir a maior reação pela mesma ação realizada (Dimos Iksilara)

RESUMO

Este estudo analisa eficiência utilizando o método de Análise Envoltória de Dados (*DEA – Data Envelopment Analysis*) com aplicação em uma base de dados de filiais de uma sociedade de crédito. São apresentadas diversas perspectivas de análise de desempenho organizacional, identificando os prós e os contras de cada perspectiva no estudo comparativo de desempenho de unidades de negócio, concluindo com a justificativa para a aplicação do DEA. A amostra deste estudo compreende informações de 98 filiais de uma sociedade de crédito com atuação no Brasil, com dados anuais de 2010 e 2011. São analisadas também as mudanças de eficiência entre 2010 e 2011 pelo Índice de Malmquist e seus componentes. São investigados diferentes tipos de abordagem de eficiência; como, por exemplo, a operacional e a financeira e sua relação linear com variáveis de *input* ou *output*. - A partir de índices de correlação e de análises de regressão linear busca-se identificar o relacionamento entre os recursos utilizados (*inputs*) ou resultados obtidos (*outputs*) com os índices de eficiência. Finalmente, são comparados os resultados encontrados na utilização do DEA com o atual método, baseado na lucratividade, adotado pela empresa para análise de desempenho das filiais. Os resultados sugerem que, quando é adotado o critério de lucratividade, há um favorecimento das filiais grandes. Em contrapartida, com o método DEA, não se observa o favorecimento em função do tamanho. Outro resultado importante foi a indicação de que políticas de redução de despesa por cortes de pessoal podem causar piora na eficiência financeira. Outro alerta para a alta gestão é o fato de as filiais apresentarem um distanciamento da fronteira de eficiência de 2010 para 2011.

Palavras-chave: Análise de eficiência. Análise Envoltória dos Dados (DEA). Índice de Malmquist. Análise de regressão e correlação. Análise de filiais de uma sociedade de crédito.

ABSTRACT

This study examines efficiency applying the method of data envelopment analysis (DEA) in branches database of a consumer finance company. It presents various perspectives on the analysis of organizational performance, identifying the pros and cons of each perspective in comparative study of performance of business units concluding with the justification for the application of DEA. The sample includes information from 98 branches of a consumer finance company with operations in Brazil, with annual data from 2010 and 2011. It is also analyzed changes in efficiency between 2010 and 2011 using Malmquist index and its components. It is investigated different approaches of efficiency, as, for example, the operational and financial and its linear relationship with the *input* variables or *outputs*. - The index of correlation and linear regression analyzes seek to identify the relationship between resources used (*inputs*) and results (*outputs*) with the efficiency index. Finally, the results are compared using DEA with the current method adopted by the company for branch performance analysis based on the profitability. The results suggest that, when it adopted the criteria of profitability, there is a favoring of large branches. In contrast, it is not observed DEA favoring any branch depending on its size. Another important result was the indication that policies to reduce expenses through staff cuts may cause a worsening of financial efficiency. Another warning to senior management is the fact that the branches had a worse gap relating to efficient frontier from 2010 to 2011.

Keywords: Analysis of efficiency. Data envelopment analysis (DEA). Malmquist index. Regression Analysis and Correlation. Analysis of a Consumer finance branches.

Lista de Gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Matriz de Eficiência-Lucratividade..... | 24 |
| Gráfico 2 – Características de retorno à escala..... | 25 |
| Gráfico 3 – Esquema Índice de Malmquist | 32 |
| Gráfico 4 - DEA - Retorno Constante à escala..... | 44 |
| Gráfico 5 - DEA - Retorno Crescente à escala..... | 46 |
| Gráfico 6 - DEA Retorno Decrescente à escala | 47 |
| Gráfico 7 - DEA Retornos Variáveis à escala | 48 |
| Gráfico 8 - DEA <i>Free Disposal Hull</i> | 50 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Estatísticas Descritivas da amostra 2010..... | 40 |
| Tabela 2 - Estatísticas Descritivas da Amostra 2011 | 40 |
| Tabela 3 - Índices de Eficiência 2010 | 42 |
| Tabela 4 - Índice de Eficiência 2011 | 43 |
| Tabela 5 - Filiais Eficientes CRS (<i>Constant Returns to Scale</i>)..... | 45 |
| Tabela 6 - Filiais Eficientes IRS (<i>Increase Returns to Scale</i>)..... | 46 |
| Tabela 7 - Filiais Eficientes DRS (<i>Decrease Returns to Scale</i>) | 47 |
| Tabela 8 - Filiais Eficientes VRS(<i>Variable Returns to Scale</i>) | 49 |
| Tabela 9 – Comparativo DEA vs Lucratividade | 49 |
| Tabela 10 - Correlação de Pearson | 51 |
| Tabela 11 – Eficiência operacional vs <i>inputs</i> | 53 |
| Tabela 12 – Eficiência Financeira vs <i>inputs</i> | 53 |
| Tabela 13 – Eficiência Total vs <i>inputs</i> | 54 |
| Tabela 14 – Eficiência Operacional vs <i>Outputs</i> | 55 |
| Tabela 15 – Eficiência Financeira vs <i>Outputs</i> | 55 |
| Tabela 16 – Eficiência Total vs <i>Outputs</i> | 56 |
| Tabela 17 - Índice de Malmquist – Orientação ao Input | 57 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 2.1 PERSPECTIVAS DE ANÁLISE DE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL..... | 16 |
| 2.1.1 Perspectiva da Contabilidade..... | 16 |
| 2.1.2 Perspectiva do Balanced ScoreCard..... | 17 |
| 2.1.3 Perspectiva da Gestão Estratégica | 17 |
| 2.1.4 Perspectiva do Empreendedorismo | 19 |
| 2.1.5 Perspectiva da microeconomia..... | 19 |
| 2.2 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS | 20 |
| 3 METODOLOGIA | 28 |
| 3.1 MÉTODO DEA | 28 |
| 3.2 ÍNDICE DE MALMQUIST | 32 |
| 3.3 AMOSTRA..... | 37 |
| 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 40 |
| 4.1 INFORMAÇÕES DA AMOSTRA | 40 |
| 4.2 DEA | 40 |
| 4.2.1 Retorno constante à escala..... | 44 |
| 4.2.2 Retorno crescente à escala | 45 |
| 4.2.3 Retorno decrescente à escala | 46 |
| 4.2.4 Retorno variável à escala | 48 |
| 4.2.5 <i>Free Disposal Hull</i> | 50 |
| 4.3 ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE EFICIÊNCIAS | 50 |
| 4.3.1 Análise de correlação | 51 |
| 4.3.2 Análise de regressão | 52 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3.2.1 Análises de regressão para os <i>inputs</i> | 52 |
| 4.3.2.2 Análises de regressão para os <i>outputs</i> | 54 |
| 4.4 MALMQUIST | 57 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 59 |
| REFERÊNCIAS | 62 |
| APÊNDICE A - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DEA | 67 |
| APÊNDICE B - EXEMPLOS DE INEFICIÊNCIA DE COMBINAÇÃO | 72 |
| APÊNDICE C - SCRIPT DO SOFTWARE R PARA ANÁLISE DO DEA | 74 |
| APÊNDICE D - COMPARATIVO DOS ÍNDICES DE EFIC. OPER. E FINANC. | 77 |
| APÊNDICE E - SCRIPT MALMQUIST | 78 |

1 INTRODUÇÃO

Estudos iniciais sobre eficiência e produtividade datam da década de 1930 e são baseados principalmente em índices de produtividade do trabalhador no setor industrial. Basicamente, os indicadores de eficiência da época eram calculados a partir, somente, da quantidade de peças produzidas por trabalhador. O trabalho de Roethlisberge e Dickson (1939) procurou identificar quais fatores de condições de trabalho eram relevantes para aumentar a produtividade. Desde então, inúmeros indicadores foram criados. Porém, nunca houve um consenso na literatura sobre qual seria o que melhor definisse, de forma geral, a eficiência de uma empresa ou unidade de negócio (FARRELL, 1957).

A partir de 1957, Farrell desenvolveu um índice geral de eficiência inspirado na “análise de atividade” de Koopmans (1951), e no conceito de “coeficiente de utilização de recursos” de Debreu (1951). Conceitos como eficiência técnica, medida radial, fronteira de eficiência baseada nos dados observados contendo múltiplos insumos e produtos e a ideia de *benchmarking*, introduzidos por Farrell, ficaram adormecidos por 20 anos até 1978, quando Charnes, Cooper e Rhodes lançaram o arcabouço teórico para a criação do método de Análise Envoltória dos Dados (*DEA – Data Envelopment Analysis*), a partir do qual, a técnica se popularizou definitivamente. Estudos imediatamente posteriores a esse artigo concentraram-se em agências governamentais e organizações sem fins lucrativos, pois havia dificuldades de adaptar os indicadores financeiros tradicionais da iniciativa privada às empresas desse tipo.

No entanto, em meados da década de 1980, com o crescimento do tamanho das empresas, muitas vezes sob a estrutura de matrizes com filiais espalhadas pelos territórios, a análise de eficiência de unidades de negócios pelo método DEA passou a ser utilizada tanto no setor público quanto no setor privado. Ao contextualizar para a análise de desempenho de agências bancárias, o primeiro estudo a aplicar o método DEA com esse objetivo foi realizado por Sherman e Gold, em 1985. - A partir daí, inúmeros estudos de eficiência foram realizados para agências bancárias¹. Contudo, não foram encontrados estudos de eficiência em filiais de uma sociedade de crédito.

As sociedades de crédito, financiamento e investimento, também conhecidas por financeiras, são instituições financeiras privadas que têm como objetivo básico a realização de financiamento para a aquisição de bens, serviços e capital de giro (Bacen, 1959). Possuem

¹ Vide Eken e Kale, 2011 para uma relação completa de estudos desde 2000.

ainda o objetivo de fomentar a própria economia interna do país pela concessão de crédito pessoal, que é a principal operação desempenhada pelas filiais objetos da amostra. As sociedades de crédito conseguem captar recursos por meio da emissão de letras de câmbio (um tipo de título de renda fixa). Por ser uma atividade de alto risco, posto que, na maioria das transações, não envolver bens em garantias, os juros cobrados dos clientes finais são mais altos do que os juros bancários.

De acordo com dados de dezembro de 2011, existem no Brasil 101 sociedades de crédito, financiamento e investimento (Bacen, Dez/2011). Além dessas empresas, existem aquelas vinculadas a bancos, como, por exemplo, a Fininvest e a Losango, ligadas aos bancos Itaú-Unibanco e HSBC, respectivamente. A concessão de crédito para pessoas físicas aumentou a participação sobre o PIB de 6,2% em dez/2001 para 15,3% em out/2011. O saldo das operações de crédito para pessoas físicas cresceu de R\$ 62,9 bilhões em dez/2001 para R\$ 475,3 bilhões em out/2011. Descontada a inflação, é um crescimento de 299,2% em 10 anos, ou 14,8% ao ano em média acima da inflação (Bacen, dez/2011). As sociedades de crédito diferem das agências bancárias tradicionais pelo fato de não possuírem depósitos (conta corrente) nem investimentos. Ademais, são agentes financeiros focados principalmente na comercialização de produtos de empréstimos e outros serviços agregados, como vendas de seguros e de cartões de crédito.

Diante desse cenário, a proposta desta dissertação é adaptar os estudos relacionados à eficiência em agências bancárias e aplicá-los em filiais de uma sociedade de crédito com a utilização do método DEA (Análise Envoltória dos Dados), procurando encontrar a eficiência relativa de cada filial e, posteriormente, verificar as mudanças de eficiência ao longo do tempo utilizando o índice de Malmquist.

Nesse sentido, são investigados mais de um conceito de eficiência como, por exemplo, a eficiência financeira e a eficiência operacional. São utilizadas informações internas de 98 filiais de uma sociedade de crédito subsidiária de um banco multinacional com atuação no Brasil, no período de 2010 e 2011. As variáveis utilizadas são: quantidade de funcionários, valor das despesas, valor das receitas, quantidade de contratos assinados e quantidade de seguros vendidos. Após a obtenção das eficiências, o segundo objetivo é identificar se há alguma relação dos recursos utilizados (*inputs*) ou resultados obtidos (*outputs*) com os índices de eficiência por meio de análises de regressão.

O capítulo seguinte apresenta uma revisão da literatura sobre o que existe a respeito de análise de desempenho organizacional e suas diferentes perspectivas, colocando os prós e os

contras de cada perspectiva na aplicabilidade da amostra deste estudo. A revisão da literatura segue com o levantamento de estudos que aplicam o método DEA para mensuração de desempenho de agências bancárias.

Em seguida, é realizada a apresentação da metodologia utilizada pela Análise Envoltória dos Dados e do Índice de Malmquist. No capítulo seguinte, seguem os índices calculados e as análises dos resultados. Os comentários finais apresentam um comparativo com o indicador de lucratividade atualmente utilizado pela empresa para avaliar as suas filiais, as principais conclusões das análises, limitações encontradas e sugestões para estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PERSPECTIVAS DE ANÁLISE DE DESEMPENHO ORGANIZACIONAL

Carton e Hofer (2006) realizaram um levantamento histórico na literatura e concluíram que, embora os estudos passados sejam bastante rigorosos na seleção das variáveis de desempenho organizacional, não há um consenso de quais variáveis devem ser levadas em consideração, ou como devem ser medidas. Os autores identificaram que existem cinco perspectivas sobre análise de desempenho organizacional: Contabilidade, “Balanced Scorecard”, Gestão Estratégica, Empreendedorismo e Microeconomia. Será feita uma passagem pelas perspectivas, seguida de comentários sobre cada uma delas na aplicação para filiais de uma sociedade de crédito.

2.1.1 Perspectiva da Contabilidade

A principal característica da análise de desempenho sob a perspectiva da Contabilidade é que ela é baseada nos demonstrativos financeiros das empresas. As principais vantagens dessa perspectiva são a padronização dos demonstrativos e o rigor com que os registros contábeis são realizados, permitindo comparações com poucos vieses entre empresas do mesmo segmento (CARTON e HOFER, 2006). Outra característica é que a contabilidade fornece uma importante informação sobre a criação de valor da empresa. Entretanto, em razão de sua natureza conservadora, restringe-se apenas aos fatos gerados pela gestão no passado, ou seja, não mensura os efeitos que as ações gerenciais atuais poderão gerar no futuro. Lev (1989) revisou duas décadas em pesquisa de contabilidade, em que se buscava um constructo que relacionava os lucros reportados pela contabilidade com os ganhos nos preços das ações e consequente criação de valor para o acionista. Porém, a correlação encontrada entre os lucros da contabilidade e os retornos nas ações é muito pequena. Além disso, a relação Preço da Ação / Lucro mostrou-se muito instável ao longo do tempo. Bamber e Christiansen (2000) chegaram a conclusões semelhantes, verificando que o anúncio dos ganhos realizados pela empresa não causa efeito no preço de mercado das ações. No entanto, segundo O`Hanlon (1991), há um efeito retardado entre o mercado de ações e os lucros apurados pela

contabilidade. Contudo, o efeito retardado encontrado era nas duas direções: o ganho do mercado de ações poderia estar antecipando os lucros das empresas, ou o contrário, os lucros das empresas poderiam estar direcionando o mercado de ações. Como a maioria dos estudos sobre essa perspectiva relaciona os demonstrativos contábeis com a criação de valor para o acionista (preço da ação), e considerando que não há a informação de preço de ação por filial, optou-se por não utilizar essa perspectiva nessa dissertação.

2.1.2 Perspectiva do Balanced ScoreCard

O Balanced Scorecard proposto por Kaplan (1984) sugere que o desempenho organizacional não deveria se restringir somente aos indicadores financeiros, pois eles não mensuram a dimensão dos ganhos futuros gerados pelos investimentos atuais. Conforme o autor, uma combinação de indicadores financeiros e operacionais seria necessária para a obtenção de uma avaliação de desempenho global da empresa.

Dentre os indicadores sugeridos por Kaplan (1984) estão a penetração de mercado, mudança nos ativos intangíveis como patentes, satisfação dos clientes, inovação do produto, produtividade, qualidade e avaliação de desempenho dos *stakeholders*. Muitos desses indicadores dependem da auto-avaliação dos próprios gestores, o que pode causar questionamentos sobre a validade das informações. Outra deficiência é que a abordagem de Balanced Scorecard utiliza medidas operacionais específicas para cada organização, dificultando, portanto, sua generalização. Como nesta dissertação se pretende desenvolver uma metodologia que possa ser aplicável a outras sociedades de crédito, optou-se por não utilizar a abordagem de Balanced Scorecard.

2.1.3 Perspectiva da Gestão Estratégica

A perspectiva da gestão estratégica organizacional aborda o estudo da administração estratégica no entendimento de suas metas e objetivos organizacionais e os processos utilizados para alcançá-los (Drucker, 1954). Sobre essa perspectiva, dois pontos principais são amplamente discutidos na literatura. O primeiro é quem é o responsável pelo desempenho da organização, e o segundo, quais seriam as dimensões a serem medidas. Barnard (1938) define

como eficácia organizacional o cumprimento dos objetivos organizacionais e, como nível de satisfação, a maneira com que os objetivos foram atingidos. Para o mesmo autor, a medida principal de desempenho de uma organização seria sua capacidade de sobreviver, ideia também confirmada por Drucker (1954). Adicionalmente, Drucker sugere oito diferentes medidas de desempenho que, em sua opinião, seriam as medidas necessárias para qualquer empresa sobreviver:

1. Penetração de mercado atual em relação ao mercado potencial atual e futuro;
2. Inovação;
3. Produtividade;
4. Recursos Físicos e Financeiros;
5. Lucratividade capaz de cobrir o risco do negócio;
6. Desempenho e desenvolvimento dos gestores;
7. Desempenho e atitude do trabalhador;
8. Responsabilidade pública.

Ansof (1965), em contraste com Drucker, propõe uma única medida organizacional que é o retorno sobre o investimento. Por outro lado, para o autor, os objetivos individuais dos *stakeholders* não estão alinhados, nem entre eles mesmos, nem com os objetivos organizacionais. Assim, sugere a utilização de objetivos não-econômicos para que o objetivo principal organizacional seja atingido.

Freeman (1984) reforça o papel dos *stakeholders*, colocando-os na mesma importância que os objetivos organizacionais. Relata que as metas organizacionais devem ser explicitadas tanto em favor da própria organização quanto dos *stakeholders*.

Porter (1985) afirma que os objetivos das unidades de negócio de uma empresa devem estar alinhados com a estratégia da Organização.

A abordagem de Administração Estratégica é mais indicada para avaliar a empresa como um todo. Visto que as agências da amostra objeto desta dissertação têm um papel bastante limitado na definição da estratégia da empresa, optou-se por não utilizar esta abordagem.

2.1.4 Perspectiva do Empreendedorismo

No caso da Perspectiva do Empreendedorismo, foi identificado que a meta do fundador deveria ser a meta organizacional. Murphy *et al.* (1996) utilizaram uma abordagem de avaliação de desempenho com várias variáveis, identificando que pode haver um *tradeoff* entre crescimento da empresa e o crescimento da lucratividade. Essa abordagem está muito distante do tipo que se deseja adotar nesta dissertação.

2.1.5 Perspectiva da microeconomia

E finalmente, a perspectiva da microeconomia pela qual se podem obter dois enfoques. O primeiro diz respeito ao conceito de valor econômico. Sobre isso, Barney (2002) identificou que um desempenho normal da empresa significa que o valor criado é exatamente igual ao valor consumido na utilização dos ativos. Isto não significa que a empresa não apresenta lucros, o conceito difere no seguinte sentido: a empresa pode apresentar um lucro nominal, porém, não é um lucro econômico. Lucro econômico é o lucro nominal descontado pelo custo médio de capital. Como, por definição, o custo médio de capital é baseado nos retornos futuros ajustados pelo risco das origens dos recursos, o lucro econômico é igual à criação de valor necessária para atender a satisfação dos investidores.

Peteraf (1993) concluiu que as organizações que persistem em lucrar abaixo do retorno exigido pelo mercado, sofrerão uma fuga dos provedores dos recursos e, conseqüentemente, terão dificuldades em continuar existindo. Por outro lado, as empresas que geram mais do que o exigido pelo mercado conseguem atrair mais recursos para atender a uma maior demanda, resultando em maior vantagem competitiva. Como as origens dos recursos são difíceis de serem obtidas ao nível de uma unidade de negócio e, principalmente, em razão de as políticas de estrutura de capital serem definidas no nível institucional com pouca, ou nenhuma, participação das unidades de negócio, optou-se por não utilizar esse enfoque nesta dissertação.

O segundo enfoque de microeconomia utilizada é o da teoria neoclássica da produção, em que, no decorrer do processo de produção de uma empresa, há a entrada de recursos e de insumos para produzir uma saída de produtos e de serviços. Essa relação entre os insumos/recursos e os produtos/serviços gerados pode ser descrita por uma função de

produção como, por exemplo, no caso de um produto P gerado por n insumos X , pode ser representada pela seguinte função: $P = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$. Para Koopmans (1951) afirma que uma empresa é tecnicamente eficiente se não for capaz de aumentar a produção de um produto sem diminuir a produção de outro. Também se pode definir eficiência em função dos seus objetivos econômicos de maximização de lucro ou minimização dos custos. Por exemplo, Watson e Holman (1985) definem produtividade de uma firma como sendo a razão dos bens e serviços produzidos, pelos seus recursos utilizados. Como o foco é a eficiência de unidades de negócio que possuem o papel principal de vender produtos financeiros através da utilização de recursos como, por exemplo, mão-de-obra, entende-se que este enfoque de microeconomia é o mais adequado para esta dissertação.

Assim sendo, nesta dissertação, será efetuada a análise de desempenho de filiais de uma sociedade de crédito sob o enfoque de produtividade/eficiência em microeconomia.

2.2 ANÁLISE DE EFICIÊNCIA EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS

Em razão da dificuldade de se encontrar na literatura artigos sobre análise de eficiência com aplicação em filiais de uma sociedade de crédito, foi necessário um levantamento de informações e estudos relacionados a agências bancárias, que além de possuir características semelhantes às filiais de uma sociedade de crédito, apresentam uma grande quantidade de material disponível.

A análise de eficiência em agências bancárias foi primeiramente apresentada por Sherman e Gold em 1985. Foi aplicado o método DEA em 14 agências de um banco americano. Os *inputs* eram: quantidade de funcionários, valor do aluguel e custo de suprimentos. Os *outputs* eram formados por quatro grupos de transações geradas a partir de 17 serviços financeiros mais comuns oferecidos aos clientes. Os serviços foram agrupados em quatro tipos de transações classificadas em alto, médio-alto, médio-baixo e baixo recursos consumidos. Os autores desenvolveram um modelo cuja projeção sobre a fronteira não é definida pela redução de cada um dos seus *inputs* como descrito nos modelos tradicionais orientados aos *inputs*, e sim por uma alternativa alterando o esquema dos pesos das variáveis para que a agência avaliada possa se dirigir para um ponto sobre a fronteira. Outra conclusão a que chegaram é que os resultados trouxeram novas perspectivas para os gestores do banco que não estavam disponíveis nos outros métodos de avaliação.

Vassiloglou e Giokas (1990) aplicaram o método DEA em 20 agências de um banco com atuação na Grécia. Os *inputs* utilizados eram: quantidade de funcionários, custo de suprimentos, metragem da agência e quantidade de terminais de computadores. Para os *outputs*, os autores consideraram 72 transações bancárias agrupadas em quatro classes quanto à sua complexidade. Comentaram ainda que uma contribuição valiosa do DEA existe quando os resultados conflitam com as percepções dos gestores a respeito de uma agência. Nesse caso, uma análise mais profunda dessa agência é recomendada e normalmente são encontrados problemas operacionais que eram ignorados pelos gestores com os métodos de avaliação até então utilizados.

Segundo Deville *et al* (2009), o método DEA pode ser um componente valioso para uma abordagem de “Balanced Scorecard”, pois muitos indicadores operacionais são utilizados.

Os benefícios que o método DEA traz para a gestão de unidades de negócio são vários. Referente a um deles, Sherman e Ladino (1995) calcularam que a utilização do método DEA por um banco para avaliar a eficiência de suas 33 agências bancárias, obteve uma economia de US\$ 6 milhões nas despesas anuais. Essa economia não estava visível nos indicadores financeiros e operacionais tradicionais. Os *inputs* eram: quantidade de caixas eletrônicos, quantidade de funcionários, quantidade de gerentes, metragem do escritório e custos operacionais. Os *outputs* eram: quantidade de depósitos, saques e cheques compensados, quantidade de transações de *traveller checks* realizadas, quantidade de depósitos noturnos, e quantidade de empréstimos fornecidos aos clientes.

Coelli *et al* (2005) apresentaram as seguintes definições para os tipos de eficiência:

- Eficiência em Custo – é a medida de quão perto está o custo da agência avaliada do custo da agência considerada referência, ambas produzindo o mesmo montante de *output* e sob as mesmas condições.
- Eficiência em Receita – é a medida de quão perto está a receita da agência avaliada da receita da agência considerada referência, ambas utilizando o mesmo montante de *inputs* e sob as mesmas condições.
- Eficiência em Lucro – indica quanto uma agência está distante de desempenhar o mesmo lucro relativo aos outros bancos no mesmo período de produção e os mesmos *outputs*.

Anthanasopoulos (1998) apresentou uma nova dimensão para a eficiência e decomps a eficiência da agência bancária em dois componentes: mercado e custo. Conforme o autor, a

eficiência de mercado como a dimensão na qual uma agência bancária, dada a sua capacidade e os recursos disponíveis, utiliza o seu potencial de mercado para maximizar as vendas. Ou seja, maximizar os seus *outputs*. Por outro lado, a eficiência em custo é definida pelo autor como a dimensão em que uma agência bancária consegue minimizar as suas despesas, dados os serviços prestados, sem reduzir os níveis das qualidades dos serviços, ou seja, minimizar os *inputs*. O autor levantou dados de 580 agências, as quais foram divididas em seis grupos considerando-se quatro fatores: nível de concorrência, tamanho da filial (em metragem e em quantidade de transações realizadas), potencial de mercado e tipos e volume das contas correntes. Os *inputs* utilizados eram: quantidade de transações, potencial de mercado, quantidade de funcionários, caixas eletrônicos internos, caixas eletrônicos externos próximos à agência, custo de mão-de-obra e quantidade de instalações tecnológicas. Os *outputs* eram: venda de contas correntes, empréstimos realizados, seguros vendidos e cartões vendidos.

Um dos problemas do método DEA tradicional é que, devido à característica de convexidade da fronteira de eficiência, quando uma agência bancária classificada como ineficiente precisa ser comparada com uma agência considerada referência, muitas vezes ela não existe, pois o ponto de referência se localiza, na maioria das vezes, entre duas agências (TULKENS, 1993). Tulkens tratou dessa questão, aplicando uma extensão do modelo DEA, em que há o relaxamento da hipótese de convexidade da fronteira eficiente. Nessa extensão, chamada de FDH (*Free Disposal Hull*), a eficiência técnica da unidade de negócio avaliada passa a ser relativa somente a uma única unidade de negócio de referência, ao contrário da fronteira de eficiência convexa cujos índices de eficiência podem estar relacionados por uma combinação de unidades de negócio eficientes (TULKENS, 1993).

Uma abordagem interessante com relação à escolha dos *inputs* foi dada por Yang (2009), ao pesquisar 240 agências bancárias de um grande banco canadense. Foi utilizado apenas o número de funcionários como *input*. Para obter e diferenciar mais *inputs*, o autor caracterizou por tipo de funcionário (vendas, serviços, apoio e outros). Apenas com esses *inputs*, o autor gostaria de obter a estrutura ótima de funcionários de uma agência. Os *outputs* eram bem específicos: quantidade de transações realizadas para se cadastrar uma nova taxa de empréstimo, quantidade de novas contas corrente, quantidade de depósitos, quantidade de saques, entre outros. Concluiu que as agências operam de forma relativamente eficiente, embora com possibilidades de melhorias. Também foram dadas recomendações aos gestores, baseadas no resultado da metodologia.

Eken e Kale (2011) realizaram um levantamento de 39 artigos publicados após o ano 2000 e identificaram que são utilizados em média 3,9 *inputs* e 4,7 *outputs* por estudo. Aplicaram o método DEA em 128 agências bancárias na cidade de Istambul, na Turquia, tanto a abordagem de produção com 3 *inputs* e 8 *outputs*, quanto a de lucratividade com os mesmos 3 *inputs* e com 2 *outputs*. Seus *inputs* eram: despesas com pessoal, despesas operacionais e perdas de empréstimos. E os *outputs*: quantidade de depósitos realizados, tempo para a realização de depósitos, quantidade de depósitos em moeda estrangeira, tempo dos depósitos em moeda estrangeira, empréstimos para pessoa jurídica, empréstimos para pessoa física, totais de transações, receita com tarifas e receita líquida de juros. Concluíram que há uma grande quantidade de agências ineficientes e que seus *outputs* e *inputs* precisavam ser melhorados em 25% e 26%, respectivamente, para 79 agências ineficientes.

Camanho e Dyson (1999) aplicaram o método DEA na avaliação de desempenho de 168 agências bancárias portuguesas. O banco já utilizava um método de avaliação baseado na lucratividade no nível da agência. Nesse artigo, a agência bancária foi vista sob a ótica de uma unidade produtiva, onde há a prestação de serviços para os clientes. Na abordagem de produção, custos com juros são excluídos desde que apenas *inputs* físicos são necessários para a geração de transações e outros tipos de serviços. Das agências foram extraídos os seguintes dados:

Inputs:

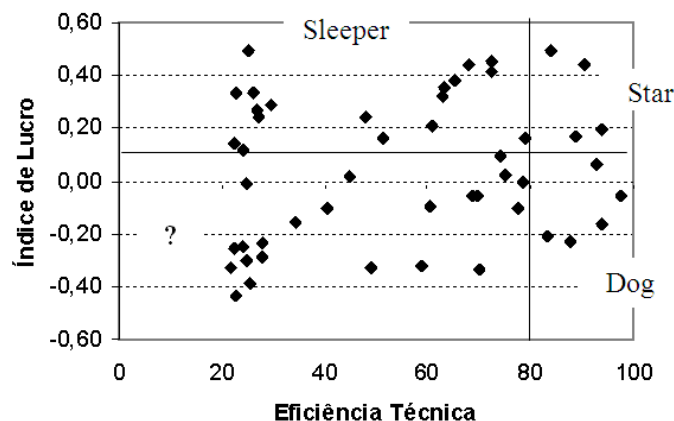
- 1) Número de funcionários;
- 2) Espaço utilizado pela agência (em m²);
- 3) Custos operacionais (suprimentos);
- 4) Número de ATMs (caixas eletrônicos).

Outputs:

- 5) Número de serviços transacionais realizados pela equipe da agência;
- 6) Número de transações em ATMs externos;
- 7) Quantidade de contas;
- 8) Valores de investimentos;
- 9) Valores dos empréstimos.

A análise da eficiência está orientada ao *input*, em que se buscou a melhor utilização dos recursos, ou seja, minimizar os *inputs*. O estudo também fez uma comparação com o método atual do banco, por meio da matriz ‘Eficiência-Lucratividade’ proposta por Dyson *et al* (1990) e Boussofiane *et al* (1991), posicionando as 168 agências em quatro quadrantes, conforme o Gráfico 1, a seguir:

- 1) Estrelas (Star) -> São indicadas como referências para toda a rede. São agências que possuem até 80% de eficiência técnica (baseada no método DEA) e os melhores níveis de lucratividade;
- 2) Cão (Dog) -> Agências operando com eficiência, porém, com baixa lucratividade;
- 3) Ponto de Interrogação (?) -> Essas filiais possuem potencial tanto para melhorar em eficiência quanto em lucratividade. Essas melhorias devem caminhar em direção ao quadrante das ‘Estrelas’.
- 4) Adormecidas (Sleeper) -> São filiais lucrativas, porém, ineficientes.



Fonte: Camanho e Dyson (1999)

Gráfico 1 – Matriz de Eficiência-Lucratividade

Para lidar com o problema da escala, Fare *et al* (1994) propôs a divisão do conjunto das possibilidades de produção em seis regiões ilustradas do Gráfico 2, a seguir:

II: a unidade de negócio apresenta um retorno crescente à escala;

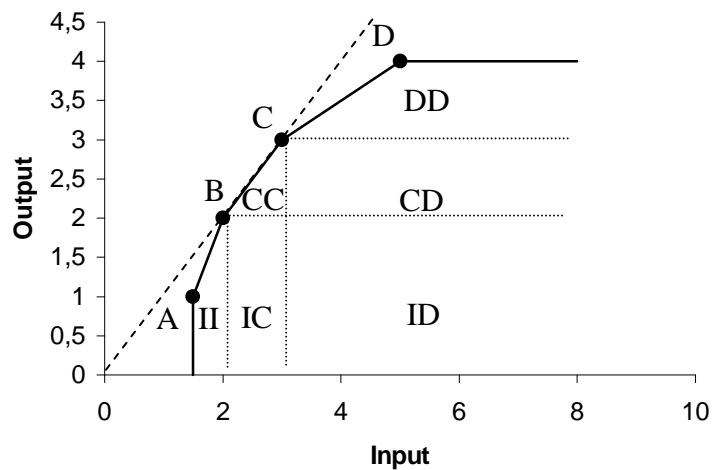
CC: a unidade de negócio apresenta retornos constantes à escala, independentemente do modelo de orientação;

DD: a unidade de negócio apresenta retornos decrescentes à escala, independentemente do modelo de orientação;

IC: a unidade de negócio pode exibir tanto retornos crescentes à escala, quanto retornos constantes à escala, dependendo do modelo e da orientação;

CD: a unidade de negócio pode exibir tanto retornos constantes à escala, quanto retornos decrescentes à escala, dependendo do modelo e da orientação;

ID: a unidade de negócio pode exibir tanto retornos decrescentes à escala quanto retornos crescentes à escala dependendo do modelo e orientação.



Fonte: Camanho e Dyson (1999)

Gráfico 2 – Características de retorno à escala

Banker (1993) propõe um teste de hipótese para verificar se a agência possui retornos constantes à escala (CRS) ou retornos variáveis à escala (VRS).

Para amostras muito grandes, em que há uma grande heterogeneidade regional em função das dimensões continentais da região pesquisada, Das, Nag, e Ray (2005) pesquisaram a eficiência em 222 agências bancárias de um banco com atuação na Índia, diferenciando as eficiências globais e regionais, separando a amostra em macro regiões, analisando cada região individualmente. Seus *inputs* eram: despesa de pessoal divididas em categorias (gerentes,

atendimento, *back-office*), e valor das despesas, incluindo o capital investido. Os *outputs* eram: valor dos depósitos, valor dos empréstimos e receita de tarifas.

Kordrostami *et al* (2006) introduziram um novo modelo de medição de eficiência relativa em uma perspectiva pessimista e incerteza sobre o preço. Os *inputs* eram: quantidade de funcionários, quantidade de terminais de computador e o espaço utilizado pela filial. Os *outputs* eram: depósitos realizados, empréstimos, juros sobre empréstimos e tarifas recebidas. Segue abaixo sua formulação para incerteza sobre preço:

Equação 1

$$\text{Min} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rjo}$$

tq :

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + s_j = 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$s_j \leq (1 - \rho_j) T \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n \rho_j \geq 1$$

$$\frac{P_{i^a jo}^{\min}}{P_{i^b jo}^{\max}} \leq \frac{v_{i^a}}{v_{i^b}} \leq \frac{P_{i^a jo}^{\max}}{P_{i^b jo}^{\min}}$$

$$i^a < i^b, \quad i^a, \quad i^b = 1, \dots, m$$

$$u_r \geq 0, \quad v_i \geq 0, \quad s_j \geq 0, \quad \rho_j \in \{0,1\}, \quad \text{for all } i, j, r.$$

j é a unidade de negócio que está sendo avaliada.

x_{ij} é o valor observado do i -enésimo *input*

y_{rj} é o valor observado do r -enésimo *output*

θ é o valor da medida da eficiência técnica

u_r são os valores dos pesos dados para os *outputs*.

v_i são os valores dos pesos dados para os *inputs*.

$P_{i^b jo}^{\max}$ e $P_{i^b jo}^{\min}$ são os limites superiores e inferiores dos preços dos *inputs*.

s_j é a variável slack, visando transformar a inequação em uma equação.

ρ_j é a variável binária

T é um número grande e positivo.

Liu *et al* (2009) adotaram o DEA para medir três tipos de eficiência ('CCR Eficiência Total', 'BCC Eficiência Técnica Pura' e 'Scale Efficiency') para 18 agências bancárias. Examinaram ainda as alterações na produtividade quando o banco implementou a troca

eletrônica de dados financeiros. Como a amostra era pequena, foram utilizados apenas dois *inputs* (despesas com pessoal e despesas com promoção) e dois *outputs* (quantidade de transações realizadas e lucros). O resultado facilitou a escolha das opções do negócio e ainda ajudou a apontar as forças e fraquezas de cada agência.

Com o surgimento dos novos meios eletrônicos para os bancos se relacionarem com os clientes, Portela e Thanassoulis (2005) avaliaram o desempenho de agências bancárias que mudaram o seu foco para um lado mais comercial, em vez de apenas processar transações. Os autores partiram para a mensuração de três medidas de eficiência:

- 1) Eficiência Transacional – capacidade da agência em converter suas transações para os meios eletrônicos;
- 2) Eficiência Operacional – capacidade da empresa em gerar valor agregado aos serviços relacionados a vendas, tais como conseguir mais clientes, maiores valores depositados, etc;
- 3) Eficiência em Lucro – capacidade da empresa em maximizar o lucro.

Os autores também relacionaram as eficiências umas com as outras, permitindo uma clara identificação das melhores agências, nas quais as demais deveriam se espelhar. Concluíram que a eficiência transacional está positivamente relacionada com a eficiência operacional, e que essa está positivamente relacionada com a eficiência em lucro. Conforme Soteriou (1997), a análise combinada de eficiências gera um entendimento melhor do que quando analisada em separado. Os *inputs* utilizados por Portela e Thanassoulis foram: quantidade de funcionários, valor do aluguel, variação/saldo do número de clientes, variação/saldo do valor dos depósitos, variação/saldo de outros recursos, variação de títulos depositados e número de transações.

3 METODOLOGIA

Na literatura, são elencados dois métodos distintos de análise de eficiência: os métodos paramétricos e os métodos não paramétricos. Os métodos paramétricos são aqueles que necessitam de definição da forma funcional da fronteira de produção. Os dados da amostra são tratados como dados aleatórios recebendo tratamento estatístico e regressões para se chegar à forma funcional final. Pontos fora da curva são tratados como erros. Foram encontrados poucos estudos relacionados a agências bancárias utilizando métodos paramétricos, como a Análise da Fronteira Estocástica (SFA).

Lin *et al* (2005) aplicaram o método SFA a 35 bancos em Taiwan. Chen (2002) comparou o método DEA com o SFA, também utilizando dados de bancos de Taiwan. Pinheiro (1992) identificou que os métodos paramétricos são mais agregados, sendo mais utilizados para a elaboração de políticas econômicas. Os métodos não paramétricos, por sua vez, não exigem uma definição de uma forma funcional padrão. Os próprios dados da amostra definem o formato da forma funcional e podem variar de amostra para amostra. Como será realizado um estudo sobre análise de desempenho de filiais de uma sociedade de crédito, em que as filiais são unidades de negócio homogêneas, o conjunto mais utilizado de métodos é o não paramétrico como o DEA e o índice de Malmquist.

3.1 MÉTODO DEA

Segundo Ramanathan (2003), o método DEA, abreviação de *Data Envelopment Analysis*, ou Análise Envoltória dos Dados, é uma técnica baseada na matemática de programação linear para a mensuração de desempenho, principalmente para empresas (ou unidades de negócios (UN) de uma empresa) que utilizam uma variedade de *inputs* e *outputs* semelhantes entre cada empresa (ou unidades de negócio).

Por essa razão, a grande utilização do método para avaliação de desempenho em hospitais, agências do governo, bancos, etc. De uma forma geral, o DEA define uma fronteira de eficiência dos dados coletados. A unidade de negócio que estiver sobre essa fronteira eficiente é considerada eficiente. Já as UNs que não estiverem nessa fronteira, ou seja, que estiverem “envolvidas” pelas UNs eficientes, são consideradas ineficientes e recebem uma

medida relativa dessa eficiência. As técnicas para a análise da fronteira de eficiência foram descritas por Farrel (1957). Porém, a formulação matemática conhecida atualmente foi desenvolvida 20 anos depois, por Charnes *et al.* (1978).

O artigo de Farrell (1957) lançou os pilares em que outros autores se apoiaram para desenvolver o método DEA. Nesse artigo, Farrell identificou algumas deficiências nos indicadores de produtividade que existiam na época, argumentando que tais indicadores, embora precisos, não forneciam uma visão total de eficiência. Sua proposta foi a adoção de uma abordagem mais voltada para a análise de atividade que poderia ser aplicada em qualquer unidade produtiva. Para testar o novo método, Farrell coletou dados estatísticos da agricultura dos Estados Unidos e calculou os índices de eficiência de 48 unidades produtoras. Ele utilizou quatro *inputs* (área produzida, mão-de-obra, custo de manutenção e valor do investimento) e um *output* (receita).

O método foi matematicamente apresentado e popularizado por Charnes, Cooper e Rhodes 20 anos depois, em 1978, com o intuito, inicialmente, de se mensurar a eficiência em unidades de negócio que não tinham o objetivo de maximizar os lucros, como hospitais, serviços públicos e instituições educacionais.

Cooper *et al.* (2007) definem a razão abaixo como a medida genérica de produtividade:

$$\frac{\text{OUTPUT}}{\text{INPUT}}$$

Exemplos dessa medida incluem lucro por empregado, vendas por empregado, lucro por capital empregado. Cabe notar que essas são medidas parciais de produtividade. As medidas de produtividade total dos fatores levam em consideração todos os *inputs* e todos os *outputs*. A migração de uma única medida de produtividade para uma medida que considera todas as variáveis evita que uma melhora no resultado, oriunda de um investimento de capital, por exemplo, seja atribuída pela melhora de produtividade por empregado quando essa, na realidade, pode ter se deteriorado. No entanto, mudar de uma medida parcial para uma medida total de produtividade pode trazer dificuldades, tais como a escolha dos *inputs* e dos *outputs*, bem como dos pesos que serão atribuídos a cada variável. Para lidar com essas dificuldades, o método DEA é o mais indicado, pois as suas principais vantagens são:

- 1) Não necessita que o usuário defina os pesos de cada variável;
- 2) Não necessita que seja definida uma forma funcional.

Cooper *et al* (2007) definem a ineficiência técnica como um tipo de ineficiência que pode ser eliminada sem se alterar as proporções de *inputs* ou *outputs*. Outro tipo de ineficiência é quando essa ocorre em apenas algumas (e não todas) variáveis que fazem parte do modelo. Esse tipo de ineficiência, que ocorre quando a sua eliminação interfere na alteração das proporções das variáveis, o autor chama de ineficiência de combinação².

A partir desses conceitos básicos, parte-se para uma extensão desses: o modelo CCR (Charnes, Cooper e Rhodes) inicialmente proposto em 1978. Os autores propuseram um modelo com a seguinte formulação:

Equação 2

$$\theta^* = \max \theta$$

$$tq : \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{io}$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{ro}$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, m;$$

$$r = 1, 2, \dots, s;$$

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

Onde:

j é a unidade de negócio que está sendo avaliada.

x_{ij} é o valor observado do i -enésimo *input*

y_{rj} é o valor observado do r -enésimo *output*

θ é o valor da medida da eficiência técnica

λ_j são os valores dos pesos dados para os *inputs* e *outputs*.

Todavia, uma deficiência deste modelo é a definição de que os retornos são constantes à escala. Esta deficiência, foi equacionada por Banker, Charnes e Cooper (1984), adicionando a condição $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ à equação anterior, tornando o modelo aderente a retornos variáveis à

escala. O modelo BCC, portanto, segue a seguinte formulação:

² Vide APÊNDICE B para exemplos sobre a aplicabilidade do DEA para a eficiência de combinação

Equação 3

$$\theta^* = \max \theta$$

$$tq : \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{io}$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{ro}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$i = 1, 2, \dots, m;$$

$$r = 1, 2, \dots, s;$$

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

Onde:

j é a unidade de negócio que está sendo avaliada.

x_{ij} é o valor observado do i -enésimo *input*

y_{rj} é o valor observado do r -enésimo *output*

θ é o valor da medida da eficiência técnica

λ_j são os valores dos pesos dados para os *inputs* e *outputs*.

O método DEA foi amplamente aplicado em diversas áreas cujo foco era a análise de desempenho de unidades de negócio. Exemplos são as aplicações em agências de uma seguradora propostas por Meimand *et al.* (2002).

Cinca e Molinero (2004) aplicaram o método DEA em cidades chinesas, com vistas a avaliar qual deveria ser a quantidade de variáveis ideal a ser utilizada no modelo. Para isso, utilizaram técnicas estatísticas de análise multivariada, que exigem a análise de todas as combinações possíveis de *inputs* e *outputs*. Esse método permite a ordenação das unidades de negócio que incluem tanto as unidades eficientes, quanto as ineficientes.

Fukuyama e Weber (2002) analisaram 310 distritos escolares no Texas, com o intuito de testar um novo modelo que substituiria as variáveis existentes por novas variáveis mais adequadas, pois as existentes poderiam estar enviesadas devido ao relaxamento das restrições que definem a fronteira tecnológica.

Ramanathan (2005) aplicou o método DEA no consumo de energia no transporte indiano, buscando estimar o consumo de energia e a emissão de carbono se houvesse uma maior absorção do transporte, por meio de trilhos sobre o tráfego de automóveis.

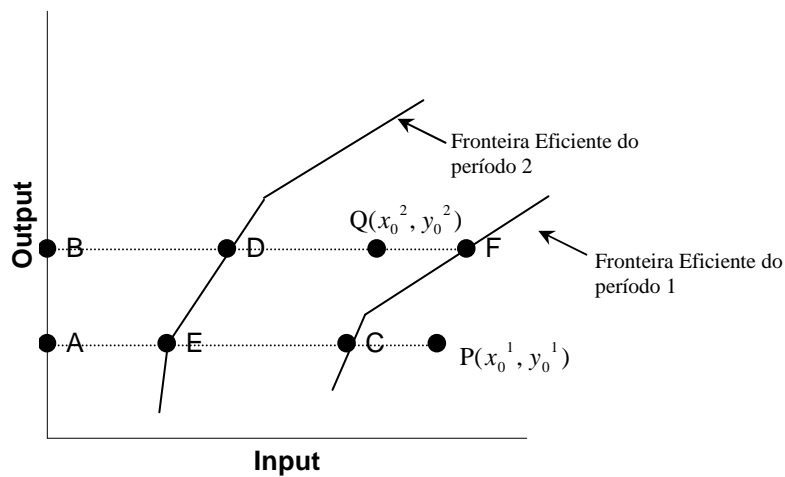
Greasley (2005) sugeriu que a análise pelo método DEA poderia seguir três etapas:

- 1) Obtenção dos dados para a análise DEA, que podem ser informações históricas, dados simulados ou uma combinação dos dois;
- 2) Identificação das unidades de negócio que serão referência para as outras;
- 3) Uma simulação que pode ser um guia prático para as unidades de negócio ineficientes conseguirem melhorar o seu desempenho.

3.2 ÍNDICE DE MALMQUIST

O Índice de Malmquist avalia a mudança de produtividade de uma unidade de negócio entre dois períodos de tempo. Pode também ser definido como o produto de dois termos: mudança da eficiência (*catch-up*) e mudança da tecnologia (*frontier-shift*). A mudança de tecnologia significa o quanto a fronteira de eficiência se movimentou. E o termo de mudança de eficiência significa o quanto sua eficiência se alterou quando comparada às respectivas fronteiras de eficiência do período medido (COOPER *et al.*, 2007).

Graficamente, o índice de Malmquist pode ser indicado da seguinte forma:



Cooper (2007)

Gráfico 3 – Esquema Índice de Malmquist

A mudança de eficiência (Catch-up) é definida pela seguinte fórmula:

$$\text{Mudança de eficiência} = \frac{\text{Eficiência de } (x_0, y_0)^2 \text{ referente à fronteira do período 2}}{\text{Eficiência de } (x_0, y_0)^1 \text{ referente à fronteira do período 1}}$$

No gráfico anterior, é possível calcular a mudança de eficiência da seguinte forma:

$$\text{Mudança de eficiência} = \frac{BD}{BQ} \bigg/ \frac{AC}{AP}$$

Onde:

Se a mudança de eficiência >1 , houve progresso na eficiência

Se a mudança de eficiência $=1$, não houve mudança na eficiência

Se a mudança de eficiência <1 , houve regressão na eficiência

A partir do gráfico apresentado anteriormente, é possível definir a mudança da tecnologia (ou inovação) para cada ponto avaliado P e Q:

$$\phi_1 = \frac{AC}{AE} \quad \text{e} \quad \phi_2 = \frac{BF}{BD}$$

Que é equivalente a:

$$\phi_1 = \frac{\frac{AC}{AP}}{\frac{AE}{AP}} = \frac{\text{Eficiência de } (x_0, y_0)^1 \text{ referente à fronteira do período 1}}{\text{Eficiência de } (x_0, y_0)^1 \text{ referente à fronteira do período 2}}$$

e

$$\phi_2 = \frac{\frac{BF}{BQ}}{\frac{BD}{BQ}} = \frac{\text{Eficiência de } (x_0, y_0)^2 \text{ referente à fronteira do período 1}}{\text{Eficiência de } (x_0, y_0)^2 \text{ referente à fronteira do período 2}}$$

A mudança da tecnologia é calculada pela média geométrica de ϕ_1 e ϕ_2 :

$$\phi = \sqrt{\phi_1 \phi_2} \quad \text{onde: } \phi_1 \phi_2 = \frac{AC}{AE} \frac{BF}{BD}$$

Se $\phi > 1$, indica progresso na tecnologia

Se $\phi = 1$, indica manutenção da tecnologia

Se $\phi < 1$, indica regresso na tecnologia

Com o produto dos dois termos anteriores, chega-se ao índice de Malmquist:

MI = (Mudança de eficiência) x (Mudança de Tecnologia)

$$MI = \left(\frac{BD}{BQ} / \frac{AC}{AP} \right) \sqrt{\frac{AC \ BF}{AE \ BD}}$$

Simplificando:

$$MI = \frac{AP}{BQ} \sqrt{\frac{BF \ BD}{AC \ AE}}$$

Tone (2004) define o índice de Malmquist como aquele que representa o crescimento do fator de produtividade total (TFP) de uma unidade de negócio. Ademais, reflete o aumento/decrécimo na eficiência dentre o aumento/decrécimo da fronteira da tecnologia considerando múltiplos *inputs* e múltiplos *outputs*. Calcula ainda a eficiência ao longo do tempo, aplicando a função distância.

Baseados no trabalho de Malmquist (1953), Caves, Christensen e Diewert (1982) investigaram os índices de produtividade e construíram o arcabouço matemático, criando o índice de Malmquist para a mensuração de produtividade, que segue a seguinte formulação:

Equação 4

$$M_{t,t+1}(y_t, y_{t+1}, x_t, x_{t+1}) = \left[\frac{d_o^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{d_o^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_o^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})}{d_o^{t+1}(y_t, x_t)} \right]^{1/2}$$

Onde: $M_{t,t+1}$ é o índice de Malmquist e d devem ser encontrados a partir dos problemas de programação linear a seguir:

Equação 5

$$d_o^t(y_t, x_t)^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta$$

tq :

$$-\theta y_{i,t} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$x_{i,t} - X_t \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$d_o^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta$$

tq :

$$-\theta y_{i,t+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$x_{i,t+1} - X_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

$$\begin{array}{ll}
 d_o^t(y_{t+1}, x_{t+1})^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta & d_o^{t+1}(y_t, x_t)^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \\
 tq: & tq: \\
 -\theta y_{i,t+1} + Y_t \lambda \geq 0 & -\theta y_{i,t} + Y_{t+1} \lambda \geq 0 \\
 x_{i,t+1} - X_t \lambda \geq 0 & x_{i,t} - X_{t+1} \lambda \geq 0 \\
 \lambda \geq 0 & \lambda \geq 0
 \end{array}$$

Onde:

θ é o valor da medida de produtividade;

d é a função distância.

Färe *et al* (1989) mostraram que o índice de Malmquist pode ser decomposto em dois componentes, como segue:

Equação 6

$$M_{t,t+1}(y_t, y_{t+1}, x_t, x_{t+1}) = \underbrace{\frac{d_o^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})}{d_o^t(y_t, x_t)}}_{\text{Mudança de Eficiência}} \times \underbrace{\left[\frac{d_o^t(y_t, x_t)}{d_o^{t+1}(y_t, x_t)} \times \frac{d_o^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{d_o^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \right]^{1/2}}_{\text{Mudança de Tecnologia}}$$

Essa decomposição é importante para verificar se o aumento da produtividade da agência ocorreu em razão do aumento de sua própria eficiência, ou de alguma mudança na fronteira de eficiência.

Färe *et al* (1994) justificam a utilização de média geométrica de dois índices para evitar a escolha de qual fronteira de produção deveria ser utilizada para o cálculo do índice.

Thrall (2000) realizou uma aplicação do índice de Malmquist ao método DEA, lançando as bases para o uso de medidas de eficiência não-radiais nas construções desse índice, procurando equacionar as ineficiências do método DEA.

Navanbakhsh *et al.* (2006) aplicaram o Índice de Malmquist de produtividade na Receita em 36 agências bancárias de um banco comercial Iraniano. Conforme os autores, o índice de Malmquist de Produtividade da receita possui a seguinte formulação:

Equação 7

$$RM = \left[\frac{W^t Y^t / R^t(X^t, W^t)}{W^t Y^{t+1} / R^t(X^{t+1}, W^t)} \times \frac{W^{t+1} Y^t / R^{t+1}(X^t, W^{t+1})}{W^{t+1} Y^{t+1} / R^{t+1}(X^{t+1}, W^{t+1})} \right]$$

Cada unidade possuía os seguintes *inputs*:

- 1) Juros pagos – Juros pagos para os clientes em função dos seus investimentos;
- 2) Funcionários;
- 3) Perdas de crédito – quando o cliente não paga o empréstimo contraído.

E os seguintes *outputs*:

- 4) Depósitos públicos: soma de quatro tipos de depósitos principais;
- 5) Depósitos não-públicos: Outros depósitos não incluídos no item 4);
- 6) Empréstimos;
- 7) Juros recebidos de empréstimos;
- 8) Tarifas recebidas.

No resultado da análise, foram calculados os valores de eficiência no período t e $t+1$ indicando tanto as mudanças de eficiência quanto de tecnologia, determinando assim, ao final, o índice de Malmquist baseado na receita.

Rebello e Mendes (2000) informaram a construção de números índices utilizando métodos não paramétricos, por não exigirem, como nas abordagens econométricas, a imposição de uma forma funcional da estrutura de produção, que possivelmente não refletiria a realidade. Para os autores, citando Grifell-Tatjé e Lovell (1996), o índice de Malmquist possui três vantagens principais sobre os índices de Fisher e Tornqvist:

- 1) Não exige a premissa de maximização do lucro, ou minimização do custo;
- 2) Não exige as informações dos preços tanto para o *input*, quanto para o *output*;
- 3) Se o pesquisador trabalhar com dados em painel, há a possibilidade de decompor as mudanças de produtividade em mudança na eficiência e na tecnologia.

Ademais, afirmaram que a principal desvantagem do índice de Malmquist é a necessidade de se calcular as funções distância. Entretanto, concluíram que a técnica DEA pode ser utilizada para resolver esse problema. Os *inputs* utilizados eram: valor dos depósitos, quantidade de empregados e custos fixos. Os *outputs* eram: valor dos empréstimos, quantidade de propostas financeiras e outros serviços bancários.

3.3 AMOSTRA

Nesta dissertação, será realizada uma análise de desempenho de 98 filiais de uma sociedade de crédito subsidiária de um banco multinacional com atuação no Brasil. Será utilizada a ferramenta de Análise Envoltória de Dados (DEA) para a verificação da eficiência relativa de cada filial e, posteriormente, será apurado o índice de Malmquist, para verificar as mudanças nos níveis de eficiência de cada filial.

A instituição bancária multinacional a ser estudada possui nacionalidade americana e presença nacional há quase 100 anos. Sua sociedade de crédito subsidiária possui atuação recente no país, iniciando suas operações em 2006. Seu público-alvo são pessoas da classe B e C, interessadas em crédito pessoal. Atua em todo o território brasileiro, mas se concentra nos grandes centros urbanos. Atualmente, possui em operação cerca de 100 agências nesse segmento. Apesar de o ticket médio do mercado ser baixo, sistemas sofisticados de classificação de crédito permitem que as filiais analisadas trabalhem com um ticket médio acima do mercado, um valor em torno de R\$ 8.000,00 por financiamento. A taxa média aplicada é de 5,00% ao mês e o prazo médio de financiamento é de 21 meses.

Para a definição de quais *inputs* e *outputs* serão objetos desta dissertação, primeiramente, é necessário verificar qual seria o número ideal de variáveis a compor o modelo. Parkan (1987) pesquisou 35 agências bancárias de um banco canadense, utilizando como *inputs*: quantidade de funcionários, valor anual do aluguel, despesas fixas e de telefone e quantidade de terminais; e *outputs*: transações básicas, abertura de contas para pessoa física, abertura de contas para pessoa jurídica, número de propostas de financiamento e número de correções realizadas por número de transações. Concluiu que o número de observações deveria ser maior do que a soma dos *inputs* e *outputs*. Isto não será um problema, visto que a amostra é de 98 agências. Questionou-se se o tamanho da amostra seria muito grande, o que poderia gerar conclusões confusas que comprometessem a análise. Para demonstrar que não será um problema, Oral e Yolalan (1990) utilizaram um sistema de 'score' selecionando as 20 primeiras agências bancárias, de modo a buscar homogeneidade entre elas, como uma forma de reduzir o tamanho da amostra de 583 agências de um banco turco. Seus *inputs* eram: quantidade de funcionários, quantidade de terminais on-line, quantidade de contas pessoa jurídica, quantidade de contas-poupança, valor dos custos com pessoal, despesas administrativas, depreciação e valor dos juros pagos sobre os depósitos. Seus *outputs* eram: tempo gasto nos serviços de transações gerais, tempo gasto nas transações de crédito, tempo

gasto nas transações de depósitos, tempo gasto em transações de câmbio, juros ganhos sobre empréstimos e receita de tarifas.

Para esta dissertação, serão utilizados alguns *outputs* em unidades monetárias amparados no estudo de Sealey & Lindley (1977), que identificaram quais deveriam ser os *inputs* e *outputs* para as instituições financeiras. Os *inputs* deveriam ser: capital, mão-de-obra, suprimentos e empréstimos feitos de outros bancos. Os *outputs* deveriam ser expressos em unidades monetárias, e não físicas, por exemplo: valor de empréstimos, valor dos depósitos e valores de tarifas.

Dentre as variáveis disponíveis para cada filial, apresentam-se as seguintes informações mensais de 2010 e 2011:

- *Inputs*: quantidade de funcionários, valor dos salários por filial, valor do aluguel, despesas administrativas (água, luz, condomínio, telefonia), despesas com viagens, prazo dos contratos realizados, despesas com fretes e transportes;
- *Outputs*: quantidade de contratos realizados por produto de financiamento (crédito pessoal, crédito consignado, crédito com o automóvel como garantia), valor dos contratos realizados por produto, taxa dos contratos realizados, quantidade de seguros vendidos, valor dos seguros vendidos, valor da carteira, quantidade de contratos em carteira, valor da receita gerada.

Ao realizar uma análise da relevância de cada variável e com base em alguns autores, foi possível reduzir a quantidade de variáveis para cinco. As demais variáveis não são muito utilizadas na literatura estudada, e outras, como valores e quantidade de contratos em carteira, são resultados de operações realizadas em anos anteriores. Segue a relação das variáveis estudadas e os autores que as utilizaram em seus artigos:

- *Inputs*:
 - Quantidade de funcionários - Sherman e Gold (1985)
 - Valor das despesas anuais - Sherman e Ladino (1995)
- *Outputs*:
 - Quantidade de contratos realizados - Sherman e Ladino (1995)
 - Quantidade de seguros vendidos - Anthanassopoulos (1998)
 - Valor da receita gerada pelos empréstimos - Eken e Kale (2011)

As diferentes escolhas dos *inputs* / *outputs* poderão direcionar a análise das agências. Ao utilizar apenas as variáveis “quantidade de funcionários” e “quantidade de contratos realizados”, a análise estará mais voltada para eficiência/produktividade operacional. E no caso das variáveis “valor das despesas mensais” e “valor da receita gerada”, a análise estará mais voltada para o conceito financeiro.

O resultado desta dissertação poderá ser confrontado com as decisões gerenciais realizadas na prática, baseadas em outro método de análise (lucratividade).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 INFORMAÇÕES DA AMOSTRA

Para manter a confidencialidade da empresa, os dados das variáveis utilizadas não serão divulgados. Pela mesma questão, as estatísticas descritivas das Tabelas 1 e Tabela 2, a seguir, foram calculadas a partir da base original multiplicada por um fator constante, produzindo exatamente os mesmos resultados nas análises de eficiência.

Tabela 1 - Estatísticas Descritivas da amostra 2010

| 2010 | Quantidade de funcionários | Despesa Total (R\$) | Quantidade de Contratos Novos | Quantidade de Seguros Vendidos | Receita Total (R\$) |
|---------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Mínimo | 7.2 | 25,814 | 66.5 | 46.1 | 265,382 |
| Máximo | 15.9 | 125,200 | 297.3 | 371.2 | 2,048,831 |
| Mediana | 11.2 | 49,727 | 152.5 | 136.8 | 914,543 |
| Média | 11.3 | 53,837 | 157.9 | 146.1 | 961,751 |
| Desvio Padrão | 2.0 | 19,539 | 43.3 | 49.8 | 364,699 |

Tabela 2 - Estatísticas Descritivas da Amostra 2011

| 2011 | Quantidade de funcionários | Despesa Total (R\$) | Quantidade de Contratos Novos | Quantidade de Seguros Vendidos | Receita Total (R\$) |
|---------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Mínimo | 8.2 | 30,948 | 83.5 | 57.3 | 236,676 |
| Máximo | 18.4 | 142,093 | 349.7 | 372.7 | 2,563,171 |
| Mediana | 11.6 | 52,519 | 153.8 | 181.5 | 1,049,335 |
| Média | 12.1 | 56,269 | 162.9 | 184.4 | 1,076,604 |
| Desvio Padrão | 2.1 | 21,054 | 49.6 | 63.6 | 397,916 |

4.2 DEA

Foi utilizado o pacote “Benchmarking” desenvolvido por Bogetoft e Otto (2011) por meio do software R para a solução das equações definidas pelo modelo DEA³. A base das informações das 98 filiais do ano de 2010 e 2011, considerando as cinco variáveis da amostra (quantidade de contratos, quantidade de seguros, quantidade de funcionários, valor das despesas e valor das receitas), foi processada pelo software, produzindo as eficiências contidas na Tabela 3 e na Tabela 4, mais adiante.

³ Vide Apêndice C para visualizar o *script* utilizado no software R

Foram realizadas análises dos índices de eficiência para o ano de 2010 e com orientação ao *input*. Os índices do ano de 2011 e as análises com orientação ao *output* também foram calculados e analisados, mas não são apresentados nesta dissertação por apresentarem resultados muito semelhantes às análises demonstradas. As análises foram separadas pelos tipos de retorno à escala.

Tabela 3 - Índices de Eficiência 2010

| Filial | CRS | IRS | DRS | VRS | FDH | Filial cont. | CRS | IRS | DRS | VRS | FDH |
|--------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|
| F1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F50 | 0.73 | 0.81 | 0.73 | 0.81 | 1.00 |
| F2 | 0.96 | 1.00 | 0.96 | 1.00 | 1.00 | F51 | 0.88 | 0.90 | 0.88 | 0.90 | 1.00 |
| F3 | 0.70 | 1.00 | 0.70 | 1.00 | 1.00 | F52 | 0.83 | 0.84 | 0.83 | 0.84 | 1.00 |
| F4 | 0.71 | 0.88 | 0.71 | 0.88 | 1.00 | F53 | 0.77 | 0.93 | 0.77 | 0.93 | 1.00 |
| F5 | 0.75 | 0.78 | 0.75 | 0.78 | 0.79 | F54 | 0.78 | 0.84 | 0.78 | 0.84 | 0.97 |
| F6 | 0.68 | 0.81 | 0.68 | 0.81 | 0.88 | F55 | 0.51 | 0.69 | 0.51 | 0.69 | 0.73 |
| F7 | 0.96 | 0.97 | 0.96 | 0.97 | 1.00 | F56 | 0.64 | 0.73 | 0.64 | 0.73 | 0.92 |
| F8 | 0.54 | 0.61 | 0.54 | 0.61 | 0.65 | F57 | 0.73 | 0.78 | 0.73 | 0.78 | 1.00 |
| F9 | 0.63 | 0.73 | 0.63 | 0.73 | 0.76 | F58 | 0.58 | 0.95 | 0.58 | 0.95 | 1.00 |
| F10 | 0.74 | 0.89 | 0.74 | 0.89 | 1.00 | F59 | 0.78 | 0.82 | 0.78 | 0.82 | 0.95 |
| F11 | 0.64 | 0.78 | 0.64 | 0.78 | 0.89 | F60 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.93 | 1.00 |
| F12 | 0.83 | 0.88 | 0.83 | 0.88 | 1.00 | F61 | 0.75 | 0.79 | 0.75 | 0.79 | 0.93 |
| F13 | 0.88 | 0.93 | 0.88 | 0.93 | 1.00 | F62 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| F14 | 0.87 | 1.00 | 0.87 | 1.00 | 1.00 | F63 | 0.65 | 0.65 | 0.67 | 0.67 | 0.88 |
| F15 | 0.79 | 0.88 | 0.79 | 0.88 | 1.00 | F64 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.99 |
| F16 | 0.85 | 1.00 | 0.85 | 1.00 | 1.00 | F65 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 1.00 |
| F17 | 0.61 | 0.68 | 0.61 | 0.68 | 0.79 | F66 | 0.75 | 0.75 | 0.76 | 0.76 | 1.00 |
| F18 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | F67 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| F19 | 0.82 | 0.82 | 0.85 | 0.85 | 1.00 | F68 | 0.82 | 0.83 | 0.82 | 0.83 | 1.00 |
| F20 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F69 | 0.72 | 0.74 | 0.72 | 0.74 | 0.97 |
| F21 | 0.66 | 0.70 | 0.66 | 0.70 | 0.90 | F70 | 0.76 | 0.77 | 0.76 | 0.77 | 1.00 |
| F22 | 0.97 | 1.00 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | F71 | 0.83 | 0.86 | 0.83 | 0.86 | 1.00 |
| F23 | 0.72 | 0.79 | 0.72 | 0.79 | 1.00 | F72 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 1.00 |
| F24 | 0.49 | 0.59 | 0.49 | 0.59 | 0.63 | F73 | 0.96 | 0.96 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| F25 | 0.61 | 0.83 | 0.61 | 0.83 | 0.98 | F74 | 0.63 | 0.92 | 0.63 | 0.92 | 0.98 |
| F26 | 0.82 | 0.86 | 0.82 | 0.86 | 0.96 | F75 | 0.86 | 0.87 | 0.86 | 0.87 | 1.00 |
| F27 | 0.79 | 0.80 | 0.79 | 0.80 | 1.00 | F76 | 0.65 | 0.69 | 0.65 | 0.69 | 0.79 |
| F28 | 0.73 | 0.96 | 0.73 | 0.96 | 1.00 | F77 | 0.62 | 0.84 | 0.62 | 0.84 | 0.90 |
| F29 | 0.85 | 0.95 | 0.85 | 0.95 | 1.00 | F78 | 0.63 | 0.73 | 0.63 | 0.73 | 0.78 |
| F30 | 0.55 | 0.76 | 0.55 | 0.76 | 0.91 | F79 | 0.66 | 0.73 | 0.66 | 0.73 | 1.00 |
| F31 | 0.62 | 0.90 | 0.62 | 0.90 | 1.00 | F80 | 0.85 | 0.90 | 0.85 | 0.90 | 1.00 |
| F32 | 0.65 | 0.86 | 0.65 | 0.86 | 0.94 | F81 | 0.77 | 0.83 | 0.77 | 0.83 | 0.86 |
| F33 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | F82 | 0.83 | 0.88 | 0.83 | 0.88 | 1.00 |
| F34 | 0.72 | 0.90 | 0.72 | 0.90 | 1.00 | F83 | 0.62 | 0.69 | 0.62 | 0.69 | 0.87 |
| F35 | 0.76 | 0.82 | 0.76 | 0.82 | 1.00 | F84 | 0.75 | 0.80 | 0.75 | 0.80 | 0.98 |
| F36 | 0.78 | 0.96 | 0.78 | 0.96 | 1.00 | F85 | 0.66 | 0.74 | 0.66 | 0.74 | 0.91 |
| F37 | 0.80 | 0.84 | 0.80 | 0.84 | 1.00 | F86 | 0.74 | 0.90 | 0.74 | 0.90 | 0.98 |
| F38 | 0.33 | 0.75 | 0.33 | 0.75 | 0.75 | F87 | 0.62 | 0.79 | 0.62 | 0.79 | 0.87 |
| F39 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F88 | 0.69 | 0.81 | 0.69 | 0.81 | 0.96 |
| F40 | 0.80 | 0.82 | 0.80 | 0.82 | 1.00 | F89 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| F41 | 0.97 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F90 | 0.76 | 0.90 | 0.76 | 0.90 | 1.00 |
| F42 | 0.81 | 0.87 | 0.81 | 0.87 | 1.00 | F91 | 0.66 | 0.83 | 0.66 | 0.83 | 0.94 |
| F43 | 0.78 | 0.85 | 0.78 | 0.85 | 1.00 | F92 | 0.81 | 0.81 | 0.82 | 0.82 | 1.00 |
| F44 | 0.76 | 0.82 | 0.76 | 0.82 | 0.85 | F93 | 0.51 | 0.70 | 0.51 | 0.70 | 0.77 |
| F45 | 0.86 | 0.94 | 0.86 | 0.94 | 1.00 | F94 | 0.81 | 0.85 | 0.81 | 0.85 | 0.90 |
| F46 | 0.59 | 0.76 | 0.59 | 0.76 | 0.83 | F95 | 0.61 | 0.69 | 0.61 | 0.69 | 0.86 |
| F47 | 0.88 | 0.92 | 0.88 | 0.92 | 1.00 | F96 | 0.81 | 0.91 | 0.81 | 0.91 | 1.00 |
| F48 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F97 | 0.73 | 0.78 | 0.73 | 0.78 | 0.91 |
| F49 | 0.63 | 0.79 | 0.63 | 0.79 | 0.85 | F98 | 0.67 | 0.78 | 0.67 | 0.78 | 0.90 |

CRS: *Constant Returns to Scale*. Retornos constantes à escala
VRS: *Variable Returns to Scale*. Retornos variáveis à escala
IRS: *Increase Returns to Scale*. Retornos crescentes à escala
DRS: *Decrease Returns to Scale*. Retornos decrescentes à escala
FDH: *Free Disposal Hull*

| Correlação | Spearman | Correlação | Spearman |
|------------|----------|------------|----------|
| FDH x VRS | 0.7246 | VRS x IRS | 0.9982 |
| FDH x DRS | 0.7079 | VRS x CRS | 0.7750 |
| FDH x IRS | 0.7153 | DRS x IRS | 0.7628 |
| FDH x CRS | 0.7058 | DRS x CRS | 0.9987 |
| VRS x DRS | 0.7714 | IRS x CRS | 0.7687 |

Tabela 4 - Índice de Eficiência 2011

| Filial | CRS | IRS | DRS | VRS | FDH | Filial cont. | CRS | IRS | DRS | VRS | FDH |
|--|------|------|------|------|------|----------------------------|--------|------|----------------------------|--------|------|
| F1 | 0.72 | 0.79 | 0.72 | 0.79 | 0.94 | F50 | 0.76 | 0.92 | 0.76 | 0.92 | 1.00 |
| F2 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F51 | 0.82 | 0.92 | 0.82 | 0.92 | 1.00 |
| F3 | 0.48 | 0.94 | 0.48 | 0.94 | 1.00 | F52 | 0.80 | 0.88 | 0.80 | 0.88 | 1.00 |
| F4 | 0.56 | 0.91 | 0.56 | 0.91 | 0.98 | F53 | 0.74 | 0.99 | 0.74 | 0.99 | 1.00 |
| F5 | 0.48 | 0.63 | 0.48 | 0.63 | 0.71 | F54 | 0.73 | 0.90 | 0.73 | 0.90 | 1.00 |
| F6 | 0.84 | 1.00 | 0.84 | 1.00 | 1.00 | F55 | 0.44 | 0.63 | 0.44 | 0.63 | 0.72 |
| F7 | 0.64 | 0.89 | 0.64 | 0.89 | 0.94 | F56 | 0.74 | 1.00 | 0.74 | 1.00 | 1.00 |
| F8 | 0.64 | 0.79 | 0.64 | 0.79 | 0.82 | F57 | 0.73 | 0.92 | 0.73 | 0.92 | 1.00 |
| F9 | 0.58 | 0.80 | 0.58 | 0.80 | 0.92 | F58 | 0.57 | 0.92 | 0.57 | 0.92 | 1.00 |
| F10 | 0.68 | 0.89 | 0.68 | 0.89 | 1.00 | F59 | 0.63 | 0.85 | 0.63 | 0.85 | 0.96 |
| F11 | 0.61 | 0.77 | 0.61 | 0.77 | 0.82 | F60 | 0.70 | 0.84 | 0.70 | 0.84 | 1.00 |
| F12 | 0.56 | 0.74 | 0.56 | 0.74 | 0.83 | F61 | 0.73 | 0.87 | 0.73 | 0.87 | 1.00 |
| F13 | 0.73 | 0.90 | 0.73 | 0.90 | 1.00 | F62 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 1.00 |
| F14 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F63 | 0.60 | 0.69 | 0.60 | 0.69 | 0.84 |
| F15 | 0.80 | 0.88 | 0.80 | 0.88 | 1.00 | F64 | 0.94 | 0.96 | 0.94 | 0.96 | 1.00 |
| F16 | 0.79 | 0.95 | 0.79 | 0.95 | 1.00 | F65 | 0.67 | 0.85 | 0.67 | 0.85 | 0.90 |
| F17 | 0.77 | 0.85 | 0.77 | 0.85 | 1.00 | F66 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| F18 | 0.98 | 1.00 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | F67 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.00 |
| F19 | 0.58 | 0.65 | 0.58 | 0.65 | 0.74 | F68 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.99 |
| F20 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F69 | 0.65 | 0.76 | 0.65 | 0.76 | 0.81 |
| F21 | 0.70 | 0.82 | 0.70 | 0.82 | 1.00 | F70 | 0.73 | 0.74 | 0.73 | 0.74 | 0.95 |
| F22 | 0.83 | 1.00 | 0.83 | 1.00 | 1.00 | F71 | 0.76 | 0.97 | 0.76 | 0.97 | 1.00 |
| F23 | 0.63 | 0.82 | 0.63 | 0.82 | 0.98 | F72 | 0.90 | 0.98 | 0.90 | 0.98 | 1.00 |
| F24 | 0.45 | 0.69 | 0.45 | 0.69 | 0.79 | F73 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| F25 | 0.49 | 0.85 | 0.49 | 0.85 | 0.94 | F74 | 0.55 | 1.00 | 0.55 | 1.00 | 1.00 |
| F26 | 0.74 | 0.89 | 0.74 | 0.89 | 1.00 | F75 | 0.92 | 0.97 | 0.92 | 0.97 | 1.00 |
| F27 | 0.76 | 0.88 | 0.76 | 0.88 | 1.00 | F76 | 0.63 | 0.78 | 0.63 | 0.78 | 0.86 |
| F28 | 0.63 | 1.00 | 0.63 | 1.00 | 1.00 | F77 | 0.58 | 0.86 | 0.58 | 0.86 | 1.00 |
| F29 | 0.68 | 0.92 | 0.68 | 0.92 | 1.00 | F78 | 0.64 | 0.76 | 0.64 | 0.76 | 0.99 |
| F30 | 0.48 | 0.78 | 0.48 | 0.78 | 0.83 | F79 | 0.63 | 0.79 | 0.63 | 0.79 | 0.97 |
| F31 | 0.72 | 1.00 | 0.72 | 1.00 | 1.00 | F80 | 0.84 | 0.91 | 0.84 | 0.91 | 0.99 |
| F32 | 0.64 | 0.87 | 0.64 | 0.87 | 0.95 | F81 | 0.60 | 0.84 | 0.60 | 0.84 | 1.00 |
| F33 | 0.75 | 0.92 | 0.75 | 0.92 | 1.00 | F82 | 0.65 | 0.83 | 0.65 | 0.83 | 0.90 |
| F34 | 0.88 | 1.00 | 0.88 | 1.00 | 1.00 | F83 | 0.61 | 0.68 | 0.61 | 0.68 | 0.83 |
| F35 | 0.84 | 0.87 | 0.84 | 0.87 | 1.00 | F84 | 0.78 | 0.85 | 0.78 | 0.85 | 1.00 |
| F36 | 0.74 | 0.97 | 0.74 | 0.97 | 1.00 | F85 | 0.59 | 0.74 | 0.59 | 0.74 | 0.83 |
| F37 | 0.74 | 0.92 | 0.74 | 0.92 | 1.00 | F86 | 0.52 | 0.90 | 0.52 | 0.90 | 0.90 |
| F38 | 0.44 | 0.77 | 0.44 | 0.77 | 0.88 | F87 | 0.60 | 0.84 | 0.60 | 0.84 | 0.94 |
| F39 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F88 | 0.71 | 0.94 | 0.71 | 0.94 | 1.00 |
| F40 | 0.78 | 0.89 | 0.78 | 0.89 | 1.00 | F89 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| F41 | 0.91 | 0.92 | 0.91 | 0.92 | 1.00 | F90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| F42 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | F91 | 0.59 | 0.95 | 0.59 | 0.95 | 1.00 |
| F43 | 0.76 | 0.91 | 0.76 | 0.91 | 1.00 | F92 | 0.67 | 0.75 | 0.67 | 0.75 | 0.88 |
| F44 | 0.59 | 0.76 | 0.59 | 0.76 | 0.94 | F93 | 0.47 | 0.77 | 0.47 | 0.77 | 0.86 |
| F45 | 0.72 | 0.89 | 0.72 | 0.89 | 0.96 | F94 | 0.73 | 0.82 | 0.73 | 0.82 | 0.92 |
| F46 | 0.51 | 0.67 | 0.51 | 0.67 | 0.76 | F95 | 0.59 | 0.80 | 0.59 | 0.80 | 0.92 |
| F47 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | F96 | 0.68 | 0.97 | 0.68 | 0.97 | 1.00 |
| F48 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.86 | F97 | 0.69 | 0.83 | 0.69 | 0.83 | 1.00 |
| F49 | 0.67 | 0.87 | 0.67 | 0.87 | 0.98 | F98 | 0.79 | 0.91 | 0.79 | 0.91 | 1.00 |
| | | | | | | Correlação Spearman | | | Correlação Spearman | | |
| CRS: Constant Returns to Scale. Retornos constantes à escala | | | | | | FDH x VRS | 0.8050 | | VRS x IRS | 1.0000 | |
| VRS: Variable Returns to Scale. Retornos variáveis à escala | | | | | | FDH x DRS | 0.6566 | | VRS x CRS | 0.6822 | |
| IRS: Increase Returns to Scale. Retornos crescentes à escala | | | | | | FDH x IRS | 0.8050 | | DRS x IRS | 0.6822 | |
| DRS: Decrease Returns to Scale. Retornos decrescentes à escala | | | | | | FDH x CRS | 0.6566 | | DRS x CRS | 1.0000 | |
| FDH: Free Disposal Hull | | | | | | VRS x DRS | 0.6822 | | IRS x CRS | 0.6822 | |

4.2.1 Retorno constante à escala

No Gráfico 4 e na Tabela 5, a seguir, o DEA identificou que seis filiais conseguiram maximizar a relação Y/X considerando os retornos constantes à escala. A fronteira eficiente parte do ponto $X=zero$ $Y=zero$, passando pelos pontos considerados eficientes, mantendo a mesma relação durante toda a fronteira. Portanto, para as demais filiais atingirem a eficiência, devem buscar a mesma relação de Y/X das seis filias pertencentes à fronteira eficiente.

Cabe notar que as seis filiais consideradas eficientes se concentram em uma determinada área do gráfico (*inputs* aproximadamente 50 mil e *outputs* de aproximadamente 1,5 milhão) o que poderia sugerir que os valores das variáveis seriam semelhantes. Porém, na Tabela 5, é possível notar que os indicadores de cada uma delas não são homogêneos.

O DEA foi capaz de lidar com todas as variáveis em conjunto, mesmo em unidades diferentes, para qualificar as filiais eficientes. A região sudeste é a mais representativa, com duas filiais de Minas Gerais e três do Estado de São Paulo, consideradas grandes pela empresa. O outro estado que compõe o grupo de eficientes é Pernambuco, cuja filial é considerada média.

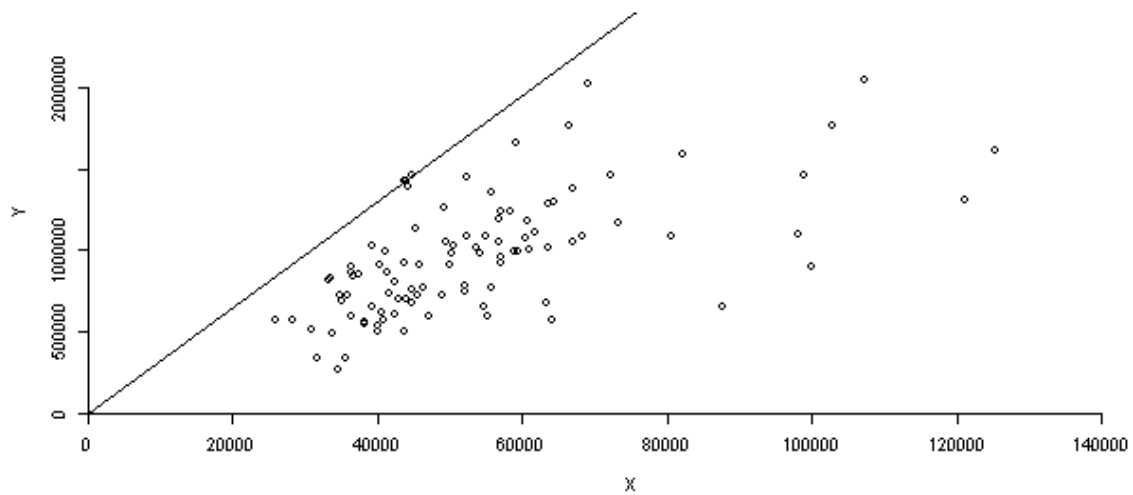


Gráfico 4 - DEA - Retorno Constante à escala

Tabela 5 - Filiais Eficientes CRS (Constant Returns to Scale)

| Filial | Funcionários | Despesa | Contratos | Seguros | Receita |
|---------------|---------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| F1 | 8.5 | 67,126 | 181.5 | 209.4 | 1,383,861 |
| F20 | 12.2 | 59,219 | 152.5 | 183.8 | 1,659,749 |
| F39 | 15.4 | 44,063 | 297.3 | 222.2 | 1,422,870 |
| F48 | 13.3 | 107,303 | 268.9 | 371.2 | 2,048,831 |
| F62 | 12.2 | 43,765 | 197.1 | 238.7 | 1,419,494 |
| F67 | 14.1 | 44,712 | 177.5 | 202.0 | 1,455,109 |

Ao comparar com a metodologia utilizada pela empresa, baseada apenas na lucratividade para classificar as filiais, não foi possível encontrar uma forte relação entre os dois métodos. Por exemplo, a melhor filial classificada no critério de lucratividade de empresa também é considerada eficiente no método DEA. Porém, a segunda melhor filial no critério de lucratividade figura apenas como a 34ª no método DEA (Filial F19). Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que a classificação pela lucratividade considera todos os contratos em carteira. Isso leva ao favorecimento de empresas com carteiras consolidadas no mercado, em que há muita receita gerada, mas não há a avaliação da eficiência das atividades realizadas pelo gestor da filial durante o ano de 2010. Pelo mesmo motivo, a filial F24 é considerada uma filial mediana pelo critério de lucratividade, e está na 97ª posição na metodologia DEA.

O método de lucratividade também penaliza as filiais jovens, por ainda não possuírem uma carteira grande o bastante para sustentar as suas despesas. Por exemplo, a filial F33, com apenas 3 anos da sua fundação, mas com forte crescimento, apresenta um índice de eficiência de 0,99 pela metodologia DEA. Todavia, é considerada a 93ª filial no critério de lucratividade

4.2.2 Retorno crescente à escala

No Gráfico 5, a seguir, observa-se que o retorno é crescente à escala, ou seja, os retornos (*outputs*) variam a uma proporção acima dos insumos (*inputs*). Nesse caso, além das filiais consideradas no retorno constante à escala, mais seis são definidas como eficientes. Vide a Tabela 6, a seguir, as novas filiais classificadas como eficientes em negrito.

Pode-se notar que para esse tipo de retorno, as novas filiais classificadas como eficientes possuem níveis de *inputs* abaixo das demais. Isso faz sentido, pois, na classificação da empresa, essas seis filiais adicionadas são consideradas pequenas ou médias. O retorno crescente à escala tende a considerar eficientes filiais que possuem baixa utilização de

recursos, sugerindo que há um nível mínimo de recursos necessários para realizar as atividades. No entanto, nenhuma delas é considerada uma referência no critério de lucratividade utilizado pela empresa, por ainda faltar escala para suas operações.

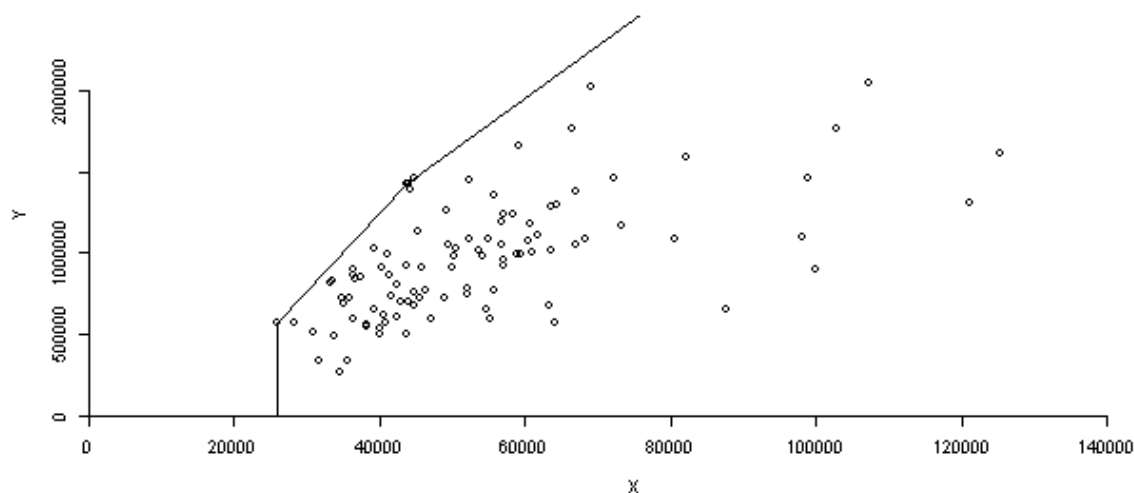


Gráfico 5 - DEA - Retorno Crescente à escala

Tabela 6 - Filiais Eficientes IRS (*Increase Returns to Scale*)

| Filial | Funcionários | Despesa | Contratos | Seguros | Receita |
|------------|--------------|---------------|--------------|--------------|----------------|
| F1 | 8.5 | 67,126 | 181.5 | 209.4 | 1,383,861 |
| F2 | 10.3 | 37,323 | 169.0 | 184.2 | 847,262 |
| F3 | 7.2 | 25,814 | 86.0 | 70.4 | 571,042 |
| F14 | 11.6 | 28,277 | 165.2 | 113.9 | 573,115 |
| F16 | 8.9 | 33,144 | 133.5 | 140.7 | 816,384 |
| F20 | 12.2 | 59,219 | 152.5 | 183.8 | 1,659,749 |
| F22 | 8.4 | 35,824 | 154.7 | 151.3 | 727,637 |
| F33 | 8.2 | 39,233 | 162.9 | 128.2 | 646,758 |
| F39 | 15.4 | 44,063 | 297.3 | 222.2 | 1,422,870 |
| F48 | 13.3 | 107,303 | 268.9 | 371.2 | 2,048,831 |
| F62 | 12.2 | 43,765 | 197.1 | 238.7 | 1,419,494 |
| F67 | 14.1 | 44,712 | 177.5 | 202.0 | 1,455,109 |

4.2.3 Retorno decrescente à escala

De maneira análoga, o retorno decrescente à escala apresenta uma fronteira eficiente, em que, a partir dos retornos constantes à escala, esses passam a ser decrescentes com o

aumento dos insumos. Nesse caso apenas duas filiais a mais comporão a lista de filiais eficientes. É possível perceber que os níveis dos insumos são maiores do que as demais filiais eficientes. Isso faz sentido, pois, na classificação da empresa, as duas filiais adicionadas são consideradas grandes (F41 e F89). O retorno decrescente à escala tende a considerar eficientes filiais que possuem uma alta utilização de recursos, sugerindo que há um limite para os resultados obtidos (*outputs*) a partir dos recursos utilizados (*inputs*). Ou seja, aumentar os recursos nessas filiais não irá trazer resultados na mesma proporção. No modelo de lucratividade adotado pela empresa, há divergências na análise dessas filiais. A filial F41 é bem avaliada pela empresa, porém a filial F89 é classificada 41 posições abaixo. Isso se justifica pelo fato de a análise de lucratividade também levar em conta as perdas de crédito de cada filial. A filial F89 possui o dobro do nível de perdas de crédito da filial F41. A perda de crédito não é considerada uma variável neste estudo, por não fazer parte da função do gestor da filial. A gestão de crédito é realizada de forma centralizada pela área de risco na matriz.

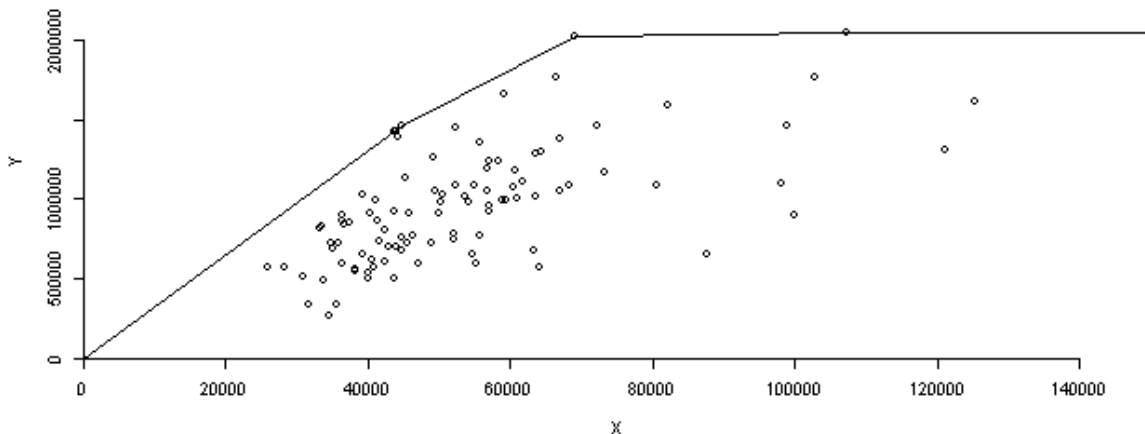


Gráfico 6 - DEA Retorno Decrescente à escala

Tabela 7 - Filiais Eficientes DRS (*Decrease Returns to Scale*)

| Filial | Funcionários | Despesa | Contratos | Seguros | Receita |
|------------|--------------|---------------|--------------|--------------|------------------|
| F1 | 8.5 | 67,126 | 181.5 | 209.4 | 1,383,861 |
| F20 | 12.2 | 59,219 | 152.5 | 183.8 | 1,659,749 |
| F39 | 15.4 | 44,063 | 297.3 | 222.2 | 1,422,870 |
| F41 | 11.6 | 80,600 | 235.1 | 129.5 | 1,079,872 |
| F48 | 13.3 | 107,303 | 268.9 | 371.2 | 2,048,831 |
| F62 | 12.2 | 43,765 | 197.1 | 238.7 | 1,419,494 |
| F67 | 14.1 | 44,712 | 177.5 | 202.0 | 1,455,109 |
| F89 | 15.9 | 69,086 | 225.9 | 244.7 | 2,018,038 |

4.2.4 Retorno variável à escala

No Gráfico 7, a seguir, é possível visualizar a combinação dos retornos crescentes à escala e os retornos decrescentes à escala. Nesse caso, há uma união das filiais eficientes, totalizando 14 filiais. BANKER *et al* (1984) afirmam que adotar o tipo de retorno variável à escala é mais próximo da realidade, visto que uma crítica que fazem aos retornos constantes à escala é que, muitas vezes, as demais filiais nunca conseguirão atingir a mesma relação de *outputs/inputs*. Ao assumir que há um limite de ganho de escala e níveis mínimos de *inputs* para realizar as operações, esses autores consideram o tipo de retorno variável à escala mais adequado para a análise de eficiência. A relação completa das filiais eficientes adotando retornos variáveis à escala está na Tabela 8, adiante.

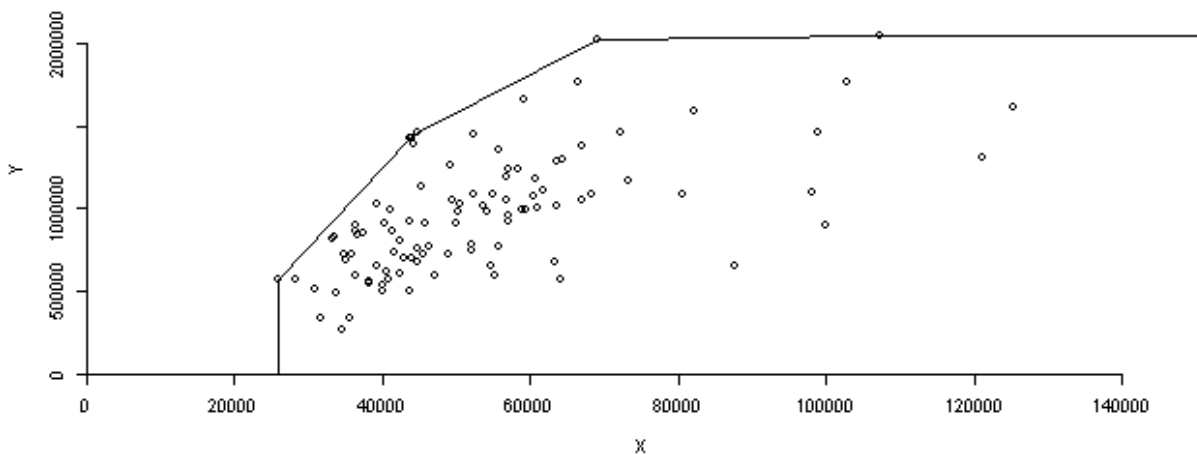


Gráfico 7 - DEA Retornos Variáveis à escala

Tabela 8 - Filiais Eficientes VRS(Variable Returns to Scale)

| Filial | Funcionários | Despesa | Contratos | Seguros | Receita |
|---------------|---------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| F1 | 8.5 | 67,126 | 181.5 | 209.4 | 1,383,861 |
| F2 | 10.3 | 37,323 | 169.0 | 184.2 | 847,262 |
| F3 | 7.2 | 25,814 | 86.0 | 70.4 | 571,042 |
| F14 | 11.6 | 28,277 | 165.2 | 113.9 | 573,115 |
| F16 | 8.9 | 33,144 | 133.5 | 140.7 | 816,384 |
| F20 | 12.2 | 59,219 | 152.5 | 183.8 | 1,659,749 |
| F22 | 8.4 | 35,824 | 154.7 | 151.3 | 727,637 |
| F33 | 8.2 | 39,233 | 162.9 | 128.2 | 646,758 |
| F39 | 15.4 | 44,063 | 297.3 | 222.2 | 1,422,870 |
| F41 | 11.6 | 80,600 | 235.1 | 129.5 | 1,079,872 |
| F48 | 13.3 | 107,303 | 268.9 | 371.2 | 2,048,831 |
| F62 | 12.2 | 43,765 | 197.1 | 238.7 | 1,419,494 |
| F67 | 14.1 | 44,712 | 177.5 | 202.0 | 1,455,109 |
| F89 | 15.9 | 69,086 | 225.9 | 244.7 | 2,018,038 |

Na Tabela 9, a seguir, pode-se encontrar as filiais consideradas eficientes no retorno variável à escala e sua respectiva colocação no *ranking* da empresa, por meio do método da lucratividade. É acrescentada também uma coluna com o tamanho da filial no conceito da empresa. No conceito de lucratividade, observa-se, claramente, um favorecimento das filiais grandes em detrimento das médias e pequenas.

Tabela 9 – Comparativo DEA vs Lucratividade

| Filial | Lucratividade | Tamanho da Filial |
|---------------|----------------------|--------------------------|
| F1 | 22° | Média |
| F2 | 63° | Média |
| F3 | 78° | Pequena |
| F14 | 87° | Pequena |
| F16 | 59° | Média |
| F20 | 4° | Grande |
| F22 | 69° | Pequena |
| F33 | 93° | Pequena |
| F39 | 12° | Grande |
| F41 | 15° | Grande |
| F48 | 6° | Grande |
| F62 | 9° | Grande |
| F67 | 1° | Grande |
| F89 | 42° | Grande |

4.2.5 Free Disposal Hull

O *Free Disposal Hull* é uma forma alternativa aos métodos tradicionais do DEA, relaxando a hipótese de convexidade. Com isso, as filiais que não são eficientes conseguem atingir a fronteira de eficiência, melhorando os seus *inputs* ou *outputs* até um nível já atingido por outra filial. Não há um ponto virtual de desempenho que deve ser alcançado pela filial para que ela se torne eficiente, e sim um desempenho que uma filial eficiente demonstrou já bastaria para se tornar eficiente. Essa característica é importante para tirar o argumento do gestor da filial, caso ele critique ao ser cobrado de um nível de *input* ou *output*, afirmando que é impossível de ser atingido. Por outro lado, uma grande quantidade de filiais é considerada eficiente, o que pode acarretar poucas identificações de oportunidades. Na amostra deste trabalho, 57 filiais (mais da metade) foram consideradas eficientes, tornando difícil a defesa de que haveria oportunidade em apenas 42% delas para aumentar a eficiência e que as demais 58% já estariam atuando no nível de eficiência.

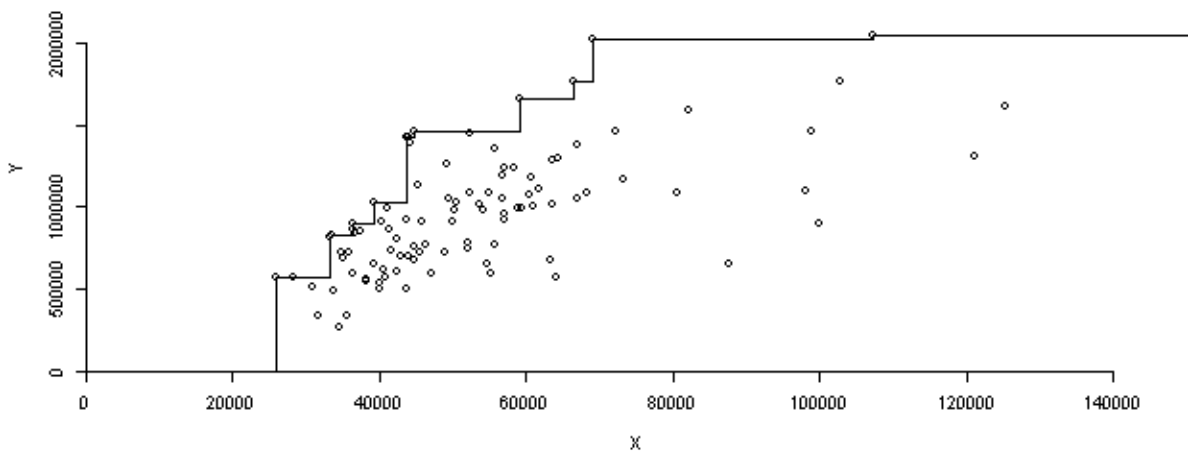


Gráfico 8 - DEA *Free Disposal Hull*

4.3 ANÁLISE DAS RELAÇÕES ENTRE EFICIÊNCIAS

Nesta seção, busca-se a existência ou não de alguma relação entre as eficiências calculadas e as variáveis de *inputs* e *outputs*. Também se propõe a responder às seguintes perguntas: seriam as variáveis de *inputs* ou *outputs* importantes, em alguma medida, para explicar as variações de eficiência? A eficiência operacional implica também em eficiência

financeira? Um menor nível de insumo implicaria em maior eficiência? Para responder a essas perguntas, primeiramente, serão definidos três diferentes índices de eficiência para cada filial⁴:

- 1) Eficiência operacional: Os índices de eficiência de cada filial foram calculados utilizando como *input* apenas a quantidade de funcionários e como *output* as quantidades de contratos vendidos e a quantidade de seguros realizados.
- 2) Eficiência financeira: O índice de eficiência de cada filial foi calculado utilizando como *input* apenas o valor das despesas e como *output* apenas o valor das receitas.
- 3) Eficiência total: O índice de eficiência de cada filial utilizando-se de todas as variáveis utilizadas na eficiência operacional e financeira.

4.3.1 Análise de correlação

Foram calculados os índices de correlação de Pearson entre a eficiência operacional e a eficiência financeira por meio de dois tipos de retorno à escala (CRS e VRS) e escolha da orientação (*output* e *input*):

Tabela 10 - Correlação de Pearson

| Retorno à escala | Orientação | Coefficiente de correlação (Pearson) |
|-------------------------|-------------------|---|
| CRS | Output | 0.1485 |
| | Input | 0.1485 |
| VRS | Output | 0.2809 |
| | Input | 0.1930 |

A conclusão revela que não há uma forte correlação entre a eficiência operacional e a eficiência financeira em nenhuma das análises, ou seja, uma filial com um bom índice de eficiência operacional não significa um bom índice de eficiência monetária, pelo menos quando se considera um relacionamento linear. Portanto, modelos de regressões tradicionais poderiam ser um problema para determinar índices de eficiência. Nesse contexto, a análise a seguir investiga se índices de eficiências medidos pelo DEA, um método tipicamente não paramétrico, podem ser explicados de forma linear por variáveis de *input* ou *output*.

⁴ Vide Apêndice D para visualizar os índices de cada eficiência.

4.3.2 Análise de regressão

Foram realizadas seis regressões com as variáveis de *inputs* e seis com as de *output* para cada uma das eficiências. Também foram utilizados coeficientes padronizados, pois a diferença na unidade entre as variáveis é grande. Como os índices de eficiência variam de zero a um, foi necessária uma transformação logística $z = \log\left(\frac{y}{1 - y + \varepsilon}\right)$ para possibilitar a análise de regressão⁵.

4.3.2.1 Análises de regressão para os *inputs*

É possível observar que, nos retornos constantes à escala, não importa o tipo de escolha da orientação (*input* ou *output*), os resultados da análise da regressão serão os mesmos. Por outro lado, na análise de retornos variáveis à escala, foram encontradas diferenças nas regressões. Essas características já eram esperadas por definição da metodologia das duas orientações.

Na questão de eficiência operacional, apresentada na Tabela 11, adiante, e com retornos constantes à escala, em que seria esperado que a quantidade de funcionários fosse relevante, a variável que melhor explica a eficiência é o valor das despesas (um indicador monetário). O sinal positivo do coeficiente indica que quanto maior o valor da despesa, maior a eficiência. Isso vai contra o senso comum, ao afirmar que, para melhorar a eficiência, os insumos deveriam ser reduzidos. Tal contradição pode ser explicada pelo fato de as filiais eficientes apresentarem um nível médio de *inputs*, conforme apresentado anteriormente na Tabela 5, sugerindo que um aumento nas despesas, maiores valores de *outputs* poderiam ser conseguidos melhorando a eficiência.

No entanto, se forem adotados retornos variáveis à escala, a situação se inverte. A quantidade de funcionários passa a ser relevante para a eficiência operacional, e quanto menor a quantidade de funcionários, maior a eficiência. Além de ser compatível com o bom senso, essa observação faz sentido, visto que, ao se considerar retornos variáveis à escala, filiais com baixos níveis de *inputs* passariam a ser consideradas eficientes.

⁵ A adição da constante $\varepsilon = 10^{-6}$ foi adicionada para evitar a divisão por zero das filiais eficientes

Quando analisada a regressão da eficiência total na Tabela 13, a seguir, não foi possível encontrar, a um nível de significância de $p < 0,05$, uma relação entre as variáveis de *inputs* com a eficiência total. Isso significa que as variações de *inputs* não são suficientes para explicar as variações na eficiência total.

Tabela 13 – Eficiência Total vs *inputs*

| Eficiência Total | Tipo: CRS | | | | | |
|---------------------|-----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|---------|
| | Input | | | Output | | |
| | Coeficiente | t | P(> t) | Coeficiente | t | P(> t) |
| Intercepto | (0.8683) | (0.4660) | 0.6420 | (0.8683) | (0.4660) | 0.6420 |
| Qde de Funcionários | 0.1683 | 1.4600 | 0.1480 | 0.1683 | 1.4600 | 0.1480 |
| Valor da Despesa | (0.0104) | (0.0900) | 0.9280 | (0.0104) | (0.0900) | 0.9280 |
| | R ² = 0.03 | | | R ² = 0.03 | | |

| Eficiência Total | Tipo: VRS | | | | | |
|---------------------|-----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|---------|
| | Coeficiente | t | P(> t) | Coeficiente | t | P(> t) |
| | Intercepto | 5.1710 | 2.0990 | 0.0385* | 3.4410 | 1.3430 |
| Qde de Funcionários | (0.0021) | (0.0180) | 0.9854 | 0.0439 | 0.3780 | 0.7060 |
| Valor da Despesa | (0.1484) | (1.2850) | 0.2019 | (0.1223) | (1.0530) | 0.2950 |
| | R ² = 0.02 | | | R ² = 0.01 | | |

Códigos de Significância: *** de 0 a 0,001 . de 0,05 a 0,1
 ** de 0,001 a 0,01 “vazio” de 0,1 a 1
 * de 0,001 a 0,01

4.3.2.2 Análises de regressão para os *outputs*

Quando se analisa a regressão por meio das variáveis de *output*, é possível observar que, segundo a Tabela 14, adiante, no caso de retornos constantes à escala, a eficiência operacional é explicada pelos *outputs* operacionais ‘quantidade de contratos’ e ‘quantidade de seguros’, o que intuitivamente faz sentido. Quanto maior a ‘quantidade de contratos’ e a ‘quantidade de seguros’ maior a eficiência operacional. No caso de retornos variáveis à escala e apenas no caso de orientação ao *output*, a ‘quantidade de contratos’ é relevante para explicar a eficiência, pois como a atividade principal da empresa é a venda de contratos, é natural sugerir que a quantidade de contratos assinados seja a variável relevante.

Tabela 14 – Eficiência Operacional vs *Outputs*

| Eficiência Operacional | Tipo: CRS | | | | | |
|------------------------|-----------------------|----------|-----------|-----------------------|----------|-----------|
| | Orientação | | | | | |
| | Input | | | Output | | |
| | Coefficiente | t | P(> t) | Coefficiente | t | P(> t) |
| Intercepto | (2.4720) | (3.6840) | 0.0004*** | (2.4720) | (3.6840) | 0.0004*** |
| Qde de Contratos | 0.2527 | 1.9940 | 0.0490* | 0.2527 | 1.9940 | 0.0490* |
| Qde de Seguros | 0.4534 | 2.8210 | 0.0058** | 0.4534 | 2.8210 | 0.0058** |
| Valor da Receita | (0.1974) | (1.3500) | 0.1802 | (0.1974) | (1.3500) | 0.1802 |
| | R ² = 0.27 | | | R ² = 0.27 | | |

| Eficiência Operacional | Tipo: VRS | | | | | |
|------------------------|-----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|----------|
| | Orientação | | | | | |
| | Input | | | Output | | |
| | Coefficiente | t | P(> t) | Coefficiente | t | P(> t) |
| Intercepto | (0.5405) | (0.4970) | 0.6200 | (2.6820) | (2.5060) | 0.0139* |
| Qde de Contratos | 0.2234 | 1.5690 | 0.1200 | 0.3619 | 2.6740 | 0.0088** |
| Qde de Seguros | 0.2049 | 1.1340 | 0.2600 | 0.2010 | 1.1710 | 0.2445 |
| Valor da Receita | (0.2137) | (1.3000) | 0.1970 | (0.1909) | (1.2220) | 0.2247 |
| | R ² = 0.07 | | | R ² = 0.16 | | |

Códigos de Significância: *** de 0 a 0.001 . de 0,05 a 0.1
 ** de 0,001 a 0,01 “vazio” de 0,1 a 1
 * de 0,001 a 0,01

Para a eficiência financeira na Tabela 15, abaixo, no retorno constante à escala, a variável relevante que explica este tipo de eficiência é o valor das receitas. Isso faz sentido, já que o valor da receita é o único *output* financeiro. No retorno variável à escala, o valor da receita é representativo apenas para a orientação ao *output*, enquanto na orientação ao *input* a quantidade de seguros é significativa. Assim, cabe inferir que, se o índice de eficiência financeira estiver orientado ao *input*, a variável em que o gestor da filial deveria atuar é na venda de seguros, para aumentar o índice de eficiência financeira.

Tabela 15 – Eficiência Financeira vs *Outputs*

| Eficiência Financeira | Tipo: CRS | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|---------|
| | Orientação | | | | | |
| | Input | | | Output | | |
| | Coefficiente | t | P(> t) | Coefficiente | t | P(> t) |
| Intercepto | (1.3820) | (2.2710) | 0.0254* | (1.3820) | (2.2710) | 0.0254* |
| Qde de Contratos | (0.0424) | (0.3150) | 0.7532 | (0.0424) | (0.3150) | 0.7532 |
| Qde de Seguros | 0.1203 | 0.7050 | 0.4826 | 0.1203 | 0.7050 | 0.4826 |
| Valor da Receita | 0.3415 | 2.1990 | 0.0303* | 0.3415 | 2.1990 | 0.0303* |
| | R ² = 0.17 | | | R ² = 0.17 | | |

| Eficiência Financeira | Tipo: VRS | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|----------|
| | Orientação | | | | | |
| | Input | | | Output | | |
| | Coefficiente | t | P(> t) | Coefficiente | t | P(> t) |
| Intercepto | (1.2820) | (1.1870) | 0.2382 | (2.7390) | (2.6700) | 0.0089** |
| Qde de Contratos | (0.1550) | (1.1470) | 0.2542 | (0.1461) | (1.1640) | 0.2472 |
| Qde de Seguros | 0.3497 | 2.0400 | 0.0441* | 0.3121 | 1.9610 | 0.0529. |
| Valor da Receita | 0.1784 | 1.1440 | 0.2556 | 0.3450 | 2.3820 | 0.0192* |
| | R ² = 0.17 | | | R ² = 0.28 | | |

Códigos de Significância: *** de 0 a 0.001 . de 0,05 a 0.1
 ** de 0,001 a 0,01 “vazio” de 0,1 a 1
 * de 0,001 a 0,01

Ao analisarmos eficiência total na Tabela 16, a seguir, a quantidade de seguros ajuda a explicar a eficiência total no retorno constante à escala. Esse é um ponto relevante: significa que o diferencial da eficiência das filiais não é sua atividade principal de vender contratos de financiamentos e sim sua capacidade de vender seguros. Ou seja, vender mais contratos não seria suficiente para uma filial melhorar o seu índice de eficiência; seria necessário que essa filial vendesse mais seguros.

Tabela 16 – Eficiência Total vs *Outputs*

| Eficiência Total | Tipo: CRS Orientação | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|----------|-----------|-----------------------|----------|-----------|
| | Input | | | Output | | |
| | Coeficiente | t | P(> t) | Coeficiente | t | P(> t) |
| Intercepto | (3.8880) | (3.7730) | 0.0003*** | (3.8880) | (3.7730) | 0.0003*** |
| Qde de Contratos | 0.1543 | 1.2640 | 0.2092 | 0.1543 | 1.2640 | 0.2092 |
| Qde de Seguros | 0.3449 | 2.2280 | 0.0283* | 0.3449 | 2.2280 | 0.0283* |
| Valor da Receita | 0.1176 | 0.8350 | 0.4061 | 0.1176 | 0.8350 | 0.4061 |
| | R ² = 0.32 | | | R ² = 0.32 | | |

| Eficiência Total | Tipo: VRS | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|---------|
| | Input | | | Output | | |
| | Coeficiente | t | P(> t) | Coeficiente | t | P(> t) |
| Intercepto | (1.1230) | (0.7240) | 0.4710 | (2.5950) | (1.6540) | 0.1015 |
| Qde de Contratos | 0.0749 | 0.5380 | 0.5920 | 0.1186 | 0.8720 | 0.3857 |
| Qde de Seguros | 0.3105 | 1.7580 | 0.0820 | 0.3072 | 1.7800 | 0.0784 |
| Valor da Receita | (0.0387) | (0.2410) | 0.8100 | (0.0100) | (0.0640) | 0.9493 |
| | R ² = 0.11 | | | R ² = 0.15 | | |

Códigos de Significância: *** de 0 a 0.001 . de 0,05 a 0.1
 ** de 0,001 a 0,01 “vazio” de 0,1 a 1
 * de 0,001 a 0,01

4.4 MALMQUIST

O índice de Malmquist mede a variação de eficiência entre dois períodos analisados. Foi utilizado o Pacote FEAR desenvolvido por Wilson (2008) através do *software* R para o cálculo do índice⁶ entre os anos de 2010 e 2011.

Tabela 17 - Índice de Malmquist – Orientação ao Input

| Filial | Índice de Malmquist | Eficiência Técnica (1) x (2) | Eficiência Pura (1) | Eficiência de Escala (2) | Mudança na Tecnologia | Tecnologia Pura (3) | Eficiência de Escala (4) | Filial | Índice de Malmquist | Eficiência Técnica (1) x (2) | Eficiência Pura (1) | Eficiência de Escala (2) | Mudança na Tecnologia | Tecnologia Pura (3) | Eficiência de Escala (4) |
|--------|---------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|--------|---------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|
| F1 | 0.75 | 0.72 | 0.74 | 0.98 | 1.04 | 0.87 | 1.20 | F50 | 1.14 | 1.05 | 1.16 | 0.90 | 1.08 | 0.96 | 1.13 |
| F2 | 1.23 | 1.04 | 1.00 | 1.04 | 1.18 | 1.11 | 1.06 | F51 | 1.01 | 0.92 | 0.96 | 0.96 | 1.09 | 1.06 | 1.02 |
| F3 | 0.76 | 0.69 | 0.77 | 0.89 | 1.11 | ND | ND | F52 | 1.09 | 0.97 | 0.99 | 0.98 | 1.13 | 1.12 | 1.00 |
| F4 | 0.91 | 0.79 | 0.91 | 0.87 | 1.15 | 0.97 | 1.18 | F53 | 1.05 | 0.96 | 1.09 | 0.88 | 1.09 | 0.90 | 1.21 |
| F5 | 0.63 | 0.64 | 0.63 | 1.02 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | F54 | 1.03 | 0.94 | 1.05 | 0.89 | 1.10 | 1.04 | 1.06 |
| F6 | 1.42 | 1.24 | 1.43 | 0.86 | 1.15 | 1.06 | 1.08 | F55 | 0.99 | 0.86 | 0.90 | 0.96 | 1.15 | 1.12 | 1.03 |
| F7 | 0.81 | 0.66 | 0.76 | 0.88 | 1.22 | 1.08 | 1.13 | F56 | 1.34 | 1.15 | 1.56 | 0.74 | 1.16 | 0.99 | 1.17 |
| F8 | 1.34 | 1.18 | 1.17 | 1.01 | 1.13 | 1.12 | 1.01 | F57 | 1.13 | 1.00 | 1.18 | 0.85 | 1.13 | 1.00 | 1.13 |
| F9 | 1.10 | 0.91 | 0.98 | 0.92 | 1.21 | 1.16 | 1.04 | F58 | 1.13 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.14 | ND | ND |
| F10 | 1.05 | 0.93 | 1.01 | 0.92 | 1.13 | 0.94 | 1.20 | F59 | 0.93 | 0.81 | 0.90 | 0.90 | 1.15 | 1.05 | 1.09 |
| F11 | 1.11 | 0.95 | 0.97 | 0.98 | 1.18 | 1.17 | 1.01 | F60 | 0.87 | 0.76 | 0.79 | 0.97 | 1.14 | 1.09 | 1.04 |
| F12 | 0.81 | 0.67 | 0.67 | 1.00 | 1.21 | 1.13 | 1.07 | F61 | 1.11 | 0.97 | 1.02 | 0.95 | 1.15 | 1.09 | 1.06 |
| F13 | 0.98 | 0.83 | 0.90 | 0.92 | 1.18 | 1.00 | 1.18 | F62 | 0.94 | 0.94 | 1.00 | 0.94 | 1.00 | 0.98 | 1.02 |
| F14 | 1.19 | 1.16 | 1.00 | 1.16 | 1.03 | ND | ND | F63 | 0.95 | 0.92 | 0.79 | 1.16 | 1.03 | 1.17 | 0.88 |
| F15 | 1.07 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.05 | 1.05 | 1.00 | F64 | 1.03 | 0.97 | 0.97 | 0.99 | 1.07 | 1.08 | 0.99 |
| F16 | 1.03 | 0.93 | 0.90 | 1.03 | 1.11 | 0.93 | 1.20 | F65 | 0.87 | 0.78 | 0.81 | 0.96 | 1.11 | 1.09 | 1.02 |
| F17 | 1.41 | 1.26 | 1.24 | 1.02 | 1.12 | 1.18 | 0.95 | F66 | 1.33 | 1.34 | 1.18 | 1.13 | 0.99 | 1.05 | 0.95 |
| F18 | 1.19 | 0.99 | 1.01 | 0.98 | 1.20 | 1.15 | 1.04 | F67 | 1.07 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 1.07 | 1.12 | 0.96 |
| F19 | 0.76 | 0.72 | 0.81 | 0.89 | 1.06 | 1.11 | 0.96 | F68 | 1.16 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.15 | 1.20 | 0.96 |
| F20 | 1.15 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.15 | 1.11 | 1.03 | F69 | 1.08 | 0.91 | 0.91 | 1.01 | 1.19 | 1.22 | 0.97 |
| F21 | 1.20 | 1.05 | 1.06 | 0.99 | 1.15 | 1.13 | 1.01 | F70 | 1.05 | 0.95 | 0.95 | 1.01 | 1.10 | 1.17 | 0.93 |
| F22 | 1.01 | 0.86 | 1.00 | 0.86 | 1.17 | 0.91 | 1.29 | F71 | 1.04 | 0.92 | 1.13 | 0.82 | 1.13 | 0.96 | 1.18 |
| F23 | 1.05 | 0.88 | 1.00 | 0.88 | 1.19 | 1.07 | 1.12 | F72 | 1.11 | 0.91 | 0.98 | 0.93 | 1.21 | 1.18 | 1.03 |
| F24 | 1.01 | 0.93 | 0.92 | 1.01 | 1.10 | 1.10 | 1.00 | F73 | 1.21 | 1.04 | 1.01 | 1.04 | 1.16 | 1.23 | 0.94 |
| F25 | 0.92 | 0.80 | 0.95 | 0.84 | 1.15 | 0.96 | 1.20 | F74 | 0.98 | 0.87 | 1.42 | 0.61 | 1.13 | 0.75 | 1.51 |
| F26 | 1.04 | 0.91 | 0.98 | 0.93 | 1.15 | 1.09 | 1.05 | F75 | 1.23 | 1.07 | 1.10 | 0.97 | 1.14 | 1.12 | 1.02 |
| F27 | 1.09 | 0.97 | 1.00 | 0.97 | 1.13 | 1.06 | 1.06 | F76 | 1.13 | 0.97 | 1.00 | 0.98 | 1.16 | 1.15 | 1.01 |
| F28 | 1.02 | 0.86 | 1.11 | 0.77 | 1.19 | ND | ND | F77 | 1.09 | 0.92 | 1.07 | 0.86 | 1.18 | 0.96 | 1.23 |
| F29 | 0.89 | 0.79 | 0.91 | 0.87 | 1.13 | 0.99 | 1.14 | F78 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 0.99 | 1.02 | 0.97 | 1.05 |
| F30 | 0.95 | 0.86 | 0.89 | 0.97 | 1.11 | 0.96 | 1.16 | F79 | 1.06 | 0.95 | 1.00 | 0.95 | 1.12 | 1.03 | 1.09 |
| F31 | 1.32 | 1.17 | 1.45 | 0.81 | 1.13 | 0.84 | 1.34 | F80 | 1.08 | 0.99 | 0.97 | 1.02 | 1.09 | 1.05 | 1.04 |
| F32 | 1.12 | 0.97 | 1.01 | 0.96 | 1.15 | 1.00 | 1.15 | F81 | 0.94 | 0.78 | 0.86 | 0.91 | 1.21 | 1.10 | 1.10 |
| F33 | 0.90 | 0.75 | 0.84 | 0.90 | 1.19 | 0.85 | 1.41 | F82 | 0.88 | 0.78 | 0.80 | 0.97 | 1.14 | 1.07 | 1.06 |
| F34 | 1.37 | 1.22 | 1.23 | 1.00 | 1.12 | 1.07 | 1.04 | F83 | 1.10 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.11 | 1.13 | 0.98 |
| F35 | 1.22 | 1.10 | 1.10 | 1.00 | 1.11 | 1.04 | 1.07 | F84 | 1.18 | 1.03 | 1.04 | 0.99 | 1.14 | 1.12 | 1.02 |
| F36 | 1.06 | 0.94 | 1.00 | 0.94 | 1.13 | 0.91 | 1.24 | F85 | 1.01 | 0.90 | 0.91 | 0.99 | 1.13 | 1.08 | 1.05 |
| F37 | 1.08 | 0.93 | 1.06 | 0.88 | 1.16 | 1.02 | 1.14 | F86 | 0.79 | 0.70 | 0.78 | 0.90 | 1.13 | 0.98 | 1.15 |
| F38 | 1.49 | 1.34 | 1.34 | 0.99 | 1.12 | 1.05 | 1.06 | F87 | 1.11 | 0.97 | 1.08 | 0.90 | 1.14 | 1.04 | 1.10 |
| F39 | 1.08 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.08 | 1.12 | 0.97 | F88 | 1.16 | 1.03 | 1.22 | 0.85 | 1.12 | 0.97 | 1.16 |
| F40 | 1.10 | 0.97 | 1.01 | 0.97 | 1.12 | 1.08 | 1.04 | F89 | 1.21 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 1.19 | 1.21 | 0.98 |
| F41 | 1.13 | 0.94 | 0.95 | 0.99 | 1.20 | 1.20 | 1.00 | F90 | 1.42 | 1.32 | 1.20 | 1.10 | 1.07 | 1.11 | 0.97 |
| F42 | 1.42 | 1.24 | 1.24 | 1.00 | 1.15 | 1.14 | 1.01 | F91 | 1.04 | 0.90 | 1.21 | 0.74 | 1.16 | 0.94 | 1.24 |
| F43 | 1.11 | 0.97 | 1.05 | 0.93 | 1.14 | 1.01 | 1.13 | F92 | 0.95 | 0.82 | 0.81 | 1.02 | 1.16 | 1.17 | 0.99 |
| F44 | 0.91 | 0.77 | 0.82 | 0.94 | 1.17 | 1.07 | 1.09 | F93 | 1.01 | 0.91 | 1.07 | 0.85 | 1.11 | 0.96 | 1.16 |
| F45 | 0.99 | 0.84 | 0.89 | 0.95 | 1.18 | 1.08 | 1.09 | F94 | 1.05 | 0.90 | 0.90 | 1.00 | 1.18 | 1.16 | 1.01 |
| F46 | 0.96 | 0.87 | 0.85 | 1.02 | 1.10 | 1.02 | 1.08 | F95 | 1.07 | 0.96 | 1.05 | 0.91 | 1.12 | 1.03 | 1.09 |
| F47 | 1.14 | 1.12 | 1.12 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | F96 | 0.92 | 0.84 | 1.05 | 0.80 | 1.09 | 0.92 | 1.19 |
| F48 | 0.80 | 0.85 | 0.99 | 0.86 | 0.95 | 0.95 | 0.99 | F97 | 1.07 | 0.95 | 0.98 | 0.96 | 1.13 | 1.10 | 1.03 |
| F49 | 1.18 | 1.06 | 1.10 | 0.97 | 1.11 | 0.99 | 1.13 | F98 | 1.29 | 1.17 | 1.23 | 0.95 | 1.10 | 1.02 | 1.08 |

O índice de Malmquist acima de um indica que houve melhora na eficiência de 2010 a 2011. Índice igual a um indica que a eficiência foi mantida. Para índices menores que um houve queda na eficiência. Pela análise dos índices das 98 filiais, é possível observar que houve aumento de eficiência em 70 filiais. As demais 28 apresentaram queda de eficiência.

O índice de Malmquist pode ser dividido em dois componentes: variação da eficiência técnica e variação da eficiência tecnológica. Pela análise dos resultados individuais desses

⁶ Vide Apêndice E para o *script* do software R utilizado

componentes, cabe concluir que a tecnologia ajudou 94 das 98 filiais analisadas, o que era esperado. O mercado de crédito está em crescimento, fazendo com que as filiais sejam capazes de produzir mais apenas com o aumento do mercado. Além disso, existem fatores como ganhos de mercado e otimização dos recursos, que possibilitam melhorar a eficiência.

A melhora no índice de eficiência de tecnologia significa que a maior parte das filiais melhorou, em razão do deslocamento da fronteira de eficiência. E a eficiência técnica, por outro lado, mostra efetivamente quanto foi a melhora da eficiência da filial, desconsiderando a melhora da tecnologia. Trata-se de uma melhora de eficiência acima do esperado pela melhora da tecnologia.

Na análise dos resultados, foi apurado que apenas 27 filiais apresentaram uma melhora na eficiência técnica. Ou seja, para a maioria das filiais, houve um afastamento da fronteira eficiente. Portanto, as filiais eficientes apresentaram uma evolução de eficiência superior à maioria das filiais.

A eficiência técnica também pode ser dividida em dois componentes: eficiência pura e eficiência de escala. A eficiência de escala é a alteração no retorno à escala de 2010 para 2011, e a eficiência pura é a melhora da eficiência, independentemente do retorno à escala.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As vantagens do método DEA sobre outras metodologias como análises de regressão foram descritas por alguns autores. Por exemplo, Sherman (1983) identificou que a abordagem de análise de regressão para estimar a eficiência de unidades de negócio não era satisfatória para o mundo prático das empresas. Na análise de regressão, uma única otimização é encontrada e adotada para todas as observações (Sherman, 1983). A utilização dessa média mistura as filiais eficientes e ineficientes sem diferenciá-las, buscando sempre o melhor ajustamento para todas as observações. O método DEA utiliza n otimizações para cada observação sendo possível diferenciar as filiais eficientes das ineficientes. Adicionalmente, é capaz de identificar as fontes de ineficiência em termos da utilização excessiva de um recurso em particular ou baixos níveis de determinados *outputs* (THANASSOULIS, 1993).

Uma crítica ao método DEA foi apresentada por Bowlin *et al* (1985). Em seu artigo, foi desenvolvida uma base totalmente fictícia para a análise do método DEA. A vantagem da construção de uma base fictícia é a possibilidade de manipulação das informações para verificar se o modelo é preciso. A partir da definição de índices de produtividade fixos não visíveis para o observador, foi gerada uma base aleatória com variáveis de *inputs* e *outputs* para 15 hospitais hipotéticos. Para algumas observações, os autores pioraram alguns índices de produtividade e recalcularam as variáveis de *inputs* e *outputs* visíveis para o observador. Posteriormente, foi aplicado o método DEA para verificar se a ferramenta estaria apta a separar corretamente as filiais eficientes das ineficientes. Dois hospitais foram classificados erroneamente como eficientes, indicando uma limitação da metodologia. No entanto, conforme os autores, para uma questão gerencial, a habilidade que o método possui de identificar quais montantes estão envolvidos na ineficiência é mais importante do que classificar as unidades de negócio por um indicador de eficiência. Além disso, uma análise mais profunda poderia identificar que as filiais classificadas erroneamente como eficientes não seriam referência para nenhuma outra (o que foge um pouco do conceito de melhores práticas).

Na aplicação da metodologia em 98 filiais de uma sociedade de crédito, foi possível compará-las com o método atualmente utilizado na empresa, baseado em lucratividade. Em resumo, filiais menores são consideradas eficientes nos retornos crescentes à escala, sugerindo um nível mínimo de *inputs* necessários para a obtenção dos *outputs*. No retorno constante à

escala e no retorno crescente à escala, filiais maiores foram classificadas como eficientes, sugerindo um teto de ganho de escala dependendo dos *inputs* utilizados. Foi percebido claramente que o método de lucratividade adotado pela empresa favorece as filiais grandes. As filiais pequenas e médias consideradas eficientes pelo método DEA ficaram em posições medianas na classificação pela a lucratividade.

Ao adotar três tipos diferentes de eficiência (operacional, financeira e total), foi constatado que não há uma forte correlação entre as eficiências operacional e financeira. Ou seja, filiais consideradas eficientes na visão operacional podem não ser consideradas eficientes no conceito financeiro e vice-versa. Isso é relevante para a alta gestão da empresa, pois existem oportunidades para a maioria das filiais melhorarem, individualmente, sua eficiência, tanto operacional quanto financeira.

Nas análises de regressão, identificou-se que a escolha do retorno à escala (constante ou variável) é importante para verificar se as variáveis de *inputs* “explicam” a eficiência operacional. No caso de retornos constantes à escala, a eficiência operacional melhora em função do aumento da despesa. Essa contradição ocorre pelo fato de as filiais eficientes possuírem níveis médios de *input*, sugerindo que pode existir uma estrutura ideal para os insumos. No caso de retornos variáveis à escala, a melhora desse indicador depende da diminuição da quantidade de funcionários. No caso de eficiência financeira, foi observado um ponto importante para a alta gestão, em que políticas de corte de despesas pela redução de pessoal podem ser um equívoco por piorarem os índices de eficiência mensurados pelo DEA.

Ao analisar as variáveis de *outputs*, a principal descoberta realizada é na relevância da venda de seguros para “explicar” a eficiência tanto financeira quanto total. Provavelmente, como a atividade principal de cada filial está na venda de contratos de empréstimos, e considerando as proporções do tamanho de cada filial, não há muita diferenciação na relação de contratos de empréstimos com os recursos utilizados. Nesse sentido, o que passaria a diferenciar a eficiência das filiais seria a venda de seguros.

Ao analisar a variação de eficiência entre 2010 e 2011 pelo índice de Malmquist, foi identificado que, apesar da melhora na eficiência para a maioria das filiais, houve um aumento na distância entre as filiais classificadas como eficientes das filiais ineficientes. Esse ponto é um alerta para a alta gestão, pois ações deveriam ser tomadas em busca de maior homogeneização nas eficiências das filiais e não o seu distanciamento.

Algumas limitações do estudo foram:

- Apesar de o método DEA atribuir pesos ótimos para determinar a eficiência de cada filial, o peso zero para cada variável não é descartado. Ou seja, basta a filial focar em apenas um *input* e um *output* para ser considerada eficiente. Uma atribuição forçada de pesos mínimos poderia ser mais interessante para identificar as filiais eficientes;
- O foco deste estudo foi a análise da filial com o foco na administração do gerente. Para a análise de eficiência da filial, independentemente do gestor, seriam necessárias variáveis adicionais fundamentais, como as perdas de crédito e o valor da carteira;
- Infelizmente, por questões de confidencialidade, não foi possível demonstrar o que deveria ser feito nas variáveis de *inputs* e *outputs* das filiais ineficientes, para que elas passassem a ser consideradas eficientes. Porém, o pacote “Benchmarking” do software R permite essa identificação.

Dentre as sugestões para estudos futuros, podem ser citados:

- Nas análises de regressão, poderiam ser utilizados outros modelos de regressão, como o Cobb-Douglas e translog, principalmente para os retornos variáveis à escala, para um melhor ajustamento da curva;
- Estudos que avaliem a produtividade de uma pessoa pelo método DEA poderiam ser uma inovação. Centrais de atendimento poderiam servir de amostra da aplicação, em que poderia ser verificada a eficiência de cada atendente. Cada funcionário seria tratado como uma unidade produtora com recursos utilizados e resultados obtidos.
- Verificar se a aplicação do método DEA como componente de políticas de remuneração variável melhoraria os índices de eficiência;
- Novos métodos poderiam ser desenvolvidos para determinar quais seriam as variáveis mais relevantes para serem consideradas no modelo DEA. Atualmente, a escolha fica a critério do pesquisador/avaliador.

No ambiente acadêmico e no meio empresarial, os métodos de análise de desempenho estão em constante evolução. Por enquanto, nos dias de hoje, o método DEA continua sendo referência para análises de eficiência em unidades de negócios que operam de forma homogênea.

REFERÊNCIAS

- ANTHANASSOPOULOS, A. D. Nonparametric Frontier Models for Assessing the Market and Cost Efficiency of Large-Scale Bank Branch Networks. **Journal of Money, Credit and Banking**, Ohio State University Press, v. 30, n° 2 pp. 172-192. 1998.
- ANSOF, H. I. **Corporate Strategy: An Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion**. New York: McGraw-Hill. 1965.
- BACEN. Banco Central do Brasil, Portaria do Ministério da Fazenda 309, 30 de novembro de 1959.
- BAMBER, L. S. e CHRISTIANSEN, T. E. **Do we really “know” what we think we know? A case study of seminal research and its subsequent over-generalization**. *Accounting Organization and Society*, 25 (2), 103-30. 2000.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; Cooper, W. W. **Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis**, *Management Science*, 30. 1984.
- BANKER, R. D. **Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation**. *Management Science*, 39: 1265-1273. 1993.
- BARNARD, C. **The Functions of the Executive**. New York: John Wiley & Sons. 1938.
- BARNEY, J. B. **Gaining and Sustaining Competitive Advantage**. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, 2ª ed. 2002.
- BACEN. Definição de sociedades de rédito, financiamento e investimento. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pre/composicao/scfi.asp>> Acesso em 10 dez. 2011.
- BACEN. Quantidade de sociedades de crédito existentes no Brasil. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/fis/tarifas/htms/bancossegmento07.asp?idpai=>. Acesso em 10 dez. 2011.
- BOGETOFT, P. e OTTO, J. **Benchmarking with DEA and SFA**. R package. Versão 0.20. 2011.
- BOUSSOFIANE, A., DYSON, R. G. e THANASSOULIS, E. Applied Data Envelopment Analysis. **European Journal of Operational Research**, 52: 1-15, 1991.
- BOWLIN, W.F., CHARNES, A., COOPER, W.W., SHERMAN, H.D. **Data Envelopment Analysis and Regression Approaches to Efficiency Estimation and Evaluation**. *Annals of Operations Research* 2. pp. 113-138, 1985.
- CAMANHO, A. S. e DYSON, R. G. Efficiency, Size, Benchmarks and Targets for Bank Branches: Na Application of Data Envelopment Analysis. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 50, n° 9, pp. 903-915, 1999.
- CARTON, R. B. e HOFER, C. H., **Measuring Organizational Performance. Metrics for Entrepreneurship and Strategic Management Research**. Edward Elgar. EUA. 2006.

- CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L. R., e DIEWERT, W.E. **The economic theory of index numbers and measurement of input, output, and productivity**. *Econometrica*, 50 (6): 1393-1414, 1982.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units, **European Journal of Operational Research**, 2, 1978.
- CHEN, T. A Comparison of Chance-Constrained DEA and Stochastic Frontier Analysis: Bank Efficiency in Taiwan. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 53, n° 5. pp. 492-500, 2002.
- CINCA, C. S. e MOLINERO, C. M. Selecting DEA Specifications and Ranking Units Via PCA. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 55, n° 5, pp. 521-528, 2004.
- COELLI, T. J., PRASADA RAO, D. S., O'DONNELL, C. J., BATTESE, G. E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 2ª ed. Springer, 2005.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software**, 2ª ed. New York: Springer, 2007.
- DAS, A., RAY, S., NAG, A. **Labor-Use Efficiency in Indian Banking: A Branch Level Analysis**. Department of Economics Working Paper Series. University of Connecticut, 2005.
- DEBREU, G. **The Coefficient of Resource Utilization**. *Econometrica*, pp. 273-292, 1951.
- DEVILLE, A., FERRIER, G. D. e LELEU, H. **Performance measures for hierarchical organizations: Frontier Analysis as a decision support tool**. Lille Economic & Management, 2009.
- DRUCKER, P. **The Practice of Management**. New York: Harper & Row, 1954
- DYSON, R. G., THANASSOULIS, E. e BOUSSOFIANE, A. **Data envelopment analysis**. *Operational Research Tutorial Papers*, pp. 13-28, 1990.
- EKEN, M. H. e KALE, S. Measuring bank branch performance using Data Envelopment Analysis (DEA): The case of Turkish bank branches. **African Journal of Business Management**. v. 5 (3), pp. 889-901, 2001.
- FÄRE, R., GROSSKOPF, S., e Norris, M., e ZHANG, Z. **Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries**. *American Economic Review*, 84 (1): 66-83, 1994.
- FÄRE, R., GROSSKOPF, S., e WEBER, W. L. **Measuring School district performance**. *Public Finance Quarterly*, 17 (4): 409:429. 1989
- FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency, **Journal of Royal Statistical Society**, 120(A), 1957.
- FREEMAN, R. E. **Strategic Management: A Stakeholder Approach**. Boston, MA: Pitman, 1984.

- FUKUYAMA, H. e WEBER, W. L. Evaluating Public School District Performance via DEA Gain Functions. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 53, n° 9, pp. 992-1003, 2002.
- GREASLEY, A. Using DEA and Simulation in Guiding Operating Units to Improved Performance. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 56, n° 6, pp. 727-731, 2005.
- KAPLAN, R. **Yesterday's accounting undermines production**. Harvard Business Review, July/August, 95-101. 1984.
- KOOPMANS, T. C. **Activity Analysis of production and Allocation**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1951.
- KORDROSTAMI, S., AMIRTEIMOORI, A., DANESHMAND, P. An Improvement to The Relative Efficiency with Price Uncertainty: An Application to The Bank Branches. **Journal of Applied Mathematics**, Islamic Azad University of Lahijan. v. 3, n° 10, 2006.
- LEV, B. On the usefulness of earnings and earnings research: lessons and directions from two decades of empirical research. **Journal of Accounting Research**, 27 (Supplement), 153-201, 1989.
- LIN, J., HU, J. e SUNG, K. The effect of Electronic Banking on the Cost Efficiency of Commercial Banks: An Empirical Study. **International Journal of Management**, v. 22, n° 4, 2005.
- LIU, Z., LIN, F., FANG, L. A study of applying DEA to measure performance on bank implementing financial electronic data interchange. **International Journal of Electronic Business Management**, v. 7, n° 4, pp: 268-277, 2009.
- MALMQUIST, S. **Index numbers and indifference surfaces**. Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa, v. 4: 209-242, [S.I.], 1953.
- MEIMAND, M., CAVANA, R. Y., LAKING, R. Using DEA and Survival Analysis for Measuring Performance of Branches in New Zealand's Accident Compensation Corporation. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 53, n° 3, Part Special Issue: Performance Management, pp. 303-313, 2002.
- MURPHY, G. B., TRAILER, J. W., HILL, R.C., **Measuring performance in entrepreneurship research: a review of empirical literature**. Paper apresentado na Eight Annual United States Association for Small Business and Entrepreneurship National Conference, Baltimore, Maryland, out. de1993.
- NAVANBAKHS, M., JAHANSHALOO, G. R., LOTFI, F. H., e TAEB, Z. **Revenue Malmquist Productivity Index and Application in Bank Branch**. International Mathematical Forum, 1, n° 25, pp. 1233-1247, 2006.
- O'HANLON, J. The relationship in time between annual accounting returns and annual stock market returns in the UK. **Journal of Business Finance and Accounting**, 18 (3), pp. 305-14, 1991.

- ORAL, M., e YOLALAN, R. An empirical study on measuring operating efficiency and profitability of bank branches, **European Journal of Operational Research**, 46, pp. 282-294, 1990.
- PARKAN, C., **Measuring the Efficiency of Service Operations: An Application to Bank Branches**, Engineering Costs and Production Economics, 12: 237-242, 1987.
- PETERAF, M. A. The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view. **Strategic Management Journal**, 14, pp. 179-88. 1993.
- PORTELA, M. e THANASSOULIS, E. Comparative Efficiency Analysis of Portuguese Bank. **European Journal of Operational Research**, v. 177 (2006), pp. 1275-1288, 2005.
- PORTER, M. E. **Competitive Advantage**. New York: Free Press, 1985.
- PINHEIRO, A. C., **Technological Progress and Diffusion: Decomposing Total Factor Productivity Growth in Brazilian Manufacturing**. Texto para Discussão, nº 256, IPEA, 40 p. 1992.
- RAMANATHAN, R. **An Introduction to Data Envelopment Analysis**, New Delhi, ed. Sage Publications, 2003.
- RAMANATHAN, R. Estimating Energy Consumption of Transport Modes in India Using DEA and Application to Energy and Environmental Policy. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 56, nº 6, pp. 732-737, 2005.
- REBELO, J. e MENDES, V. **Malmquist Indices of Productivity Change in Portuguese Banking: The Deregulation Period**. Int'l Advances in Econ, Res., 6(3): pp. 531-543, 2000.
- ROETHLISBERGER, F. T. e DICKSON, W. J. **Management and the worker: an account of a research program conducted by the Western electric company, Hawthorne works, Chicago**. Cambridge, MA. Ed. Harvard University Press, 1939.
- SEALEY, C. W. e LINDLEY, J.T. Inputs, Outputs, and a Theory of Production and Cost at Depository Financial Institutions. **The Journal of Finance**, v. 32, nº 4, pp. 1251-1266, 1977.
- SHERMAN, H. D. **A New Approach to evaluate and Measure Hospital Efficiency**. Working Paper, Sloan School of Management, M.I.T., 1983.
- SHERMAN, H. D.; GOLD, F. Bank Branch Operating Efficiency: Evaluation with Data Envelopment Analysis. **Journal of Banking and Finance**, p. 297-315. 1985.
- SHERMAN, H. D.; e LADINO, G. **Managing Bank Productivity Using Data Envelopment Analysis**. Interfaces 25, pp: 60-73, 1995.
- SOTERIOU, A., ZENIOS, S. **Efficiency, Profitability and Quality of Banking Services**. Working Paper Series, The Wharton Financial Institutions Center, 1997.
- THANASSOULIS, E. A. Comparison of Regression Analysis and Data Envelopment Analysis as Alternative Methods for Performance Assessments. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 44, nº 11, pp.1129-1144, 1993.

THRALL, R. M., Measures in DEA with an Application to the Malmquist Index. **Journal of Productivity Analysis**, 13, pp: 125-137, 2000.

TONE, K. **Malmquist Productivity Index: Efficiency Change over Time**. Handbook on Data Envelopment Analysis. International Series in Operations Research & Management Science, v. 71, pp. 203-227, 2004.

TULKENS, H. On FDH Efficiency Analysis: Some Methodological Issues and Applications to Retail Banking, Courts, and Urban Transit. **Journal of Productivity Analysis**, v. 4, pp 183-210, 1993.

VASSILOGLOU, M. e GIOKAS, D. A Study of the Relative Efficiency of Bank Branches: An Application of Data Envelopment Analysis. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 41, n° 7, pp. 591-597, 1990.

WATSON, D. S., HOLMAN, M. A. **Microeconomia**, São Paulo: Saraiva, 1985.

WILSON, P. W. **FEAR 1.15: A Software Package for Frontier Efficiency Analysis with R**. Socio-Economic Planning Sciences, 42, pp. 247-254, 2008.

YANG, Z. **Bank Branch Operating Efficiency: A DEA Approach**. IMECS, v. II, 2009.

APÊNDICE A - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DEA

Para ilustrar como o DEA é aplicado, segue o exemplo simples que considera apenas um *input* e um *output*.

Suponha uma empresa de vendas com oito filiais de denominações de *A* a *H* com a seguinte distribuição de vendas e empregados:

| Loja | A | B | C | D | E | F | G | H |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Empregados | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 8 |
| Vendas | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 5 |
| Vendas/Empregado | 0.5 | 1 | 0.667 | 0.75 | 0.8 | 0.4 | 0.5 | 0.625 |

Cooper et al. (2007)

Onde:

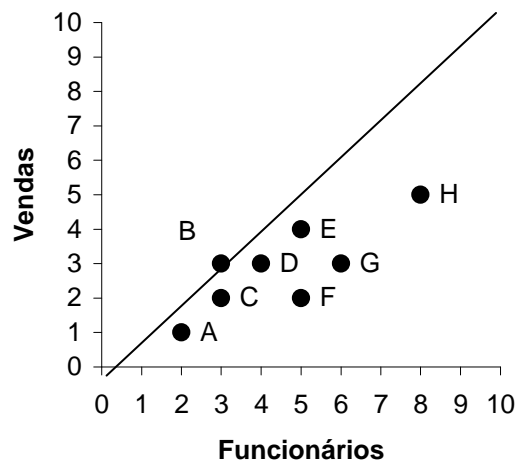
Funcionários é a quantidade de funcionários de cada filial

Vendas é a quantidade vendida em 100.000 dólares da filial

Vendas/Funcionário é a medida de produtividade frequentemente utilizada.

Nessa tabela, nós podemos identificar que a Filial *B* é a mais eficiente e que a Filial *F* é a menos eficiente.

A figura seguinte representa graficamente os valores da tabela acima. A linha que passa pela origem e pelo ponto *B* é definida como a fronteira de eficiência. Podemos identificar que todos os pontos que estão abaixo desta linha estão envolvidos pela fronteira. Cooper *et al.* (2007) realizaram uma comparação da fronteira de eficiência com uma regressão estatística. Se tivéssemos feito uma regressão pelo método dos mínimos quadrados chegaríamos a uma função $y=0,622x$ em que os pontos que estivessem acima desta linha seriam tratados como eficientes, e os pontos que estivessem abaixo da linha seriam tratados como ineficientes. Por outro lado, a fronteira de eficiência definida pelo método DEA estabelece quem possui os melhores desempenhos, e as medidas de eficiência das demais filiais são definidas a partir dos desvios dos melhores desempenhos. Essa é uma das principais diferenças entre a abordagem estatística de análise de regressão linear e o método DEA.



Cooper et al. (2007)

No exemplo acima, como a filial de melhor desempenho é a filial *B*, podemos calcular o desempenho das demais em função de *B*. Portanto temos:

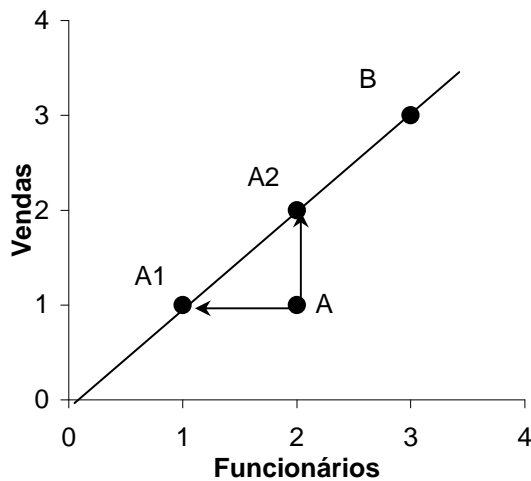
$$0 \leq \frac{\text{Vendas por funcionário das demais filiais}}{\text{Vendas por funcionário de } B} \leq 1$$

Assim, as medidas de eficiência de cada filial ficam definidas da seguinte forma:

| Loja | A | B | C | D | E | F | G | H |
|------------|-----|---|-------|------|-----|-----|-----|-------|
| Eficiência | 0.5 | 1 | 0.667 | 0.75 | 0.8 | 0.4 | 0.5 | 0.625 |

Cooper et al. (2007)

Agora o problema está em como fazer para as filiais ineficientes se tornarem eficientes, ou seja, como fazê-las se moverem para a fronteira eficiente. Por exemplo, a filial *A* na figura abaixo, pode melhorar o seu desempenho reduzindo o número de funcionários até o ponto A_1 , ou aumentando as vendas até o ponto A_2 .



Cooper et al. (2007)

Ramanathan (2003) propõem o seguinte caso para exemplificar dois *inputs* e um único *output*.

| Empresa | Input Capital | Input Mão-de-obra | Output Valor Adicionado |
|---------|---------------|-------------------|-------------------------|
| A | 8,6 | 1,8 | 1,8 |
| B | 2,2 | 1,7 | 0,2 |
| C | 15,6 | 2,6 | 2,8 |
| D | 31,6 | 12,3 | 4,1 |

Ramanathan. (2003)

Com as informações acima, podemos construir dois indicadores conforme abaixo:

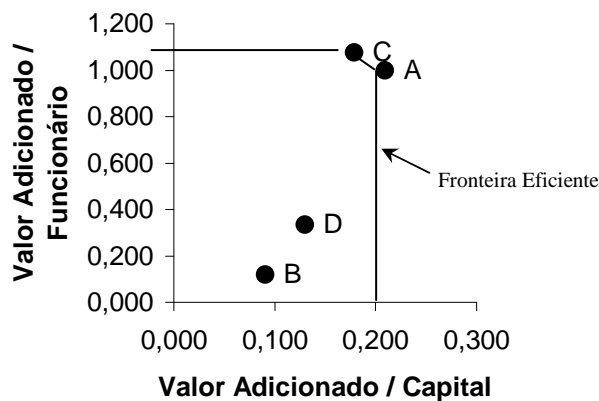
| Empresa | Valor Adicionado por Capital | Valor Adicionado por funcionário |
|---------|------------------------------|----------------------------------|
| A | 0,209 | 1,000 |
| B | 0,091 | 0,118 |
| C | 0,179 | 1,077 |
| D | 0,130 | 0,333 |

Ramanathan. (2003)

Podemos notar que a firma A é a que a mais produziu o valor adicionado por capital, enquanto que a Empresa C produziu o maior valor por funcionário. Porém não sabemos qual indicador é o mais importante e por causa disto não podemos dizer se a Empresa A é mais

eficiente que a Empresa C. Mas podemos concluir que as empresas B e D não são tão eficientes quanto as Empresas A e C, pois seus indicadores são menores.

Também podemos colocar os valores anteriores em um gráfico e também podemos obter uma fronteira de eficiência:



Ramanathan (2003)

Aqui também as Empresas ineficientes (B e D) devem procurar atingir o desempenho das empresas localizadas na fronteira eficiente (A e C). A medida de eficiência de cada empresa é determinada pela distância que a empresa estudada está da fronteira de eficiência, ou seja, é uma medida radial que pode ser interpretada como a proporção de duas distâncias.

Porém o exemplo acima é muito limitado nos *inputs* e *outputs* utilizados. Porém, através desses exemplos foi possível utilizar gráficos para demonstrar como o método DEA trabalha. Na realidade, as organizações terão que lidar com vários *inputs* e *outputs* o que torna a representação gráfica praticamente impossível.

Outro problema encontrado é a definição dos pesos para cada variável de *input* e *output*. A definição dos pesos poderia ser *ad hoc.*, porém a justificativa para a utilização dos mesmos pode levantar várias questões. O método DEA lida com esse último problema adotando pesos variáveis para cada unidade de negócio avaliada. Como é um método não paramétrico, ele não

necessita de uma definição da relação entre os *inputs* e *outputs*. Os pesos são definidos diretamente pelos dados disponíveis da amostra. Além disso, os pesos são escolhidos de forma que a unidade de negócio avaliada produza o melhor desempenho quando comparada às outras.

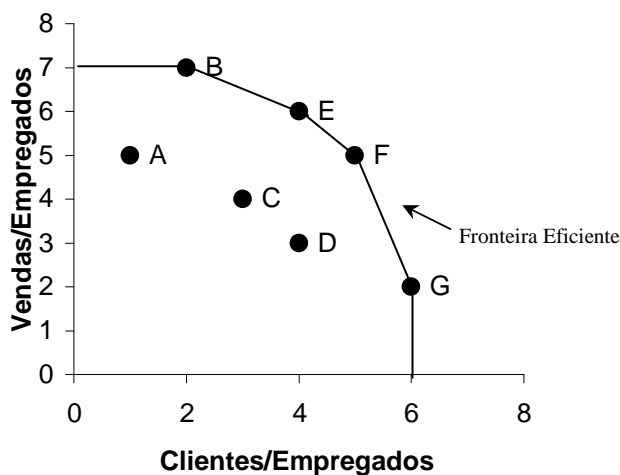
APÊNDICE B - EXEMPLOS DE INEFICIÊNCIA DE COMBINAÇÃO

Para ilustrar como funciona cada uma destas ineficiências, Cooper *et al* (2007) exemplificam da seguinte forma:

Considere a fronteira eficiente dada pelas lojas abaixo com dois *outputs* (clientes e vendas) e apenas um *input* (empregados):

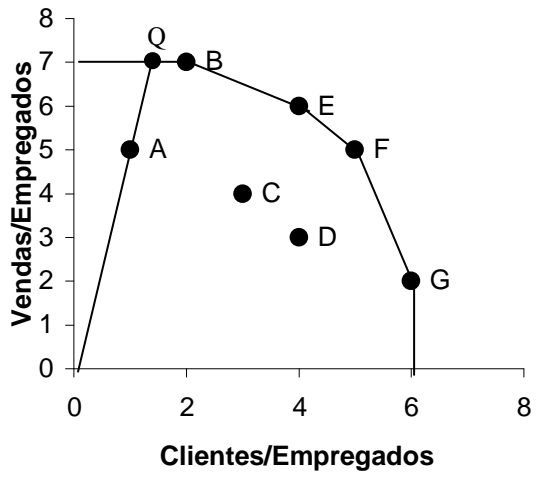
| Loja | A | B | C | D | E | F | G |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Empregados | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Clientes | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| Vendas | 5 | 7 | 4 | 3 | 6 | 5 | 2 |

Cooper et al. (2007)



Cooper (2007)

Realizando uma análise sobre a empresa A, ela está “envolvida” pela fronteira eficiente, portanto, ela é considerada ineficiente. A empresa A deve melhorar a sua produtividade para alcançar a fronteira eficiente. Para isso, primeiramente, ela deve eliminar a sua ineficiência técnica, mantendo as suas proporções de *outputs*. O quadro abaixo ilustra esse movimento do ponto A até o ponto Q. Podemos perceber que o ponto Q, apesar de estar na fronteira eficiente, pode ainda melhorar a produtividade de “clientes/empregados” e seguir para o ponto B. A este movimento do ponto Q para o ponto B, o autor chama de eliminação da ineficiência de combinação.



Cooper (2007)

APÊNDICE C - SCRIPT DO SOFTWARE R PARA ANÁLISE DO DEA

```

#Instalação dos Pacotes necessários
install.packages("Benchmarking")
install.packages("xlsx")
install.packages("corrgram")
install.packages("Hmisc")
install.packages("stats")

# Carga daas Bibliotecas
library(Benchmarking) # biblioteca de DEA
library(xlsx) # biblioteca de leitura/escrita de arquivos
Excel xlsx
library(corrgram) # biblioteca de correlação
library(Hmisc) # biblioteca para manipular labels (nao
estamos usando isso)
library(stats) # biblioteca para análise de regressão

# Carga da base de dados deve estar no formato xlsx
alldata <-
read.xlsx("C:/user/Mestrado/Dissertação/DataDEACompleta.xlsx",
sheetName="Sheet2")

# Monta dataframe da base de dados
attach(alldata)

# Análise de DEA

# Seleciona apenas dados de 2011 (para 2010 basta trocar o
ano)
auxData <- alldata[alldata$Ano == 2011,]

# Estrutura de dados
# Isola variaveis de input
auxInputOper <- cbind(auxData$Num_Func)
auxInputMonetaria <- cbind(auxData$Desp_Total)
auxInputAll <- cbind(auxData$Num_Func, auxData$Desp_Total)

# Isola variaveis de output
auxOutputOper <- cbind(auxData$Q_Contratos_Novos,
auxData$Q_Seg)
auxOutputMonetaria <- cbind(auxData$Rec_Total)
auxOutputAll <- cbind(auxData$Rec_Total,
auxData$Q_Contratos_Novos, auxData$Q_Seg)

# Análise de cada tipo de eficiência
EffOper <- eff(Benchmarking::dea(auxInputOper, auxOutputOper,
RTS="vrs", ORIENTATION="in"))
EffMonetaria <- eff(Benchmarking::dea(auxInputMonetaria,
auxOutputMonetaria, RTS="vrs", ORIENTATION="in"))

```

```

EffAll <- eff(Benchmarking::dea(auxInputAll, auxOutputAll,
RTS="vrs", ORIENTATION="in"))

#Identifica as correlações
BaseCorrel <- data.frame(EffOper, EffMonetaria)
cor_pearson <- cor(EffOper, EffMonetaria, method="pearson")
cor_pearson

# Identifica as regressões
RegrAll <- lm(log(EffAll/(1-EffAll+0.000001)) ~
auxData$Num_Func+auxData$Desp_Total)
RegrOper <- lm(log(EffOper/(1-EffOper+0.000001)) ~
auxData$Num_Func+auxData$Desp_Total)
RegrMonetaria <- lm(log(EffMonetaria/(1-
EffMonetaria+0.000001)) ~ auxData$Num_Func+auxData$Desp_Total)

summary(RegrAll)
summary(RegrOper)
summary(RegrMonetaria)

# Gera gráficos de eficiência, segundo diferentes modelos de
escala
win.graph(width=8.0, height=4.0, pointsize=10)
par("mfcol"=c(2,1))
dea.plot.frontier(auxInputAll, auxOutputAll, RTS="fdh")
dea.plot.frontier(auxInputAll, auxOutputAll, RTS="vrs")
dea.plot.frontier(auxInputAll, auxOutputAll, RTS="drs")
dea.plot.frontier(auxInputAll, auxOutputAll, RTS="irs")
dea.plot.frontier(auxInputAll, auxOutputAll, RTS="crs")
dea.plot.frontier(auxInputAll, auxOutputAll, RTS="add")
dea.plot.frontier(auxInputAll, auxOutputAll, RTS="fdh+")

## Define orientacao Input
fdh_in <- Benchmarking::dea(auxInputAll, auxOutputAll,
RTS="fdh", ORIENTATION="in")
vrs_in <- Benchmarking::dea(auxInputAll, auxOutputAll,
RTS="vrs", ORIENTATION="in")
drs_in <- Benchmarking::dea(auxInputAll, auxOutputAll,
RTS="drs", ORIENTATION="in")
irs_in <- Benchmarking::dea(auxInputAll, auxOutputAll,
RTS="irs", ORIENTATION="in",)
crs_in <- Benchmarking::dea(auxInputAll, auxOutputAll,
RTS="crs", ORIENTATION="in")
#add_in <- Benchmarking::dea(auxInputAll, auxOutputAll,
RTS="add", ORIENTATION="in")
fdh1_in <- Benchmarking::dea(auxInputAll, auxOutputAll,
RTS="fdh+", ORIENTATION="in")

# Resultados de eficiencia

```

```
res_eff_in <- data.frame(eff(fdh_in), eff(vrs_in), eff(drs_in),
                        eff(irs_in), eff(crs_in), eff(fdh1_in))

# Transferência de resultados para o excel
wbook <- createWorkbook()
wsheet1 <- createSheet(wbook, sheetName="Eficiencia")

# Imprime resultados de eficiencia
addDataFrame(res_eff_in,          wsheet1,          col.names=TRUE,
            row.names=TRUE,
            startRow=1, startColumn=1, colStyle=NULL, colnamesStyle=NULL,
            rownamesStyle=NULL, showNA=FALSE, characterNA="")

# Grava no arquivo no caminho especificado
saveWorkbook(wbook,
            file="C:/user/Mestrado/Dissertação/ResultDEARafael2011.xlsx")
```

APÊNDICE D - COMPARATIVO DOS ÍNDICES DE EFIC. OPER. E FINANC.

| Filial | CRS - Orientação ao Input | | VRS - Orientação ao Input | | Filial | CRS - Orientação ao Input | | VRS - Orientação ao Input | |
|--------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|--------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|
| | Eficiência | | Eficiência | | | Eficiência | | Eficiência | |
| | Operacional | Financeira | Operacional | Financeira | | Operacional | Financeira | Operacional | Financeira |
| F1 | 1.00 | 0.63 | 1.00 | 0.64 | F50 | 0.65 | 0.49 | 0.79 | 0.58 |
| F2 | 0.78 | 0.70 | 0.81 | 0.85 | F51 | 0.82 | 0.65 | 0.83 | 0.76 |
| F3 | 0.56 | 0.68 | 1.00 | 1.00 | F52 | 0.77 | 0.65 | 0.80 | 0.69 |
| F4 | 0.47 | 0.64 | 0.77 | 0.78 | F53 | 0.60 | 0.76 | 0.81 | 0.93 |
| F5 | 0.63 | 0.33 | 0.76 | 0.34 | F54 | 0.53 | 0.77 | 0.64 | 0.84 |
| F6 | 0.63 | 0.47 | 0.80 | 0.66 | F55 | 0.47 | 0.27 | 0.69 | 0.40 |
| F7 | 0.91 | 0.44 | 0.94 | 0.63 | F56 | 0.52 | 0.52 | 0.66 | 0.59 |
| F8 | 0.48 | 0.33 | 0.55 | 0.47 | F57 | 0.66 | 0.54 | 0.71 | 0.60 |
| F9 | 0.59 | 0.38 | 0.72 | 0.56 | F58 | 0.54 | 0.33 | 0.95 | 0.81 |
| F10 | 0.51 | 0.51 | 0.86 | 0.57 | F59 | 0.73 | 0.51 | 0.76 | 0.65 |
| F11 | 0.58 | 0.38 | 0.70 | 0.64 | F60 | 0.89 | 0.62 | 0.92 | 0.62 |
| F12 | 0.82 | 0.33 | 0.88 | 0.44 | F61 | 0.60 | 0.66 | 0.64 | 0.70 |
| F13 | 0.83 | 0.54 | 0.91 | 0.70 | F62 | 0.77 | 1.00 | 0.77 | 1.00 |
| F14 | 0.67 | 0.62 | 0.71 | 0.91 | F63 | 0.64 | 0.39 | 0.65 | 0.41 |
| F15 | 0.72 | 0.69 | 0.73 | 0.81 | F64 | 0.70 | 0.97 | 0.70 | 0.97 |
| F16 | 0.70 | 0.76 | 0.88 | 0.94 | F65 | 0.59 | 0.85 | 0.60 | 0.85 |
| F17 | 0.49 | 0.58 | 0.57 | 0.66 | F66 | 0.73 | 0.45 | 0.76 | 0.45 |
| F18 | 0.92 | 0.41 | 0.92 | 0.64 | F67 | 0.59 | 1.00 | 0.60 | 1.00 |
| F19 | 0.74 | 0.53 | 0.76 | 0.56 | F68 | 0.76 | 0.52 | 0.78 | 0.60 |
| F20 | 0.60 | 0.86 | 0.68 | 0.90 | F69 | 0.67 | 0.42 | 0.70 | 0.54 |
| F21 | 0.62 | 0.49 | 0.63 | 0.53 | F70 | 0.72 | 0.49 | 0.73 | 0.54 |
| F22 | 0.87 | 0.62 | 0.97 | 0.81 | F71 | 0.71 | 0.63 | 0.77 | 0.70 |
| F23 | 0.46 | 0.60 | 0.64 | 0.64 | F72 | 0.92 | 0.56 | 0.95 | 0.66 |
| F24 | 0.48 | 0.23 | 0.59 | 0.32 | F73 | 0.78 | 0.82 | 0.82 | 0.88 |
| F25 | 0.48 | 0.46 | 0.81 | 0.58 | F74 | 0.57 | 0.44 | 0.91 | 0.76 |
| F26 | 0.37 | 0.78 | 0.61 | 0.82 | F75 | 0.74 | 0.75 | 0.76 | 0.76 |
| F27 | 0.73 | 0.55 | 0.73 | 0.60 | F76 | 0.60 | 0.44 | 0.62 | 0.57 |
| F28 | 0.65 | 0.51 | 0.95 | 0.83 | F77 | 0.53 | 0.43 | 0.82 | 0.64 |
| F29 | 0.78 | 0.70 | 0.80 | 0.86 | F78 | 0.63 | 0.35 | 0.73 | 0.38 |
| F30 | 0.48 | 0.50 | 0.74 | 0.72 | F79 | 0.58 | 0.48 | 0.71 | 0.54 |
| F31 | 0.56 | 0.46 | 0.90 | 0.62 | F80 | 0.64 | 0.66 | 0.76 | 0.73 |
| F32 | 0.56 | 0.60 | 0.75 | 0.81 | F81 | 0.74 | 0.37 | 0.83 | 0.50 |
| F33 | 0.94 | 0.51 | 1.00 | 0.70 | F82 | 0.69 | 0.60 | 0.76 | 0.68 |
| F34 | 0.66 | 0.64 | 0.75 | 0.83 | F83 | 0.46 | 0.57 | 0.59 | 0.63 |
| F35 | 0.68 | 0.61 | 0.72 | 0.67 | F84 | 0.65 | 0.64 | 0.68 | 0.70 |
| F36 | 0.53 | 0.73 | 0.86 | 0.88 | F85 | 0.57 | 0.56 | 0.65 | 0.64 |
| F37 | 0.59 | 0.62 | 0.71 | 0.64 | F86 | 0.69 | 0.29 | 0.86 | 0.72 |
| F38 | 0.31 | 0.24 | 0.70 | 0.75 | F87 | 0.56 | 0.44 | 0.73 | 0.67 |
| F39 | 0.91 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | F88 | 0.62 | 0.58 | 0.74 | 0.72 |
| F40 | 0.74 | 0.62 | 0.75 | 0.64 | F89 | 0.67 | 0.90 | 0.69 | 1.00 |
| F41 | 0.96 | 0.41 | 0.99 | 0.45 | F90 | 0.54 | 0.76 | 0.75 | 0.90 |
| F42 | 0.74 | 0.50 | 0.75 | 0.66 | F91 | 0.62 | 0.45 | 0.82 | 0.68 |
| F43 | 0.74 | 0.52 | 0.83 | 0.66 | F92 | 0.69 | 0.59 | 0.70 | 0.61 |
| F44 | 0.72 | 0.45 | 0.81 | 0.59 | F93 | 0.39 | 0.48 | 0.66 | 0.64 |
| F45 | 0.74 | 0.80 | 0.75 | 0.90 | F94 | 0.76 | 0.35 | 0.84 | 0.59 |
| F46 | 0.59 | 0.28 | 0.76 | 0.33 | F95 | 0.51 | 0.49 | 0.63 | 0.55 |
| F47 | 0.80 | 0.51 | 0.83 | 0.58 | F96 | 0.65 | 0.74 | 0.79 | 0.84 |
| F48 | 1.00 | 0.59 | 1.00 | 1.00 | F97 | 0.53 | 0.65 | 0.61 | 0.68 |
| F49 | 0.60 | 0.49 | 0.78 | 0.65 | F98 | 0.56 | 0.61 | 0.68 | 0.72 |

APÊNDICE E - SCRIPT MALMQUIST

```
### Carrega bibliotecas
library(FEAR)
library(xlsx)

### Carrega base de dados
# leitura de arquivo .xlsx, no diretório definido pelo caminho
especificado
alldata <-
read.xlsx("C:/user/Mestrado/Dissertação/DataDEACompleta.xlsx",
sheetName="Sheet2")

### Monta dataframe da base de dados
attach(alldata)

##### Analise de DEA

# Seleciona apenas dados do Período 1, para analise do mês 1,
por exemplo
auxData2010 <- alldata[alldata$Ano == 2010,]
auxData2011 <- alldata[alldata$Ano == 2011,]

### Estrutura de dados
# Isola variáveis de Input
auxInputOper2010 <- cbind(auxData2010$Num_Func)
auxInputMonetaria2010 <- cbind(auxData2010$Desp_Total)
auxInputAll2010 <- cbind(auxData2010$Num_Func,
auxData2010$Desp_Total)

auxInputOper2011 <- cbind(auxData2011$Num_Func)
auxInputMonetaria2011 <- cbind(auxData2011$Desp_Total)
auxInputAll2011 <- cbind(auxData2011$Num_Func,
auxData2011$Desp_Total)

# Isola variáveis de Output
auxOutputOper2010 <- cbind(auxData2010$Q_Contratos_Novos,
auxData2010$Q_Seg)
auxOutputMonetaria2010 <- cbind(auxData2010$Rec_Total)
auxOutputAll2010 <- cbind(auxData2010$Rec_Total,
auxData2010$Q_Contratos_Novos, auxData2010$Q_Seg)

auxOutputOper2011 <- cbind(auxData2011$Q_Contratos_Novos,
auxData2011$Q_Seg)
auxOutputMonetaria2011 <- cbind(auxData2011$Rec_Total)
auxOutputAll2011 <- cbind(auxData2011$Rec_Total,
auxData2011$Q_Contratos_Novos, auxData2011$Q_Seg)
```

```

x1=t(auxInputAll2010)
y1=t(auxOutputAll2010)
x2=t(auxInputAll2011)
y2=t(auxOutputAll2011)
id1=c(1:98)
id2=c(1:98)
m1=malmquist.components(X1=x1,Y1=y1,ID1=id1,X2=x2,Y2=y2,ID2=id
2,
ORIENTATION=1)
m1

tmp1=malmquist(LIST=m1,alpha=c(0.1,0.05,0.01),CI.TYPE=2)
tmp1
tmp1$malm

deaFEAR2010<-FEAR::dea(XOBS=x1,YOBS=y1)
deaFEAR2011<-FEAR::dea(XOBS=x2,YOBS=y2)

deaFEAR_2010<- 1/deaFEAR2010
deaFEAR_2011<- 1/deaFEAR2011

malmquist <- data.frame(1/tmp1,deaFEAR_2010,deaFEAR_2011)

# Cria estrutura do arquivo
wbook <- createWorkbook()
wsheet1 <- createSheet(wbook, sheetName="Malmquist")
wsheet2 <- createSheet(wbook, sheetName="deaFEAR")

# Imprime resultados de eficiencia
addDataFrame(malmquist, wsheet1, col.names=TRUE,
row.names=TRUE,
startRow=1, startColumn=1, colStyle=NULL, colnamesStyle=NULL,
rownamesStyle=NULL, showNA=FALSE, characterNA="")

# Grava no arquivo no caminho especificado
saveWorkbook(wbook,
file="C:/user/Mestrado/Dissertação/ResultMalmquistRafael.xlsx"
)

```