

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE
E ADMINISTRAÇÃO DE LISBOA



ISCAL

AVALIAÇÃO CRUZADA NA
METODOLOGIA DEA
APLICAÇÃO AO SETOR SEGURADOR

Paulo Jorge Ribeiro Cardoso

VERSÃO DEFINITIVA

Lisboa, dezembro 2017

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR DE CONTABILIDADE E
ADMINISTRAÇÃO DE LISBOA

AVALIAÇÃO CRUZADA NA METODOLOGIA DEA

APLICAÇÃO AO SETOR SEGURADOR

Paulo Jorge Ribeiro Cardoso

Projeto de dissertação submetido ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Controlo de Gestão e dos Negócios, realizado sob a orientação científica do Professor Doutor José Manuel de Oliveira Pires, Professor-Coordenador, da área científica de Matemática.

Constituição do Júri:

Presidente: Doutora Maria do Rosário Fernandes Justino

Arguente: Doutora Ana Maria Duarte Paias

Vogal: Doutor José Manuel Oliveira Pires

L i s b o a , d e z e m b r o 2 0 1 7

Declaro ser o autor desta dissertação, que constitui um trabalho original e inédito, que nunca foi submetido (no seu todo ou qualquer das suas partes) a outra instituição de ensino superior para a obtenção de um grau académico ou outra habilitação. Atesto ainda que todas as citações estão devidamente identificadas. Mais acrescento que tenho consciência de que o plágio – a utilização de elementos alheios sem referência do autor – constitui uma grave falta de ética, que poderá resultar na anulação da presente dissertação.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais por nunca terem deixado de acreditar nas minhas capacidades.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

Agradecimentos

A presente dissertação resulta de um ano repleto de trabalho, esforço e dedicação, pelo qual agradeço a todos que direta ou indiretamente me ajudaram a concretizar mais uma etapa da minha vida académica.

Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Professor Doutor José Manuel Oliveira Pires, pelo seu profissionalismo, apoio, disponibilidade e dedicação. A sua ajuda, orientação e experiência foram cruciais para a realização desta dissertação.

Quero agradecer aos meus pais, que apesar da distância nunca deixaram de acreditar em mim. Sem eles, eu não seria a pessoa que sou hoje.

Agradeço, ainda, aos meus irmãos, cunhados(as), sobrinhos(as) e afilhada por toda a força e motivação que me têm dado. Apesar das dificuldades em estarmos juntos, estão sempre presentes na minha vida.

Aos meus colegas e amigos, quero agradecer pela vossa amizade, companheirismo e incentivo ao longo deste percurso académico.

Aos meus camaradas e “tias adotivas”, agradeço pela paciência e apoio transmitido ao longo destes últimos anos.

Por fim, mas não menos importante, agradeço, ainda, ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa (ISCAL) e a todos com quem me cruzei nesta instituição.

Muito obrigado a todos!

Resumo

O setor segurador tem vindo a adquirir nos últimos anos uma grande importância a nível mundial, uma vez que esta área se integra na atividade financeira, cujas flutuações tem um forte impacto nas finanças e economia dos países.

Um dos objetivos das seguradoras é a geração de lucros operacionais, tendo sido até então medida com base nos resultados financeiros. A avaliação de desempenho é uma das formas de avaliar as organizações, permitindo identificar os pontos menos eficientes desta e melhorá-los.

Os indicadores de desempenho podem ser calculados através da *Data Envelopment Analysis* (DEA), uma técnica não paramétrica que permite lidar com vários *inputs* e *outputs*, assim, é possível estabelecer-se uma comparação entre o desempenho de unidades organizacionais. Nessa comparação considera-se que os fatores interferem de forma positiva e negativa na eficiência das unidades organizacionais, pelo uso de múltiplas unidades de referência, podendo-se assim utilizar o *benchmarking* na melhoria do desempenho das unidades.

Palavras-Chave: *Data Envelopment Analysis* (DEA); Avaliação cruzada; Desempenho organizacional; Setor segurador.

Abstract

In the last few years, the insurance industry has become increasingly important worldwide, as this area is integrated into financial activity, whose fluctuations have a strong impact on the finances and economies of the countries.

One of the objectives of insurers is a generation of operating profits, having been hitherto based on financial resources. A performance evaluation is one of the forms of evaluation, according to the organizations, allowing to establish the less efficient points and to operate them.

Performance indicators can be calculated through Data Envelopment Analysis (DEA), a nonparametric technique that allows the handling of various inputs and outputs, so it is possible to establish a comparison between the performance of organizational units. In this comparison, it is considered that factors interfere in a positive and negative way in the efficiency of the organizational units, using multiple units of reference, being able therefore to use the benchmarking in the improvement of the units.

Keywords: *Data Envelopment Analysis (DEA); Cross efficiency; Organizational performance; Insurance sector.*

Índice

Índice.....	viii
Índice de Tabelas	xi
Índice de Figuras.....	xii
Lista de Abreviaturas.....	xiii
1. Introdução	1
2. Avaliação de desempenho organizacional	3
2.1. Introdução	3
2.2. Avaliação do desempenho organizacional	4
2.2.1. Metodologias clássicas de avaliação do desempenho organizacional.....	5
2.2.2. Evolução da avaliação do desempenho organizacional.....	6
2.2.3. Novas metodologias de avaliação do desempenho organizacional	8
2.3. Metodologia DEA	10
2.4. Vantagens e desvantagens da metodologia DEA.....	11
2.5. Aplicação da metodologia DEA no setor segurador	12
3. Eficiência cruzada na metodologia DEA	15
3.1. Introdução	15
3.2. Método da eficiência cruzada.....	17
3.3. Modelos de objetivos secundários benevolente e agressivo	21
3.4. Modelos alternativos de objetivos secundários benevolentes e agressivos.....	23
3.4.1 Modelos de Liang, Wu, Cook e Zhu (2008).....	24
3.4.1.1 Modelo de minimização do desvio total.....	24
3.4.1.2 Modelo de minimização do desvio máximo	25
3.4.1.3 Modelo de minimização da média dos desvios absolutos.....	26
3.4.2 Modelos de Wang e Chin (2010a)	28
3.4.2.1 Modelo de minimização do desvio total.....	28

3.4.2.2	Modelo de minimização do desvio máximo	29
3.4.2.3	Modelo de minimização da média dos desvios absolutos.....	30
3.4.2.4	Modelo de minimização da soma dos quadrados dos desvios.....	31
3.5.	Modelo de objetivo secundário neutro.....	32
3.6.	Vantagens e desvantagens do método da eficiência cruzada.....	34
4.	Estudo de um caso prático: Aplicação ao setor segurador.....	35
4.1.	Introdução	35
4.2.	Seleção dos dados e escolha dos modelos.....	35
4.3.	Resultados e respetiva análise	38
5.	Conclusões.....	50
	Referências bibliográficas	52
	APÊNDICES.....	57
	APÊNDICE A – Pesos obtidos pelo <i>software</i> Max DEA.....	57
	APÊNDICE B – Pesos obtidos pelo <i>software</i> SIAD.....	58
	APÊNDICE C – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR- <i>Inputs</i> através do <i>software</i> MaxDEA.....	59
	APÊNDICE D – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR- <i>Inputs</i> através do <i>software</i> SIAD.....	60
	APÊNDICE E – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR- <i>Inputs</i> através do modelo benevolente.....	61
	APÊNDICE F – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR- <i>Inputs</i> através do modelo agressivo.....	62
	APÊNDICE G – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR- <i>Inputs</i> através do modelo desvio total.....	63
	APÊNDICE H – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR- <i>Inputs</i> através do modelo desvio máximo	64

APÊNDICE I – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR- <i>Inputs</i> através do modelo desvios absolutos	65
APÊNDICE J – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR- <i>Inputs</i> através do modelo neutro	66

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Matriz e índices das eficiências cruzadas para n DMUs	20
Tabela 4.1 – Dados referentes aos <i>inputs</i> e aos <i>outputs</i> (valores em milhões de euros)	37
Tabela 4.2 – Eficiências obtidas pelo modelo CCR – <i>Inputs</i> e respetivos <i>rankings</i>	39
Tabela 4.3 – Valores (médios) das eficiências cruzadas obtidas através do CCR e de modelos de objetivo secundário	41
Tabela 4.4 – Valores médios das eficiências cruzadas obtidas pelos diversos modelos	42
Tabela 4.5 – <i>Rankings</i> das eficiências cruzadas obtidos através do modelo CCR e de modelos de objetivo secundário	43
Tabela 4.6 – Índice <i>maverik</i> , obtidos através do CCR e de modelos de objetivo secundário,...	48
Tabela 4.7 – Valores médios de <i>maverik</i> obtidos pelos diversos modelos.....	49

Índice de Figuras

Figura 4.1 – <i>Ranking</i> de eficiência obtidos através das médias da eficiência cruzada.....	46
---	----

Lista de Abreviaturas

ASF – Autoridade de Supervisão de Seguros e Fundos de Pensões

BCC – Banker, Cooper e Charnes

CCR – Charnes, Cooper e Rhodes

DEA – *Data Envelopment Analysis*

DMUs – *Decision Making Units*

MCDEA – *Multiple Criteria Data Envelopment Analysis*

OPL – *Optimization Programming Language*

PLMO – Programação Linear Multiobjectivo

SIAD – Sistema Integrada de Apoio à Decisão

1. Introdução

De acordo com Yang (2006), de uma forma geral, o mercado do setor segurador tem caminhado no sentido de impor às suas seguradoras uma mudança nas suas ações estratégicas, para que estas consigam reduzir custos, através da constante melhoria na qualidade dos serviços prestados. Deste modo torna-se imprescindível, para os gestores, obter ferramentas que demonstrem o posicionamento das suas organizações face aos demais concorrentes, no que respeita à capacidade de responder e de se adaptar ao setor envolvente. Assim, a avaliação de desempenho revela-se um importante mecanismo de gestão.

No mundo organizacional, não existe um modelo de avaliação de desempenho organizacional perfeito, que seja único para todas as variáveis. Apesar disso, alguns métodos são capazes de considerar diversos aspetos, assumindo, assim, um papel importante na avaliação da performance organizacional, como é o caso da metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA), utilizada neste estudo.

Tradicionalmente, as companhias de seguros utilizam rácios como o da sinistralidade, do investimento, da despesa ou até rácios combinados, como índices e rácios financeiros capazes de medir a eficiência. Através da leitura destes rácios é possível verificar a rentabilidade e a eficiência da seguradora, apesar desta leitura poder não refletir a realidade da organização como um todo.

De forma a colmatar as falhas da utilização de rácios financeiros, surge um aumento da utilização da DEA, uma vez que possibilita a obtenção de resultados mais fidedignos, com a possibilidade de comparações entre várias unidades, fornecendo informações confiáveis sobre o seu desempenho. A DEA tem ganhado uma maior importância pois através desta o gestor, possui informações adicionais sobre os maiores determinantes de eficiência ou ineficiência, partindo-se de variáveis pré-selecionadas, através de uma análise de *benchmarking*, com a qual o gestor pode avaliar as alterações necessárias para que a organização se torne eficiente em termos competitivos.

A presente dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos. No capítulo 2, abordar-se-á a avaliação do desempenho organizacional, onde são referidas as metodologias clássicas. É igualmente apresentada a evolução da avaliação do desempenho e as suas novas metodologias. Por fim, é abordada a metodologia DEA referindo-se às principais vantagens e desvantagens, assim como, a sua aplicação ao setor segurador.

No capítulo 3, apresenta-se uma variante da metodologia clássica DEA, nomeadamente o método da eficiência cruzada tendo por base o modelo CCR orientado para *inputs*. São apresentados alguns modelos de objetivo secundário, nomeadamente os modelos benevolente, agressivo, desvio total, desvio máximo, desvios absolutos e neutro. De modo a completar este estudo, apresentam-se as principais vantagens e desvantagens do método da eficiência cruzada.

No capítulo 4, apresenta-se o estudo de um caso prático, onde são aplicados o método da eficiência cruzada e os modelos de objetivo secundário referidos anteriormente. Este estudo incide na avaliação de dezanove instituições do setor segurador que operavam em Portugal no ano de 2015.

Por último, no capítulo 5, são apresentadas as considerações finais e as principais conclusões obtidas com a elaboração deste trabalho.

2. Avaliação de desempenho organizacional

2.1. Introdução

Segundo Macedo, Silva e Santos (2006), a análise de desempenho de uma organização é algo suscetível de discussões, sobre quais indicadores a utilizar e como consolidá-los. Estes indicadores têm contribuído para o aparecimento de novas abordagens, modelos, e ferramentas para a avaliação do desempenho organizacional, de modo a apoiar as organizações na gestão e na tomada de decisões.

Conforme se refere em Antunes e Martins (2007), a avaliação do desempenho organizacional é um conceito muito abrangente, sobretudo devido às diferentes metodologias e abordagens presentes para avaliar o desempenho organizacional.

A necessidade de obtenção de uma vantagem em termos competitivos, torna a avaliação do desempenho organizacional numa ferramenta essencial no âmbito da gestão, dado que esta fornece distintos elementos para a análise, bem como indicadores que são essenciais para os gestores.

Por outro lado, exigem-se mudanças culturais e comportamentais das organizações para que seja possível alcançar um desempenho organizacional mais adequado e indispensável. Desta forma, as organizações compreendem a necessidade de criar novos elementos de interação face aos objetivos estabelecidos pela própria organização. Algumas das vantagens da avaliação do desempenho organizacional estão relacionadas com o facto de permitir uma tomada de decisões mais ponderada e consistente, o que, por sua vez, culmina num controlo superior sobre todas as atividades que são desenvolvidas por uma determinada organização.

De seguida, na seção 2.2, abordar-se-á a avaliação do desempenho organizacional, descrevendo mais concretamente as suas metodologias clássicas, a sua evolução, e por fim as novas metodologias para a avaliação do desempenho organizacional. Na seção 2.3, é feita uma abordagem da metodologia DEA (*Data Envelopment Analysis*), referindo-se as principais vantagens e desvantagens desta metodologia na seção 2.4. Na seção 2.5, apresenta-se esta metodologia aplicada ao setor dos seguros.

2.2. Avaliação do desempenho organizacional

Quando se fala em avaliação do desempenho organizacional, tem-se por referência a análise dos seus resultados. Assim, ao longo do tempo, foram surgindo várias definições para o conceito da avaliação do desempenho organizacional, originando diversos estudos em torno deste conceito. Assim, de acordo com Ghalayini e Noble (1996), o objetivo principal das organizações é o de maximizar os seus resultados. Estes objetivos podem ser facilmente alcançados com o reconhecimento das necessidades das organizações, ao invés de utilizarem apenas na sua avaliação do desempenho, demonstrações financeiras, baseadas em diversos rácios financeiros. (Chiavenato, 2004; Gómez, 2002; Watling, 2000)

Avaliar o desempenho organizacional, torna-se fundamental para corrigir desvios, garantir a uniformidade dos processos e obter melhores resultados. Contudo, esta avaliação por si só, não apresenta uma base que sustente a sua execução, ou seja, torna-se necessário criar requisitos rigorosos para a sua aplicabilidade. No entanto, por vezes, é constituída uma dificuldade em definir “o que” medir na avaliação de desempenho, devido à não existência de um critério universal com o qual seja possível efetuar a comparação dos resultados da organização (Simons, 2000; Lebart & Euske, 2002).

Para Perreti (2001), a avaliação do desempenho organizacional desperta uma maior atenção por parte dos gestores, fazendo com que estes obtenham uma maior coerência nas tomadas de decisões. Por outro lado, Dutra (2003) refere que este tipo de avaliação consiste em atribuir valor àquilo que uma organização considera importante diante dos seus objetivos estratégicos. Este último autor salienta que sem as medidas de avaliação desempenho organizacional, os gestores não detêm fundamentos sólidos para:

- Comunicar quais as expectativas de desempenho esperadas pela organização;
- Saber o que está a ser desenvolvido em cada área da organização;
- Identificar os aspetos deficientes e/ou eficientes na organização;
- Reconhecer os aspetos que apresentam melhor desempenho;
- Tomar decisões baseadas em informações sólidas e transparentes.

A avaliação do desempenho organizacional é considerada uma prática comum e recorrente na maioria das organizações, pois esta pode ser encarada como uma ferramenta auxiliar para o

desenvolvimento e crescimento da própria organização, primando sempre pela sua validade, exatidão e fiabilidade (Sabeen & Mehboob, 2008).

Considerando todas as alterações sofridas pela sociedade, as organizações encontram-se, mais atentas, desejando alcançar o sucesso de um modo célere e eficaz, mas também a sobrevivência no seio de um mercado cada vez mais competitivo.

Genericamente, a avaliação do desempenho organizacional pode ser definida como a atividade utilizada para determinar a forma de adaptar, ajustar, proporcionar ou regular uma determinada atividade de negócio de uma dada organização (Neely, 1998).

2.2.1. Metodologias clássicas de avaliação do desempenho organizacional

Importa salientar, que as medidas clássicas de avaliação do desempenho organizacional estão relacionadas com os indicadores financeiros utilizados, que podem não ser os mais adequados para a avaliação do desempenho, uma vez que estes apenas cumprem os requisitos de relato financeiro, não auxiliando, portanto, na definição da estratégia mais adequada para a organização (Kennerley & Neely, 2002). Por sua vez, Neves (2005) remete para o caráter sintético dos documentos contabilísticos, isto é, o gestor tem acesso a várias informações, dispondo ainda da liberdade para a completar ou, inclusive, para a corrigir, com o intuito de adaptar a informação consoante o seu objetivo.

Esta abordagem financeira tem como principal objetivo atingir as estratégias do gestor em função do estabelecido pela organização em termos financeiros (Streeter, Kraut, Lucas & Caby, 1996). Segundo Epstein e Manzoni (1997), apesar dos indicadores financeiros visarem a obtenção do impacto das decisões passadas, também anunciam relevantes benefícios futuros, tais como:

- Transformar o impacto das decisões numa unidade de medida (dinheiro);
- Permitir obter os custos entre recursos e o custo da capacidade produtiva;
- Permitir a avaliação do desempenho organizacional através da análise dos rácios, operacionais e financeiros.

Porém, segundo Schalkwyk (1998), os sistemas baseados apenas em indicadores financeiros, têm como principais características:

- Ação financeira (focalização no passado);
- Flexibilidade limitada;

- Não existência de ligação à estratégia operacional;
- Focalizado nos acionistas;
- Redução de custos.

A análise e a avaliação do desempenho organizacional, quando baseadas apenas nas demonstrações financeiras, acabam por não traduzir todas as informações necessárias e relevantes para os gestores procederem à tomada de decisão, visto que acabam por apenas reportar os efeitos financeiros que provêm de acontecimentos passados. Porém, as organizações não devem abandonar por completo este tipo de avaliação, uma vez que através destas, é possível quantificar o lucro e a satisfação dos acionistas.

2.2.2. Evolução da avaliação do desempenho organizacional

No que respeita ao controlo do desempenho organizacional e, tendo em conta as constantes mudanças do meio envolvente, a avaliação do desempenho tem evoluído significativamente ao longo do tempo. Conforme Sink (1991), têm ocorrido diversas mudanças, tais como, por exemplo, a nível tecnológico e a nível da competitividade do ambiente interno e externo da organização. Essas mudanças, têm forçado os gestores a alterar a sua forma de analisar e avaliar uma organização.

Para muitos gestores, as metodologias clássicas de avaliação do desempenho organizacional, baseadas apenas em indicadores financeiros, seriam pouco suscetíveis para a tomada de decisão (Kaplan, 1984). Neely, Gregory e Platts (1995), acrescentam também que os indicadores financeiros foram apenas desenvolvidos para cumprir os requisitos de relato financeiro de uma organização, não sendo o seu principal objetivo, orientar e direcionar estratégias. Segundo Kaplan e Norton (1996), neste novo ambiente competitivo, os tradicionais indicadores financeiros não conseguem identificar com exatidão os fatores internos e externos que poderiam estimular os resultados das organizações, sendo essencial uma boa afetação de tecnologias e ativos físicos.

De acordo com o referido, os sistemas de avaliação do desempenho passaram a basear-se noutros aspetos para além dos custos. Toni e Tonchia (2001) argumentam que esta evolução ocorreu devido a um aumento da complexidade da gestão. Ainda assim, Kaplan e Norton (1996) mencionam que os resultados financeiros servem como suporte para a avaliação do desempenho passado, sendo que no futuro estes indicadores deveriam ser capazes de prever a performance da organização.

Segundo Ghalayini e Noble (1996), esta evolução encontra-se dividida em duas fases. A primeira fase, entre de 1880 e 1980, caracterizada pela aplicação de indicadores de desempenho financeiros, nomeadamente, a produtividade, o retorno sobre o investimento e lucro gerado pela organização. A segunda fase, iniciada em 1980, utiliza indicadores financeiros e não financeiros. Esta fase é caracterizada pela utilização de medidas de desempenho mais ponderadas e integradas na organização.

Inicialmente, o fator mais importante para a competitividade das organizações seria o da maximização da produtividade das operações (Kaplan & Norton, 1992). Segundo Neely (1998), na década de 80 a performance e o sucesso das organizações determinavam-se pela forma como estas usufruíam das vantagens das economias de escala, sendo essencial uma boa afetação de tecnologias e ativos físicos. No entanto, também era necessário gerir de uma forma eficaz os ativos e os passivos financeiros, tendo como principal preocupação as ações de melhoria focadas em aumentos de produtividade e eficiência.

Por sua vez, após a década de 80, o ambiente competitivo sofreu uma forte alteração em consequência de diversos fatores (Ghalayini & Noble, 1996), tais como:

- Desregulamentação do mercado;
- Modificações na tecnologia;
- Excesso de capacidade de produção e incremento da oferta de produtos;
- Transformações na expectativa dos clientes que passaram a valorizar mais os produtos de qualidade.

Perante um novo ambiente competitivo, novos critérios de desempenho, tais como a qualidade, a inovação, a flexibilidade e a rapidez, passaram a ser relevantes para as organizações. Porém, a estratégia organizacional tornou-se um processo mais dinâmico de aprendizagem e de adaptação às novas alterações do meio envolvente.

Toda esta fase é caracterizada pela inovação, pelo aparecimento de sistemas de informação e pela globalização. Estes fatores são responsáveis pela pressão executada nas organizações, o que tornou necessário a procura de uma melhoria contínua do desempenho em todas as áreas de atuação da organização. Assim, salienta-se a elevada importância da existência de novos métodos que permitam avaliar o desempenho organizacional

2.2.3. Novas metodologias de avaliação do desempenho organizacional

Para Atkinson, Waterhouse e Wells (1997), uma boa avaliação de desempenho deve considerar os distintos pontos de vista de todas as partes interessadas, direta ou indiretamente relacionadas com a organização. Assim, Neely (1999) defende que, existem vários fatores que podem influenciar a necessidade de rever os métodos de avaliação do desempenho das organizações:

- Alterações da natureza do trabalho;
- Aumento da concorrência;
- Iniciativas específicas de melhoria;
- Alterações nas funções organizacionais;
- Alterações nas exigências externas;
- O poder da tecnologia de informação.

Face ao exposto, surge a necessidade de medir o desempenho organizacional não apenas com indicadores de desempenho financeiros mais orientados para o acionista, mas também com indicadores não financeiros mais orientados para os clientes, colaboradores, gestores e a sociedade. Deste modo, é dada uma maior importância à necessidade de incrementar novos métodos para a avaliação do desempenho organizacional que reflitam a utilização de diversos indicadores, ou seja, que permitam um equilíbrio entre indicadores financeiros e não financeiros (Kaplan & Norton, 2000).

Atualmente, existe uma forte tendência para a estratégia de uma organização servir de referência para o desenvolvimento de um sistema de avaliação do desempenho (Neely, Bourne & Kennerley, 2000). Martins (1999) descreve que as principais características dos novos sistemas são:

- Ser congruentes com a estratégia competitiva;
- Ter medidas financeiras e não financeiras;
- Direcionar e suportar a melhoria contínua;
- Identificar tendências e progressos;
- Facilitar o entendimento das relações de causa efeito;
- Abranger todo o processo organizacional;

- Dispor informações em tempo real para toda a organização;
- Ser dinâmicos.

Outros autores defendem que os novos sistemas de avaliação do desempenho organizacional devem:

- Servir de comparação com padrões externos (Bonelli *et al.* & Graddy, 1991);
- Apresentar medidas de eficiência e eficácia (Fortuin, 1988);
- Ser direcionados para os processos chave de negócio (Binnersley, 1996);
- Ter um número reduzido de medidas de desempenho (Walsh, 1996)
- Medir resultados e processos (Graddy, 1991);
- Coletar e processar dados continuamente (Santori & Anderson, 1987);
- Ser parte integrante dos sistemas de gestão da organização (Sink, 1991);
- Apresentar medidas internas e externas e ambas serem interligadas (Gregory, 1993);
- Proporcionar uma perspectiva do desempenho passado, presente e futuro (Brown, 1996).

Toni e Tonchia (2001), agrupam estes novos modelos de avaliação em três principais arquiteturas:

- Arquitetura vertical: Compreendem os modelos estritamente hierárquicos e os modelos em tronco (ou pirâmide);
- Arquitetura “equilíbrio”: Compreendem os modelos “equilibrados”, os modelos em tronco (ou pirâmide) e os modelos mistos (indicadores de desempenho internos e externos);
- Arquitetura horizontal (por processos): Compreendem os modelos mistos e os modelos relacionados com a cadeia de valor.

Para Kennerley e Neely (2003), é necessário conseguir satisfazer três critérios para o desenvolvimento de novas metodologias de avaliação:

- Adequação e suficiência;
- Fiabilidade da informação;
- Praticabilidade e convergência organizacional.

Realça-se que existem outras metodologias, entre as quais, destaca-se a metodologia DEA. Assim, na seção seguinte, proceder-se-á à abordagem da metodologia DEA, visto que é uma metodologia muito utilizada no âmbito da avaliação de desempenho organizacional.

2.3. Metodologia DEA

A metodologia DEA destina-se a avaliar a eficiência relativa de um conjunto de entidades homogêneas, isto é, entidades que produzem o mesmo tipo de produtos (*outputs*) utilizando o mesmo tipo de recursos (*inputs*), embora em quantidades diferentes. Essas entidades, que podem ser de carácter empresarial, social ou governamental, são normalmente referidas na literatura como DMUs (*Decision Making Units*) de modo a garantir uma maior flexibilidade nas aplicações. Uma DMU é, portanto, uma entidade que permite a conversão de múltiplos *inputs* em múltiplos *outputs*.

A metodologia DEA é uma técnica não paramétrica baseada na programação matemática, mais concretamente na programação linear, que surgiu como resposta à incapacidade dos modelos paramétricos (regressão e correlação estatísticas) em tratar múltiplos *inputs* e múltiplos *outputs* (Cooper, 2005). Esta metodologia permite determinar um índice de eficiência para uma das DMUs em avaliação e, conseqüentemente, distinguir as DMUs eficientes das ineficientes. Permite também, usando as DMUs eficientes, estimar uma fronteira (não paramétrica) de eficiência e identificar o conjunto de referência, isto é, o conjunto das que DMUs que são referência (*benchmarks*) para as DMUs ineficientes.

Apesar de Farrel (1957) ter sido o primeiro autor a alertar para a necessidade de se considerarem múltiplos *inputs* e múltiplos *outputs* no processo de avaliação da eficiência técnica e a abordar o conceito de fronteira não paramétrica, foi com Charnes, Cooper e Rhodes (1978) que se deu início formal à metodologia DEA que, contrariamente a Farrell, recorreram às potencialidades da programação linear.

O modelo proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), assim como muitos outros modelos que seguiram, podem ser classificados de acordo com vários pontos de vista. Assim, duas importantes classificações são usualmente usadas. Uma, diz respeito ao tipo de retornos de escala sob o qual as DMUs operam nomeadamente retornos constante de escala e retornos variáveis de escala. Uma DMU opera sob retorno constante de escala se um aumento nos *inputs* produz um aumento proporcional nos *outputs*. Se perante um aumento nos *inputs* o aumento nos *outputs* for maior (menor) do que o proporcional então a DMU opera sob

retorno crescente (decrecente) de escala. A outra baseia-se na orientação do modelo que pode ser orientado para *inputs* ou para *outputs*. Nos modelos orientados para *inputs*, a eficiência é atingida através da redução dos *inputs* mantendo um determinado nível de *outputs*. Nos modelos orientados para *outputs*, a eficiência é atingida através da expansão para *outputs* utilizando um determinado nível de *inputs*.

Nesta classificação encontram-se o modelo original CCR, proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), que considera retornos constantes de escala, e o modelo BCC, proposto por Banker, Cooper e Charnes (1984), que considera retornos variáveis de escala. Ambos os modelos consideram as orientações para *inputs* e para *outputs* e são usualmente referidos na literatura como modelos clássicos ou modelos básicos da metodologia DEA.

Nos modelos orientados para *inputs*, o valor da eficiência de uma DMU é um valor positivo menor ou igual a 1. Quando esse valor é igual a 1, a DMU diz-se eficiente, e diz-se ineficiente quando esse valor é menor do que 1. Nos modelos orientados para *outputs*, o valor da eficiência é maior ou igual a 1. Neste caso, uma DMU diz-se eficiente se esse valor for igual a 1 e diz-se ineficiente se for maior do que 1. Relativamente ao valor de eficiência obtido pelos modelos orientados para *outputs*, é usual considerar para índice de eficiência o inverso desse valor por forma a que a medida de eficiência seja uma medida entre 0 e 1, uma característica defendida por muitos autores.

Desde que surgiu e principalmente desde os finais da década de noventa, a metodologia DEA tem sido alvo de enorme aplicação nas mais diversas áreas, constituindo uma poderosa ferramenta no auxílio da tomada de decisão. Tais aplicações, que mostram bem as potencialidades desta metodologia, têm também permitido identificar algumas limitações da mesma, nomeadamente no que refere aos modelos clássicos. De modo a ultrapassar tais limitações, novos métodos e modelos têm sido propostos no âmbito desta metodologia. No próximo capítulo deste trabalho, é abordado um desses métodos e alguns modelos que lhe são inerentes.

2.4. Vantagens e desvantagens da metodologia DEA

A metodologia DEA, na sua forma clássica, apresenta várias vantagens e desvantagens. Como vantagens salientam-se as seguintes:

- Realiza uma avaliação de DMUs que utiliza apenas *inputs* e os *outputs* sem ser necessário definir uma função de produção *a priori*;

- Os *inputs* e *outputs* podem ser de diversa natureza, não sendo obrigatório que sejam de natureza financeira ou convertíveis a dados financeiros;
- Apresenta flexibilidade na determinação dos pesos associados aos *inputs* e *outputs*, uma vez que cada DMU seleciona o conjunto de pesos mais favoráveis;
- Permite definir a fronteira de eficiência definida pelas DMUs eficientes;
- Permite que para cada DMU ineficiente seja identificado um conjunto de referência, constituído obviamente por DMUs eficientes, fornecendo assim indicadores ao gestor sobre a melhoria do desempenho das DMUs ineficientes;
- Apresenta uma elevada versatilidade de aplicação dado que pode ser aplicada a todas as organizações e não necessita de dados acerca dos preços de construção da fronteira de produção. Por conseguinte, é possível analisar a relação entre DMUs.

Como desvantagens enfatiza-se:

- O pouco poder de discriminação entre DMUs eficientes quando o seu número não é em número suficiente relativamente ao número total de *inputs* e *outputs*;
- A distribuição dos pesos é irrealista e ocorre quando a eficiência é atingida através de elevados valores para pesos de *outputs* e de valores muito baixos para pesos associados a *inputs*;
- Por outro lado, cada DMU é tratada como uma caixa negra, isto é, os *inputs* entram e os *outputs* saem sem atender a outros processos intervenientes, pelo que é difícil conhecer as fontes de ineficiência de todos os DMUs ineficientes.

2.5. Aplicação da metodologia DEA no setor segurador

Os indicadores ou rácios são instrumentos de medida que permitem identificar potenciais problemas, antecipando assim situações de crise. No entanto, o cálculo de rácios por si só, não é suficiente para assegurar o adequado controlo financeiro. Face ao exposto, tem-se desenvolvido diversos estudos sobre a eficiência no setor segurador. (Cummins, Turchetti & Weiss 1996).

Fecher, Kessler, Perelman e Pestieu (1993) usaram uma aproximação paramétrica e uma aproximação não paramétrica de modo a construir uma fronteira de eficiência. Estes autores observaram que os resultados não seriam sensíveis à aproximação usada, existindo uma grande

dispersão relativamente aos níveis de eficiência entre companhias. Outra importante conclusão obtida neste estudo, foi a identificação de uma correlação positiva entre o tamanho de uma companhia de seguros e a sua eficiência.

Por sua vez, Cummins, Turchetti e Weiss (1996) estudaram o mercado segurador italiano, onde usaram uma função de distância da metodologia DEA para estimar a eficiência técnica e um índice de *Malmquist*, para medir as transformações existentes na eficiência técnica.

Mahlberg e Url (2003), realizaram um estudo sobre o setor segurador austríaco, onde foram aplicadas duas metodologias distintas, de modo a visualizar qual seria o impacto da eficiência do mercado único e da desregulação na indústria dos seguros. O estudo realizado entre 1992 e 1999, mediu os efeitos da liberalização na eficiência técnica e na produtividade. Para este estudo foi utilizada a metodologia DEA de forma a estimar fronteiras de eficiências e um índice de *Malmquist*.

O índice *Malmquist* foi também aplicado ao setor segurador português, entre 1995 e 2001, através do estudo de Barros, Borges e Barroso (2005). Este estudo incidiu sobre a eficiência e produtividade do mercado dos seguros. Os autores concluem ainda que poderia existir um aumento da eficiência técnica, caso, determinadas organizações sofressem algumas melhorias.

Brockett, Cooper, Golden, Rousseau e Wang (2004), realizaram um estudo sobre a eficiência das seguradoras norte-americanas com indicadores relativos ao ano de 1989. Para tal, foram utilizados como *inputs* os recursos investidos, e como *outputs*, a solvência, a liquidez e a rentabilidade. Concluíram que as seguradoras com melhores desempenhos são as que conseguem gerir de forma mais eficiente os seus recursos disponíveis, obtendo assim, condições mais favoráveis de solvência, rentabilidade e liquidez.

Yang (2006) realizou no seu estudo uma análise que não corresponde aos efeitos das economias de escala ou políticas de *benchmarking* adotadas pelas organizações, sendo necessário a utilização de métodos mais eficazes na avaliação global das organizações do setor segurador. Assim, foi utilizada a metodologia *two-stage* DEA, uma variante da DEA onde cada DMU é decomposta em duas subDMUs onde normalmente os *outputs* da primeira subDMU são *inputs* da segunda subDMU. Desta forma, uma DMU deixa de ser vista como uma caixa negra, permitindo o estudo da performance de cada subDMU e, conseqüente, detetar a origem da ineficiência no caso de DMUS ineficientes.

Kao e Hwang (2008) também utilizaram a metodologia *two-stage* DEA no seu estudo, à semelhança de Yang (2006), essa metodologia serviu para medir o desempenho organizacional do setor segurador em Taiwan. Na primeira fase utilizam-se *inputs* para gerar *outputs* que se tornam os *inputs* para a segunda fase, sendo que os primeiros *outputs* são referidos como medidas intermédias. A segunda fase utiliza essas medidas intermédias para produzir *outputs* finais. No método proposto pelos autores acima referidos, conhecido por método multiplicativo, a eficiência do processo global é obtida através do produto das eficiências das duas fases.

No setor segurador é exigido um equilíbrio entre os custos e os benefícios, assim a avaliação de desempenho deve integrar-se em todos os elementos necessários para o sucesso organizacional. Uma forma de medir o desempenho organizacional do setor segurador, é através da utilização da metodologia DEA.

3. Eficiência cruzada na metodologia DEA

3.1. Introdução

Como foi referido anteriormente, a metodologia DEA (*Data Envelopment Analysis*) constitui uma ferramenta poderosa para a avaliação da performance de entidades homogêneas, usualmente designadas por DMUs (*Decision Making Units*), que usam múltiplos *inputs* para produzir múltiplos *outputs*. O seu modelo original, na versão orientada para *inputs*, procura determinar um conjunto de pesos associados aos *inputs* e aos *outputs* de uma DMU que maximizam o quociente entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs* dessa DMU sob a condição de que esses pesos quando aplicados a cada uma das DMUs não permite obter um quociente superior a 1.

Apesar da grande aceitação que a metodologia DEA tem tido, a sua natureza de autoavaliação tem sido objeto de crítica. Esta autoavaliação permite que cada DMU escolha os pesos associados aos *inputs* e aos *outputs* que lhe são mais favoráveis, isto é, permite flexibilidade na determinação desses pesos. Isto conduz a dois problemas, intimamente ligados, que surgem com a utilização dos modelos clássicos desta metodologia: fraco poder de discriminação e distribuição irrealista dos pesos. O primeiro ocorre devido a um número considerável de DMUs que são identificadas como eficientes. O segundo surge quando a eficiência é atingida através de valores muito elevados para pesos associados a um *output* e/ou de valores muito baixos para pesos associados a um *input*.

A fim de contornar estes dois problemas, vários métodos e modelos têm sido propostos na literatura. Entre eles destacam-se os métodos baseados em restrições aos pesos, os modelos baseados na programação linear multiobjectivo (PLMO), o método da eficiência cruzada. Além disso, para evitar a existência de um elevado número de DMUs avaliadas como eficientes, Cooper, Seiford e Tone (2007) sugeriram que o número de DMUs envolvidas na avaliação não deve ser inferior ao máximo entre $m \times s$ e $3(m + s)$, onde m representa o número de *inputs* e s o número de *outputs*.

Os métodos baseados nas restrições aos pesos consistem na incorporação de juízos de valor através da introdução, nos modelos clássicos da DEA, de restrições envolvendo os pesos associados aos *inputs* e aos *outputs* (ver, por exemplo, Allen, Athanassopoulos e Thanassoulis, 1997). Esses juízos de valor, fundamentados em pontos de vista ou informação relativa às DMUs, são feitos por especialistas na área da aplicação e incorporam algum grau de

subjetividade. Contrariamente a esta abordagem, que requer informação *a priori* relativa aos pesos, os modelos baseados na PLMO assim como e o método da eficiência cruzada não requerem qualquer tipo de informação *a priori*.

O primeiro modelo multiobjectivo proposto por Li e Reeves (1999) é baseado num modelo equivalente ao modelo CCR orientado para *inputs* que usa explicitamente as variáveis de desvio associadas às restrições de desigualdade desse modelo e cuja variável correspondente à DMU em avaliação permite obter o índice de eficiência dessa DMU. Sobre o conjunto de restrições deste modelo, o modelo multiobjectivo considera três objetivos correspondentes a três conceitos de eficiência: o conceito clássico, o conceito minisoma e o conceito minimax. Estes dois últimos conceitos são mais restritivos do que o primeiro, permitindo um maior poder de discriminação entre as DMUs eficientes e também uma distribuição mais realista dos pesos associados aos *inputs* e *outputs* (Li & Reeves, 1999).

O método da eficiência cruzada (*Cross efficiency*), ou avaliação cruzada, foi inicialmente proposto por Sexton, Silkman e Hogan (1986) e mais tarde desenvolvido por Doly e Green (1994). A principal ideia deste método consiste em utilizar a avaliação por pares conjuntamente com a autoavaliação. Este método realiza assim uma avaliação de conjunto em vez de uma avaliação individual realizada pelos modelos clássicos da metodologia DEA.

Entre os métodos e modelos acabados de referir, o método da eficiência cruzada tem-se revelado muito popular para contornar os dois problemas descritos anteriormente e para estabelecer um *ranking* entre as DMUs, isto é, uma ordem, entre todas as DMUs, eficientes e não eficientes. Um outro método igualmente muito popular para estabelecer *ranking* de DMUS é o método da super eficiência. Este método, proposto por Andersen e Petersen (1993), permite que uma DMU extremamente eficiente obtenha um índice de eficiência maior do que 1, através da remoção dessa DMU do conjunto de referência.

Este capítulo destina-se a apresentar um estudo sobre o método da eficiência cruzada. Assim, na seção 3.2, apresenta-se o referido método tendo por base o modelo CCR orientado para *inputs*. A frequente existência de soluções ótimas alternativas neste modelo, assim como nos restantes baseados nos modelos clássicos da DEA, pode conduzir a diferentes *rankings* para as DMUs. Para obviar este problema vários modelos de objetivo secundário têm sido propostos. Na seção 3.3, apresentam-se os modelos benevolente e agressivo propostos por Doly e Green (1994). Na seção 3.4, apresentam-se alguns modelos de objetivo secundário, alternativos aos modelos apresentados na seção anterior, propostos por Liang, Wu, Cook e Zhu (2008) e por

Wang e Chin (2010a). Os modelos apresentados nas seções 3.3 e 3.4, sendo benevolentes ou agressivos, colocam o decisor perante a dificuldade de ter de escolher qual destes deve utilizar. Para contornar tal dificuldade, Wang e Chin (2010b) propuseram um modelo de objetivo secundário neutro. Tal modelo é apresentado na seção 3.5. Finalmente, na seção 3.6, apresentam-se as principais vantagens e desvantagens do método da eficiência cruzada.

3.2. Método da eficiência cruzada

O método da eficiência cruzada, ou avaliação cruzada, é geralmente apresentado como um processo composto de duas fases. A fase 1, normalmente designada de fase de autoavaliação, consiste em utilizar um dos modelos clássicos da metodologia DEA para calcular os multiplicadores, isto é, os pesos associados aos *inputs* e *outputs*, e o correspondente índice de eficiência de cada DMU. A fase 2 consiste em aplicar às restantes $n-1$ DMUs os multiplicadores obtidos na fase 1 e, deste modo, obter um índice de eficiência cruzada para cada DMU. Esta fase é usualmente designada de fase de avaliação por pares.

Para descrever matematicamente os modelos que se seguem, considere-se que existe um conjunto de n DMUs a serem avaliadas e que cada DMU usa m *inputs* e s *outputs*. Mais precisamente, cada DMU _{j} ($j=1, \dots, n$) utiliza a quantidade x_{ij} do *input* i ($i=1, \dots, m$) para produzir a quantidade y_{rj} do *output* r ($r=1, \dots, s$). Assume-se, ainda, que $x_{ij} \geq 0$, $y_{rj} \geq 0$ e que para cada DMU existe, pelo menos, um *input* e um *output* com valores positivos.

Supondo que a DMU _{d} é a DMU em avaliação e considerando as variáveis de decisão, não negativas, v_{id} ($i=1, \dots, m$) e u_{rd} ($r=1, \dots, s$) que representam os pesos (ponderadores) associados aos *inputs* e aos *outputs*, respetivamente, o modelo CCR orientado para *inputs*, na forma fracionária, é então dado pelo seguinte modelo de programação fracionária:

$$E_{dd}^* = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rd}}{\sum_{i=1}^m v_{id} x_{id}} \quad (3.1)$$

$$s. a. \frac{\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.3)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.4)$$

Neste modelo, a função objetivo (3.1) fornece o índice de eficiência da DMU_d, E_{dd}^* , dado pela maximização do quociente entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs* para a DMU_d, isto é, para a DMU em avaliação. As restrições (3.2) indicam que esse quociente é não superior a 1 para cada uma das DMUs, incluindo a DMU_d. As restrições (3.3) e (3.4) indicam a natureza, não negativa, das variáveis de decisão.

Note-se que, por via das restrições (3.2), tem-se $E_{dd}^* \leq 1$, isto é, o índice da eficiência da DMU_d, é menor ou igual a 1. Quando esse índice é menor do que 1 diz-se que a DMU_d é ineficiente; quando é igual a 1 diz-se que a DMU_k está na fronteira de eficiência, podendo, neste caso, ser fortemente eficiente ou fracamente eficiente. Assim, se $E_{dd}^* = 1$ e os pesos associados aos *inputs* e *outputs* são todos positivos, a DMU_d diz-se fortemente eficiente ou eficiente segundo Pareto-Koopmans; se, por outro lado, $E_{dd}^* = 1$ e existem pesos iguais a zero a DMU_d diz-se fracamente eficiente ou eficiente segundo Farrell.

O modelo (3.1) – (3.4) permite um número infinito de soluções, uma vez que se (u^*, v^*) é solução ótima então $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ é também solução ótima, para todo $\alpha > 0$ (Cooper, Seiford & Zhu (2011)). Contudo, usando a transformação de Charnes e Cooper (1962) é possível selecionar uma dessas soluções e obter o seguinte modelo de programação linear equivalente. Assim, igualando a 1 o denominador da função objetivo (3.1), o modelo anterior é equivalente ao seguinte modelo de programação linear:

$$E_{dd}^* = \max \sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rd} \quad (3.5)$$

$$s. a. \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 1 \quad (3.6)$$

$$-\sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.7)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.8)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.9)$$

Portanto, a fase 1 consiste em obter n conjuntos de pesos associados aos *inputs* e *outputs*, um para cada DMU, resolvendo para o efeito o modelo anterior de n vezes.

Na fase 2 do método da eficiência cruzada, os pesos ótimos associados aos *inputs* e *outputs* obtidos para a DMU _{d} na fase 1, isto é, u_{rd}^* e v_{id}^* , são usados para calcular a eficiência cruzada da DMU _{j} , dada por

$$E_{d,j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rd}^* y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{id}^* x_{ij}} \quad d, j = 1, \dots, n \quad (3.10)$$

A expressão (3.10) define uma matriz quadrada de ordem n , usualmente designada por matriz das eficiências cruzadas. Note-se que todos os elementos desta matriz assumem valores entre zero e um, isto é, $0 \leq E_{d,j} \leq 1$ ($d, j = 1, \dots, n$), e os elementos da diagonal principal, E_{dd} , indicam os índices de eficiência fornecidos por um modelo clássico da DEA, neste caso o modelo CCR orientado para *inputs*. Note-se que para $j \neq d$ a expressão anterior reflete a avaliação feita pela DMU _{d} a cada uma das restantes $n-1$ DMUs, fixando d , e a avaliação feita à DMU _{j} por cada uma das restantes $n-1$, fixando j .

Para cada DMU _{j} ($j = 1, \dots, n$), o índice de eficiência cruzada é normalmente definido com a média dos valores de $E_{d,j}$ ($d = 1, \dots, n$), isto é,

$$\bar{E}_j = \frac{1}{n} \sum_{d=1}^n E_{dj} \quad (3.11)$$

O índice de eficiência cruzada de uma DMU _{j} é então dado pela média aritmética dos índices de eficiência obtidos pela autoavaliação e pela avaliação feita pelas restantes DMUs.

Note-se que, como se refere em Cook e Zhu (2015), cada avaliação individual $E_{d,j}$ é designada de eficiência cruzada e a média definida por (3.11) é também designada de eficiência cruzada na literatura da DEA. No entanto, em geral, a designação de eficiência cruzada é atribuída à média definida em (3.11) e não aos índices individuais definidos em (3.10).

De referir ainda que os índices de eficiência cruzada obtidos com base no modelo anterior, ou em modelos orientados para *inputs*, não são superiores a 1. Esse índice é igual 1, para uma dada DMU, quando for igual a 1 no processo de autoavaliação e na avaliação feita pelas

restantes DMUs. Por outras palavras, uma DMU é eficiente através da avaliação cruzada se for eficiente na avaliação que faz a si própria e na avaliação feita pelas restantes DMUs.

A matriz das eficiências cruzadas definida por (3.10) e os índices de eficiência cruzada definidos por (3.11) podem ser representados através da tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Matriz e índices das eficiências cruzadas para n DMUs.

DMU	1	2	...	N
1	E_{11}	E_{12}	...	E_{1n}
2	E_{21}	E_{22}	...	E_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
N	E_{n1}	E_{n2}	...	E_{nn}
	\overline{E}_1	\overline{E}_2	...	\overline{E}_n

Fonte: Adaptado de Cook e Zhu (2015).

Como se referiu anteriormente, o índice de eficiência cruzada, \overline{E}_j , é obtido como a média aritmética dos índices da autoavaliação e da avaliação pelos pares. Por vezes este índice é calculado sem considerar o valor da diagonal principal, isto é, sem considerar o índice de eficiência obtido pela autoavaliação, sendo então dado por

$$e_j = \frac{1}{n-1} \sum_{d=1; d \neq j}^n E_{dj} \quad j = 1, \dots, m \quad (3.12)$$

Para além de poder ser utilizado como complemento ou alternativa ao índice obtido pelos modelos clássicos da DEA para diferenciar as DMUs eficientes, esta medida foi usada por Doyle e Green (1994) para desenvolver a ideia de índice de “*maverik*” no âmbito da eficiência cruzada. Este índice mede o desvio entre o índice fornecido pela autoavaliação e os índices fornecidos pela avaliação dos pares, dado pela expressão:

$$M_j = \frac{E_{jj} - e_j}{e_j}, \quad j = 1, \dots, m \quad (3.13)$$

onde e_j é calculado através de (3.12).

Quanto maior for o valor de M_j , mais a DMU $_j$ pode ser considerada “*maverik*”. Doyle e Green (1994) argumentaram que a obtenção deste índice pode ser acompanhado de um processo de avaliação comparativa, pois as DMUs consideradas eficientes sob autoavaliação mas que não conseguem aparecer nos conjuntos de referência de DMUs ineficientes, geralmente atingem um alto valor de M_j . As DMUs com um baixo índice “*maverik*” são frequentemente eficientes quer na autoavaliação, quer na avaliação por pares (Alder, Friedman & Sinuany-Stern, 2002). Este índice é similar ao índice “falso positivo” sugerido por Talluri e Sarkis (1997) que utiliza \bar{E}_j em vez de e_j na expressão (3.13). Também neste caso uma DMU será tanto mais “falso positivo” quanto maior for o valor do correspondente índice. Como se refere em Meza e Lins (2002), um alto valor de M_j significa que a DMU $_j$ obtém um índice de eficiência através de pesos inapropriados.

O método da eficiência cruzada pode igualmente ser aplicado usando o modelo CCR orientado para *outputs* assim como modelo BCC com orientação para *inputs* ou para *outputs*.

Note-se que, em geral, E_{dj} ($d \neq j$) e, conseqüentemente, \bar{E}_j não são únicos devido à frequente existência de soluções ótimas alternativas fornecidas pelo modelo (3.5) – (3.9), ou outro modelo clássico da DEA. Conseqüentemente, os índices de eficiência cruzada são gerados de forma arbitrária, dependendo da solução ótima fornecida por um determinado *software*, o que limita a utilidade do método da eficiência cruzada. Para contornar este problema, vários modelos, designados por modelos de objetivos secundários, têm sido propostos na literatura. Nas próximas seções apresentam-se os principais modelos deste tipo que têm surgido na literatura.

3.3. Modelos de objetivos secundários benevolente e agressivo

Sexton, Silkman e Hogan (1986) e Doyle e Green (1994) foram os primeiros a proporem dois modelos de objetivo secundário que designaram por modelos benevolente e agressivo. No caso do modelo benevolente, a ideia é a de determinar os pesos que maximizam não apenas a eficiência de uma determinada DMU mas também a eficiência média das restantes DMUs em avaliação. No caso do modelo agressivo, pretende-se obter os pesos que maximizam a eficiência de uma determinada DMU e que minimizam a eficiência média das restantes DMUs em avaliação.

Sendo E_{dd}^* o valor da eficiência obtido pelo modelo anterior para a DMU_d , o modelo benevolente proposto por Doyle e Green (1994) é dado por:

$$\max \sum_{r=1}^s u_{rd} \left(\sum_{j=1; j \neq d}^n y_{rd} \right) \quad (3.14)$$

$$s. a. \sum_{i=1}^m v_{id} \left(\sum_{j=1; j \neq d}^n x_{ij} \right) = 1 \quad (3.15)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - E_{dd}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.16)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n ; j \neq d \quad (3.17)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.18)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.19)$$

O modelo anterior tem por objetivo determinar um conjunto de pesos associados aos *inputs* e *outputs* da DMU_d que tornem a eficiência cruzada das outras $DMUs$ tão larga quanto possível garantindo o nível de eficiência da DMU_d obtido pelo modelo clássico CCR.

O modelo agressivo proposto por Doyle e Green (1994) obtém-se do modelo anterior por negação da função objetivo e é dado por:

$$\min \sum_{r=1}^s u_{rd} \left(\sum_{j=1; j \neq d}^n y_{rd} \right) \quad (3.20)$$

$$s. a. \sum_{i=1}^m v_{id} \left(\sum_{j=1; j \neq d}^n x_{ij} \right) = 1 \quad (3.21)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - E_{dd}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.22)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n ; j \neq d \quad (3.23)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.24)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.25)$$

Neste caso, o objetivo é determinar um conjunto de pesos associados aos *inputs* e *outputs* da DMU_d que tornem a eficiência cruzada das outras DMUs tão pequena quanto possível garantindo o nível de eficiência da DMU_d obtido pelo modelo clássico CCR.

3.4. Modelos alternativos de objetivos secundários benevolentes e agressivos

Nesta seção apresentam-se modelos alternativos aos modelos benevolente e agressivo apresentados na seção anterior, propostos por Liang, Wu, Cook e Zhu (2008) e por Wang e Chin (2010a), que incorporam funções objetivo secundárias com base em desvios aos seus pontos ideais. Tais modelos são baseados no modelo CCR orientado para *inputs* reescrito usando explicitamente as variáveis de desvio associadas às desigualdades (3.7) e onde a variável de desvio correspondente à DMU_d , isto é, à DMU em avaliação, permite obter o valor da eficiência para essa DMU (ver Li & Reeves, 1999).

Então, considerando os parâmetros e as variáveis envolvidos no modelo (3.5) – (3.9) e sendo α_j a variável de desvio para a DMU_j ($j = 1, \dots, n$), nas restrições (3.7), e α_d ($d \in \{1, \dots, n\}$) a variável de desvio para a DMU_d , isto é, para a DMU em avaliação, o modelo CCR pode ser reescrito do seguinte modo:

$$\min \alpha_d \quad (3.26)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 1 \quad (3.27)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.28)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.29)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.30)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.31)$$

De acordo com o modelo (3.26) – (3.31), a DMU_d é eficiente se, e só se, $\alpha_d^* = 0$ ou, equivalentemente, $E_{dd}^* = 1$. A quantidade α_d^* é tal que $\alpha_d^* \in [0, 1]$ e pode ser vista como uma medida de ineficiência. Então o índice de eficiência da DMU_d é dado por $1 - \alpha_d^*$, isto é, $E_{dd}^* = 1 - \alpha_d^*$, onde E_{dd}^* é o índice de eficiência fornecido pelo modelo CCR orientado para *inputs*. Obviamente que quanto menor for o valor de α_d maior será o índice de eficiência da

DMU_d. Note-se que a quantidade α_d é limitada ao intervalo $[0,1[$ apenas para a DMU_d, isto é, para a DMU em avaliação, podendo assumir valores superiores a um para as restantes DMUs.

O modelo (3.26) – (3.31) é então uma reformulação do modelo clássico CCR orientado para *inputs*, em que o índice de eficiência é obtido indiretamente através do cálculo direto do índice de ineficiência, medido pela variável de desvio da DMU em avaliação nas restrições (3.28). No seu modelo multiobjectivo, designado por *Multiple Criteria Data Envelopment Analysis* (MCDEA), Li e Reeves (1999) consideraram mais duas medidas de ineficiência, para além da medida de ineficiência clássica, envolvendo as variáveis de desvio: uma obtida pela minimização da soma dos desvios e a outra obtida pela minimização do desvio máximo. Estas duas medidas estão presentes em alguns dos modelos que são apresentados nesta seção.

3.4.1 Modelos de Liang, Wu, Cook e Zhu (2008)

Com base no modelo (3.26) – (3.31), Liang, Wu, Cook e Zhu (2008) propuseram três modelos alternativos de objetivos secundários: minimização do desvio total de um ponto ideal; minimização do desvio máximo e minimização da média dos desvios absolutos. Tais modelos são apresentados de seguida.

3.4.1.1 Modelo de minimização do desvio total

Liang *et al.* (2008) definiu o ponto ideal como o conjunto de pesos associados aos *inputs* e *outputs* para os quais cada DMU é eficiente, isto é, para os quais se verifica $\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} = 1$, ou $\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} = 0$. O primeiro modelo de objetivo secundário, proposto por Liang *et al.* (2008), tem por objetivo minimizar a soma de todas as ineficiências ou o desvio total a um ponto ideal. Tal modelo é dado por:

$$\min \sum_{j=1}^n \alpha'_j \quad (3.32)$$

$$s. a. \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 1 \quad (3.33)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{rd} y_{rd} = 1 - \alpha_d^* \quad (3.34)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.35)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.36)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.37)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.38)$$

Onde α_d^* é o valor ótimo do modelo (3.26) – (3.31). Como os autores referem, a minimização da soma das ineficiências presente no modelo anterior é apelativa, pois, no espírito de todas as DMUs, tenta maximizar as respetivas performances.

Como é também referido por aqueles autores, este modelo pode ser especialmente aplicável a um sistema constituído por um conjunto de unidades que procuram maximizar a sua eficiência, como é o caso de uma cadeia de abastecimento onde um conjunto de entidades empresariais estão envolvidas no projeto, desenvolvimento, fabricação e distribuição de produtos. Aqui presume-se que cada membro da cadeia de abastecimento atua no seu próprio interesse, sem se preocupar com os outros membros. Portanto, esta abordagem revela-se apropriada quando as DMUs operam em modo não cooperativo e totalmente competitivo.

3.4.1.2 Modelo de minimização do desvio máximo

No segundo modelo de objetivo secundário, proposto Liang *et al.* (2008), procura-se minimizar o desvio máximo a um ponto ideal ou a ineficiência máxima e é dado por:

$$\min \quad \max \sum_{j=1}^n \alpha'_j \quad (3.39)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 1 \quad (3.40)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rd} = 1 - \alpha_d^* \quad (3.41)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.42)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.43)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.44)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.45)$$

O modelo anterior pode ser reescrito do seguinte modo:

$$\min \quad \theta \quad (3.46)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 1 \quad (3.47)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rd} = 1 - \alpha_d^* \quad (3.48)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.49)$$

$$\theta - \alpha'_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.50)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.51)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.52)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.53)$$

Neste modelo, a minimização da máxima ineficiência corresponde a maximizar a mínima eficiência entre as n eficiências. Este modelo permite assim obter um conjunto de pesos que proporcionam o máximo valor possível para a DMU com pior performance. Em consequência, as restantes DMUs podem ser forçadas a ter um índice de eficiência mais próximo, isto é, a uma diminuição da eficiência, resultando em níveis de desempenho com menor variação do que no caso anterior.

Esta abordagem pode ser considerada adequada nas situações em que prevalece uma situação mais cooperativa como, por exemplo, na avaliação das equipas de manutenção sob uma autoridade central, ou na avaliação de agências bancárias sob um único chefe corporativo (Liang *et al.*, 2008).

3.4.1.3 Modelo de minimização da média dos desvios absolutos

O terceiro modelo de objetivo secundário, proposto pelos autores, procura minimizar a variação entre os valores das eficiências das DMUs e é dado por:

$$\min \quad \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |\alpha'_j - \bar{\alpha}'| \quad (3.54)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 1 \quad (3.55)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rd} = 1 - \alpha_d^* \quad (3.56)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.57)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.58)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.59)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.60)$$

A função objetivo deste modelo calcula a média dos desvios absolutos de um conjunto de dados, mais precisamente, a média dos desvios absolutos de dados pontos em relação à sua média. Portanto, a minimização da função objetivo tenta diminuir a diferença entre os valores de eficiência das DMUs, procurando, em certa medida, satisfazer um princípio de equidade.

Note-se que o modelo (3.54) – (3.60) é não linear. Contudo, como se mostra em Liang, Wu, Cook e Zhu (2008), este modelo pode ser linearizado usando as relações seguintes:

$$a'_j = \frac{1}{2} (|\alpha'_j - \bar{\alpha}'| + \alpha'_j - \bar{\alpha}') \quad (3.61)$$

$$b'_j = \frac{1}{2} (|\alpha'_j - \bar{\alpha}'| - (\alpha'_j - \bar{\alpha}')) \quad (3.62)$$

O modelo anterior pode então ser reescrito no seguinte problema de programação linear:

$$\min \quad \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (a'_j + b'_j) \quad (3.63)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 1 \quad (3.64)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{rd} y_{rd} = 1 - \alpha_d^* \quad (3.65)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.66)$$

$$a'_j - b'_j = \alpha'_j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \alpha'_j \quad j = 1, \dots, n \quad (3.67)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.68)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.69)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.70)$$

Os modelos (3.46) – (3.53) e (3.63) – (3.70) procuram então obter um conjunto de pesos associados aos *inputs* e aos *outputs* para os quais os valores das ineficiências são tão similares quanto possível, apesar do último modelo o fazer de uma forma mais direta. Em consequência, este modelo tende a aplicar-se às situações em que o modelo da subsecção anterior pode ser aplicado.

Wang e Chin (2010a) observaram que os modelos propostos por Liang *et al.* (2008) são estabelecidos com base num ponto ideal irrealista que define a melhor eficiência relativa de 1 como alvo de eficiência para cada DMU. Este alvo apenas é realizável para as DMUs eficientes, não o sendo para as ineficientes. Noutros termos, o ponto ideal definido por Liang *et al.* (2008) não é realista porque nem todas as DMUS podem encontrar a sua melhor eficiência relativa no nível 1, pois para as DMUs ineficientes o seu melhor nível de eficiência é inferior a 1. Em consequência, estes autores apresentaram modelos de objetivo secundário em que o alvo de eficiência é realizável por todas DMUs, eficientes e não eficientes. Estes modelos são apresentados na subsecção seguinte.

3.4.2 Modelos de Wang e Chin (2010a)

Nos modelos propostos por Wang e Chin (2010a), o ponto ideal 1, para cada DMU, considerado nos modelos de Liang *et al.* (2008), é substituído pelo ponto ideal para as n DMUs definido por $(E_{11}^*, \dots, E_{mm}^*)$. Com base neste ponto ideal, Wang e Chin (2010a) sugeriram quatro modelos sendo que três desses modelos podem ser vistos como versões melhoradas dos modelos propostos por Liang *et al.* (2008) apresentados na subsecção anterior.

3.4.2.1 Modelo de minimização do desvio total

O modelo de minimização do desvio total a um ponto ideal proposto por Wang e Chin (2010a) é dado por:

$$\min \sum_{j=1}^n \alpha'_j \quad (3.71)$$

$$s. a. \sum_{i=1}^m u_{rd} \left(\sum_{j=1}^n y_{rj} \right) + \sum_{i=1}^m v_{id} \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right) = n \quad (3.72)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{rd} y_{rd} - E_{dd}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 0 \quad (3.73)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - E_{jj}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.74)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.75)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.76)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.77)$$

A restrição (3.72) é incluída no modelo para evitar a solução trivial, isto é, $u_{rd} = 0$ ($r = 1, \dots, s$) e $v_{id} = 0$ ($i = 1, \dots, m$). Esta restrição é fixa e não varia com o alvo de eficiência das DMUs, contrariamente ao que acontece com as restrições $\sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 1$ e $\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rd} = E_{dd}^*$ incluídas nos modelos de Liang *et al.* (2008) para o mesmo efeito e que variam de DMU para DMU. Esta restrição tem um significado benéfico, os pesos das diferentes DMUs encontram a mesma restrição e são então comparáveis.

3.4.2.2 Modelo de minimização do desvio máximo

Wang e Chin (2010a) propuseram também o seguinte modelo de minimização do desvio máximo ou da ineficiência máxima:

$$\min \quad \theta \quad (3.78)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m u_{rd} \left(\sum_{j=1}^n y_{rj} \right) + \sum_{i=1}^m v_{id} \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right) = n \quad (3.79)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{rd} y_{rd} - E_{dd}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 0 \quad (3.80)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - E_{jj}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.81)$$

$$\theta - \alpha'_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.82)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.83)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.84)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.85)$$

3.4.2.3 Modelo de minimização da média dos desvios absolutos

O modelo de minimização da média dos desvios absolutos sugerido por Wang e Chin (2010a) é dado por:

$$\min \quad \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |\alpha'_j - \bar{\alpha}'| \quad (3.86)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m u_{rd} \left(\sum_{j=1}^n y_{rj} \right) + \sum_{i=1}^m v_{id} \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right) = n \quad (3.87)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{rd} y_{rd} - E_{dd}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 0 \quad (3.88)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - E_{jj}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.89)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.90)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.91)$$

$$\alpha'_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.92)$$

Similarmente ao que foi feito com o correspondente modelo proposto em Liang *et al.* (2008), este modelo pode também ser linearizado dando origem ao seguinte modelo de programação linear:

$$\min \quad \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (a'_j + b'_j) \quad (3.93)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m u_{rd} \left(\sum_{j=1}^n y_{rj} \right) + \sum_{i=1}^m v_{id} \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right) = n \quad (3.94)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{rd} y_{rd} - E_{dd}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 0 \quad (3.95)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - E_{jj}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.96)$$

$$a'_j + b'_j = \alpha'_j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \alpha'_j \quad j = 1, \dots, n \quad (3.97)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.98)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.99)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.100)$$

Como se refere em Wang e Chin (2010a), a'_j e b'_j , incluídas no modelo anterior, são variáveis de desvio que não podem ser simultaneamente diferentes de zero pelo que $a'_j \times b'_j = 0$ ($j = 1, \dots, n$).

3.4.2.4 Modelo de minimização da soma dos quadrados dos desvios

Wang e Chin (2010a) propuseram ainda um modelo não linear que consiste na minimização da soma dos quadrados dos desvios ao ponto ideal, dado por:

$$\min \sum_{j=1}^n (\alpha'_j)^2 \quad (3.101)$$

$$s. a. \sum_{i=1}^m u_{rd} \left(\sum_{j=1}^n y_{rj} \right) + \sum_{i=1}^m v_{id} \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right) = n \quad (3.102)$$

$$\sum_{i=1}^m u_{rd} y_{rd} - E_{dd}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{id} = 0 \quad (3.103)$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rd} y_{rj} - E_{jj}^* \sum_{i=1}^m v_{id} x_{ij} + \alpha'_j = 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.104)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.105)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.106)$$

$$\alpha_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3.107)$$

Os modelos apresentados nesta subsecção 3.4.2 são todos benevolentes. Contudo, à exceção do modelo de minimização da média dos desvios absolutos, estes modelos podem facilmente ser transformados em modelos agressivos através da negação da função objetivo, isto é, alterando o sentido de otimização de mínimo para máximo, como se refere em Wang e Chin (2010a).

Então todos os modelos de objetivo secundário apresentados até ao momento, ou são benevolentes ou agressivos. Consequentemente, tais modelos colocam um problema ao decisor, o de decidir quais dos modelos deve utilizar. Por forma a contornar a dificuldade que

um decisor pode ter na escolha entre o modelo agressivo e o modelo benevolente, Wang e Chin (2010b) propuseram um modelo de objetivo secundário neutro que é apresentado na seção seguinte.

3.5. Modelo de objetivo secundário neutro

Neste modelo que, como já se referiu, foi proposto por Wang e Chin (2010b), cada DMU determina os pesos associados aos *inputs* e *outputs* apenas do seu próprio ponto de vista, sem considerar o impacto que podem ter sobre as restantes DMUs em avaliação. Segundo os autores, quando uma DMU tem a oportunidade de escolher os pesos associados aos *inputs* e aos *outputs*, ela deve estar mais preocupada em escolher os pesos que lhe são o mais favoráveis possível do que em ser benevolente ou agressiva com as outras. Com base neste ponto de vista, os autores propuseram o seguinte modelo de objetivo secundário, que denominaram de modelo neutro, para determinar a eficiência cruzada da DMU_d:

$$\max \quad \delta = \min_{r \in \{1, \dots, s\}} \frac{y_{rd} u_{rd}}{\sum_{i=1}^m x_{id} v_{id}} \quad (3.108)$$

$$s. a. \quad \frac{\sum_{r=1}^s y_{rd} u_{rd}}{\sum_{i=1}^m x_{id} v_{id}} = E_{dd}^* \quad (3.109)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rd}}{\sum_{i=1}^m x_{ij} v_{id}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n ; j \neq d \quad (3.110)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.111)$$

$$u_{rd} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.112)$$

No modelo anterior, a função objetivo indica a eficiência do output r da DMU_d. Este modelo pode ser interpretado economicamente como “a DMU_d procura um conjunto de pesos associados aos *inputs* e *outputs* que maximizam a sua eficiência ao mesmo tempo procura que cada output seja tão eficiente quanto possível para produzir suficiente eficiência enquanto individual” (Wang & Chin, 2010).

O modelo anterior é um modelo de programação fracionária que, usando novamente a transformação de Charnes e Cooper (1962), pode ser transformado no seguinte modelo de programação linear:

$$\max \quad \delta \quad (3.113)$$

$$s. a. \quad \sum_{i=1}^m x_{id} v_{id} = 1 \quad (3.114)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rd} u_{rd} = E_{dd}^* \quad (3.115)$$

$$\sum_{r=1}^s y_{rj} u_{rd} - \sum_{i=1}^m x_{ij} v_{id} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n ; j \neq d \quad (3.116)$$

$$y_{rd} u_{rd} - \delta \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad (3.117)$$

$$v_{id} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m \quad (3.118)$$

$$\delta \geq 0 \quad (3.119)$$

Como se referiu, o modelo neutro apresentado anteriormente, determina os pesos associados aos *inputs* e *outputs* de uma DMU_d apenas do seu próprio ponto de vista não se preocupando com as outras DMUs. Isto constitui uma vantagem para o decisor, pois o mesmo não necessita de ter de fazer uma escolha, em geral difícil e com algum grau de subjetividade, entre modelos benevolentes e agressivos. Outra vantagem que os autores apontam a este modelo refere-se ao número de pesos associados aos *outputs* com valor igual a zero que com este modelo tendem a ser reduzido, uma vez que se procura a utilização dos *outputs* tanto quanto possível.

O modelo anterior, assim como os modelos de objetivo secundário apresentados anteriormente nas seções 3.3 e 3.4, permite obter um conjunto de pesos associados aos *inputs* e *outputs* para cada DMU que são em seguida utilizados para determinar a eficiência cruzada. Deste modo são determinados n conjuntos de pesos associados aos *inputs* e *outputs* para n DMUs que são usados para determinar n valores de eficiência para cada DMU, cuja média aritmética permite obter um índice de eficiência cruzada global. No seu trabalho, Wang e Chin (2010b) propuseram ainda uma extensão do seu modelo onde os n conjuntos de pesos associados aos *inputs* e *outputs* são usados para gerar um conjunto de pesos que são a média aritmética dos pesos para as n DMUs e que de seguida são utilizados para calcular os n

valores de eficiência para cada DMU. Os autores estabeleceram assim uma outra forma para avaliação e *ranking* das DMUs que designaram por avaliação de pesos cruzados.

3.6. Vantagens e desvantagens do método da eficiência cruzada

À semelhança do que acontece com os modelos clássicos da DEA, o método da eficiência cruzada, assim como qualquer outro método, tem vantagens e desvantagens. Como vantagens apontam-se as seguintes:

- Faz uma avaliação de conjunto para cada DMU, isto é, inclui a avaliação feita pelos pares além da avaliação feita pela própria;
- Permite estabelecer um *ranking* entre todas as DMUs e deste modo diferenciar as DMUs classificadas de eficientes através dos modelos clássicos da DEA;
- Permite distinguir as DMUs que têm boa e fraca performance;
- Permite uma distribuição mais realista dos pesos associados aos *inputs* e aos *outputs*;
- Não necessita de qualquer informação *a priori* como acontece no método das restrições;
- Permite uma avaliação comparável uma vez que utiliza todos os pesos de todas as DMUs.

Relativamente às desvantagens destacam-se as seguintes:

- Envolve alguma complexidade devido à necessidade de um segundo modelo para a construção da matriz das eficiências cruzadas;
- Qualquer alteração no conjunto das DMUs envolvendo a inclusão ou exclusão de DMUs pode alterar o índice fornecido pelo método da eficiência cruzada, pelo que o método é aconselhável quando é altamente improvável qualquer alteração no número de DMUs;
- Perda de ligação aos pesos associados aos *inputs* e *outputs*.

4. Estudo de um caso prático: Aplicação ao setor segurador

4.1. Introdução

O setor segurador varia consoante o país e o mercado onde se inserem. No entanto, este setor apresenta uma elevada importância para a sociedade. Contribui de forma decisiva para o crescimento e desenvolvimento económico não só no mercado português como para os restantes mercados. Santos (1998), realça esta importância com base no peso económico interno que este setor representa para Portugal e para outros países.

Assim, neste capítulo apresenta-se um estudo prático de aplicação do método da eficiência cruzada e de alguns dos modelos de objetivo secundário apresentados no capítulo anterior ao setor dos seguros. Mais especificamente, utilizando esse método e esses modelos, faz-se uma avaliação do desempenho organizacional a um conjunto de dezanove instituições do setor segurador que operavam em Portugal no ano de 2015. Assim, na seção 4.2 apresentam-se os dados respeitantes aos *inputs* e aos *outputs* e é explanado a forma como esses dados foram obtidos e selecionados. Na seção 4.3, são apresentados os resultados obtidos neste estudo prático bem como uma análise a esses resultados.

4.2. Seleção dos dados e escolha dos modelos

Para a obtenção dos dados utilizados no presente estudo prático, referentes a instituições do setor segurador (portuguesas e estrangeiras), que operavam em Portugal no ano de 2015, recorreu-se à Autoridade de Supervisão de Seguros e Fundos de Pensões (ASF), que é a autoridade responsável pela regulação e supervisão de toda a atividade seguradora em Portugal.

A ASF disponibiliza dados alusivos à atividade seguradora do ramo não vida (todos os seguros que têm objeto, bens patrimoniais e também os seguros pessoais, exceto seguros de vida) e do ramo vida (seguros tradicionais em caso de morte, também denominados de seguros de vida risco, e seguros de capitais). Neste trabalho, optou-se por incidir o presente estudo prático no ramo vida pelo que as instituições selecionadas foram aquelas que, naquele período, exerciam a atividade naquele ramo de seguros em Portugal.

A escolha dos *inputs* e *outputs* têm uma elevada importância para o presente estudo, assim sendo, perante os diversos indicadores disponibilizados pela ASF, foram selecionados para *inputs* os seguintes indicadores:

- Custos de exploração líquidos (*input 1*);
- Custos com sinistros líquidos de resseguro (*input 2*);
- Investimentos líquidos (*input 3*).

Os custos de exploração líquidos são os custos afetos à parte operacional, ou seja, os que a organização incorre por desempenhar a sua atividade. Por custos com sinistros líquidos de resseguro, entendem-se os custos com origem em sinistros (morte, invalidez, entre outros) que não são assegurados novamente, ou seja, são custos que as seguradoras contraem dos seus assegurados. Relativamente aos investimentos líquidos, são os investimentos totais da organização, deduzidos os respetivos custos (por exemplo: despesas de manutenção, reposição de material, desvalorização dos equipamentos e instalações, entre outros).

Relativamente aos outputs, foram selecionados os seguintes indicadores:

- Resultado líquido do exercício (*output 1*);
- Proveitos dos investimentos (*output 2*).

O resultado líquido do exercício remete-nos ao desempenho económico e financeiro de uma seguradora num determinado período de referência, sendo este, o ciclo operacional ou o correspondente a um ano, que resulta da diferença entre os proveitos e os custos, daí a importância deste indicador neste estudo. Por sua vez, os proveitos dos investimentos são proveitos que fluem para a seguradora, provenientes de investimentos realizados pela própria seguradora.

Na tabela 4.1 apresentam-se os dados relativos aos *inputs* e *outputs* selecionados anteriormente, para cada DMU (instituição do setor segurador). Assim, na primeira coluna da tabela identificam-se as instituições seguradoras; nas três colunas seguintes apresentam-se os dados relativos aos *inputs*, enquanto nas duas últimas se apresentam os dados relativos aos *outputs*.

Relativamente aos modelos, foi escolhido o modelo CCR orientado para *inputs* para modelo base do método da eficiência cruzada. Para modelos de objetivo secundário foram utilizados os modelos benevolente e agressivo propostos por Doyle e Green (1994), os modelos benevolentes propostos por Liang, Wu, Cook e Zhu (2008) e o modelo neutro proposto por Wang e Chin (2010b).

Tabela 4.1 – Dados referentes aos *inputs* e aos *outputs* (valores em milhões de euros).

DMUs (Instituições seguradoras)		<i>Input 1</i>	<i>Input 2</i>	<i>Input 3</i>	<i>Output 1</i>	<i>Output 2</i>
01	Aegon Vida	23.846	3.072	58.542	11.366	743
02	Ageas Portugal	11.754	169.876	1.013.327	20.477	37.620
03	Axa Life Europe Limited	79	3.132	14.931	8.517	971
04	BPI Vida e Pensões	26.177	1.233.498	5.915.009	25.503	75.328
05	Cardif Assurances Vie	14.748	1.890	32	10.335	757
06	Crédito Agrícola Vida	15.804	227.268	1.873.004	15.046	72.108
07	España, S.A.	1.139	3.207	61.633	8.500	2.547
08	Eurovida	6.387	201.161	972.639	19.697	11.875
09	Finibanco Vida	1.223	8.365	66.569	9.575	2.736
10	Generali Vida	4.143	20.651	312.395	8.980	10.592
11	Groupama Seguros de Vida	3.075	111.279	438.271	1	13.888
12	Lusitania Vida	7.025	201.599	545.194	11.790	21.890
13	Mapfre Seguros de Vida	5.941	34.913	323.973	8.754	11.710
14	Ocidental	63.336	1.818.271	10.287.765	36.233	120.246
15	Prévoir	3.471	4.120	40.888	8.604	1.970
16	Santander Totta Seguros	29.558	828.732	3.189.135	12.708	125.395
17	T-Vida	9.115	232.981	362.434	10.782	4.946
18	Victoria	6.986	43.373	246.992	8.850	6.337
19	Zurich	7.436	68.131	624.716	20.908	21.528

Fonte: Elaboração própria.

4.3. Resultados e respectiva análise

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos pelo método da eficiência cruzada utilizando os modelos referidos na seção anterior. Para obtenção desses resultados foram usados os *softwares* MaxDEA e o SIAD (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), para obter as soluções ótimas fornecidas pelo modelo CCR orientado para *inputs*, e o módulo de programação linear, assim como o módulo OPL (*Optimization Programming Language*), do pacote *CPLEX Optimization Studio Academic Research 12.5*, para obter as soluções ótimas fornecidas por aquele modelo e também pelos modelos de objetivo secundário usados neste trabalho e referidos na seção anterior.

No que se segue, o modelo CCR orientado para *inputs* resolvido através do *software* MaxDEA será denotado por CCR/MaxDEA, o mesmo acontecendo com o mesmo modelo resolvido através do *software* SIAD que será denotado por CCR/SIAD. Também os modelos de minimização do desvio total, de minimização do desvio máximo e de minimização da média dos desvios absolutos serão denotados por desvio total, desvio máximo e desvios absolutos, respectivamente.

Numa primeira fase, foram obtidos os resultados fornecidos pelo modelo CCR orientado para *inputs*. Esses valores constam da tabela 4.2, onde na primeira coluna da tabela identificam-se as DMUs (instituições seguradoras), na segunda coluna apresentam-se os índices de eficiência obtidos e, por fim, na terceira coluna apresentam-se os correspondentes *rankings*.

De acordo com a referida tabela, verifica-se que existem três instituições com índice de eficiência igual a 1 e, por isso, eficientes, que são a instituição 03 (Axa Life Europe Limited), a 05 (Cardif Assurances Vie) e a 07 (Espana, S.A.). Obviamente que a estas três instituições corresponde o melhor *ranking*, isto é, o *ranking* 1. Mediante estes resultados não é possível diferenciar estas instituições em termos de *ranking*, isto é, verificar qual delas ocupa o *ranking* 1, 2 e 3. Em sentido oposto, verifica-se que a instituição que apresenta um menor valor de eficiência é a instituição 08 (Eurovida) com aproximadamente 0.1889, à qual corresponde naturalmente o pior *ranking*, que neste caso é o *ranking* 19.

Tabela 4.2 – Eficiências obtidas pelo modelo CCR – *Inputs* e respetivos *rankings*.

DMUs (Instituições seguradoras)	CCR	Ranking
01 Aegon Vida	0,6784	10
02 Ageas Portugal	0,6315	11
03 Axa Life Europe Limited	1,0000	1
04 BPI Vida e Pensões	0,2341	16
05 Cardif Assurances Vie	1,0000	1
06 Crédito Agrícola Vida	0,8460	6
07 España, S.A.	1,0000	1
08 Eurovida	0,1889	19
09 Finibanco Vida	0,7816	7
10 Generali Vida	0,9039	5
11 Groupama Seguros de Vida	0,4866	14
12 Lusitania Vida	0,6137	12
13 Mapfre Seguros de Vida	0,7252	9
14 Ocidental	0,2040	18
15 Prévoir	0,9469	4
16 Santander Totta Seguros	0,6027	13
17 T-Vida	0,2066	17
18 Victoria	0,4238	15
19 Zurich	0,7295	8

Fonte: Elaboração própria.

Numa segunda fase utilizaram-se as soluções ótimas fornecidas pelo modelo CCR orientado para *inputs* para construir a matriz das eficiências cruzadas. Como os valores ótimos dos pesos associados aos *inputs* e *outputs* obtidos pelo MaxDEA e pelo SIAD diferem para a DMU 7 (ver apêndices A e B), devido à existência de soluções ótimas alternativas, como foi referido no

capítulo 3, foram construídas duas matrizes de eficiência cruzada, uma usando os pesos ótimos fornecidos pelo MaxDEA e outra usando os fornecidos pelo SIAD. Essas matrizes são apresentadas nos apêndices C e D. Nos apêndices E, F, G, H, I e J apresentam-se as matrizes das eficiências cruzadas obtidas a partir das soluções ótimas fornecidas pelos modelos de objetivo secundário benevolente, agressivo, mínimo desvio total, mínimo desvio máximo, mínimo da média dos desvios absolutos e neutro, respetivamente.

Na tabela 4.3 apresentam-se os valores (médios) da eficiência cruzada para cada seguradora obtidos a partir das matrizes das eficiências cruzadas referidas anteriormente. Na primeira coluna dessa tabela identificam-se novamente as instituições seguradoras. Nas segunda e terceira colunas apresentam-se os valores de eficiência cruzada, calculados a partir dos pesos ótimos fornecidos pelo modelo CCR orientado para *inputs* usando os *softwares* MaxDEA e SIAD, respetivamente. Nas seis colunas seguintes apresentam-se os valores da eficiência cruzada calculados a partir dos pesos ótimos obtidos pelos modelos de objetivo secundário referidos anteriormente.

Da observação da tabela, verifica-se que os valores da eficiência cruzada obtidos com base nos pesos ótimos fornecidos pelo modelo CCR orientado para *inputs* através dos *softwares* MaxDEA e SIAD são diferentes, como era esperado, uma vez que esses *softwares* forneceram soluções ótimas diferentes para a seguradora 07 (Espanña, S.A.), como já foi referido.

Verifica-se que existe uma única instituição com valor de eficiência cruzada igual a 1, que é a seguradora 03 (Axa Life Europe Limited), obtido a partir dos pesos ótimos fornecidos pelo modelo CCR através do MaxDEA e dos modelos de objetivo secundário benevolentes. Tal significa que, usando estes modelos, esta seguradora é eficiente tanto na autoavaliação que faz como nas avaliações feitas pelas restantes seguradoras. Já os resultados obtidos a partir dos pesos ótimos fornecidos pelo modelo CCR usando o SIAD e pelos modelos de objetivo secundário agressivo e neutro não permitem identificar qualquer instituição que seja considerada eficiente por todas as seguradoras. Contudo, tais resultados mostram também que os maiores valores de eficiência cruzada são obtidos igualmente pela seguradora 03 (Axa Life Europe Limited). Neste caso, esta seguradora não é avaliada como eficiente pela seguradora 07 (Espanña, S.A.) usando o modelo CCR através do SIAD, pela seguradora 17 (I-Vida) usando o modelo agressivo e pela seguradora 05 (Cardif Assurances Vie) usando o modelo neutro.

Tabela 4.3 – Valores (médios) das eficiências cruzadas obtidos através do CCR e de modelos de objetivo secundário.

DMUs (Instituições seguradoras)	Modelos							
	CCR/MaxDEA	CCR/SIAD	Benevolente	Agressivo	Desvio Total	Desvio Máximo	Desvios Absolutos	Neutro
01 Aegon Vida	0,1825	0,2054	0,1594	0,1676	0,2066	0,1839	0,1848	0,1836
02 Ageas Portugal	0,4964	0,4670	0,4933	0,5131	0,5283	0,5241	0,5253	0,4870
03 Axa Life Europe Limited	1,0000	0,9999	1,0000	0,9957	1,0000	1,0000	1,0000	0,9475
04 BPI Vida e Pensões	0,1694	0,1599	0,1697	0,1751	0,1794	0,1798	0,1797	0,1668
05 Cardif Assurances Vie	0,7443	0,7439	0,6411	0,6920	0,7443	0,6425	0,6440	0,7443
06 Crédito Agrícola Vida	0,5995	0,5638	0,6045	0,6208	0,6386	0,6491	0,6457	0,5892
07 España, S.A.	0,7952	0,7952	0,7863	0,8049	0,8719	0,8719	0,8719	0,7930
08 Eurovida	0,1616	0,1539	0,1610	0,1656	0,1697	0,1692	0,1694	0,1579
09 Finibanco Vida	0,6184	0,6004	0,6033	0,6233	0,6552	0,6436	0,6467	0,6028
10 Generali Vida	0,6122	0,5825	0,6170	0,6310	0,6564	0,6691	0,6649	0,6041
11 Groupama Seguros de Vida	0,3681	0,3458	0,3658	0,3809	0,3913	0,3868	0,3880	0,3637
12 Lusitania Vida	0,3830	0,3613	0,3759	0,3923	0,4037	0,3919	0,3948	0,3789
13 Mapfre Seguros de Vida	0,5362	0,5049	0,5300	0,5542	0,5742	0,5654	0,5678	0,5258
14 Ocidental	0,1617	0,1523	0,1621	0,1672	0,1717	0,1727	0,1723	0,1590
15 Prévoir	0,6367	0,6249	0,5870	0,6361	0,6877	0,6214	0,6297	0,6205
16 Santander Totta Seguros	0,4429	0,4159	0,4388	0,4582	0,4709	0,4630	0,4652	0,4373
17 T-Vida	0,1037	0,0993	0,0996	0,1016	0,1047	0,1006	0,1014	0,1015
18 Victoria	0,3123	0,2947	0,3025	0,3204	0,3321	0,3176	0,3209	0,3047
19 Zurich	0,5437	0,5152	0,5440	0,5602	0,5798	0,5838	0,5826	0,5336

Fonte: Elaboração própria.

A instituição seguradora com pior valor de eficiência cruzada é a seguradora 17 (T-Vida) que obtém o pior valor em todos os modelos utilizados, seguida pela seguradora 08 (Eurovida).

Para se ter uma ideia das diferenças entre os modelos utilizados neste estudo prático, apresentam-se, na tabela 4.4, a média dos valores da eficiência cruzada relativamente às dezanove seguradoras.

Tabela 4.4 – Valores médios das eficiências cruzadas obtidas pelos diversos modelos.

Modelos	Média das eficiências cruzadas
CCR/MaxDEA	0,4667
CCR/SIAD	0,4519
Benevolente	0,4549
Agressivo	0,4716
Desvio total	0,4930
Desvio máximo	0,4809
Desvios absolutos	0,4818
Neutro	0,4580

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a tabela anterior, o modelo de desvio total, seguido dos modelos de desvios absolutos e desvio máximo, isto é, os modelos de objetivo secundário benevolentes, propostos por Liang, Wu, Cook e Zhu (2008), são os que, em termos médios, permitem obter maiores valores para a eficiência cruzada. Por outro lado, os modelos que, em termos médios, permitem obter menores valores para a referida eficiência são o modelo CCR/SIAD seguido dos modelos benevolente e neutro. De referir que a média da eficiência obtida pelo modelo CCR orientado para *inputs* é de 0,6423.

Uma análise mais facilitada pode ser feita através de *rankings* com base nos resultados apresentados anteriormente. Assim, na tabela 4.5, cuja estrutura é idêntica à da tabela 4.3, apresentam-se os *rankings* correspondentes aos resultados apresentados nessa tabela. De referir que esses *rankings* variam entre 1 e 19, sendo que o *ranking* 1 corresponde à seguradora com maior índice de eficiência cruzada, enquanto o *ranking* 19 corresponde à seguradora com menor índice de eficiência cruzada.

Tabela 4.5 – *Rankings* das eficiências cruzadas obtidos através do modelo CCR e de modelos de objetivo secundário.

DMUs (Instituições seguradoras)	Modelos							
	CCR/MaxDEA	CCR/SIAD	Benevolente	Agressivo	Desvio Total	Desvio Máximo	Desvios Absolutos	Neutro
01 Aegon Vida	15	15	18	16	15	15	15	15
02 Ageas Portugal	10	10	10	10	10	10	10	10
03 Axa Life Europe Limited	1	1	1	1	1	1	1	1
04 BPI Vida e Pensões	16	16	15	15	16	16	16	16
05 Cardif Assurances Vie	3	3	3	3	3	6	6	3
06 Crédito Agrícola Vida	7	7	5	7	7	4	5	7
07 España, S.A.	2	2	2	2	2	2	2	2
08 Eurovida	18	17	17	18	18	18	18	18
09 Finibanco Vida	5	5	6	6	6	5	4	6
10 Generali Vida	6	6	4	5	5	3	3	5
11 Groupama Seguros de Vida	13	13	13	13	13	13	13	13
12 Lusitania Vida	12	12	12	12	12	12	12	12
13 Mapfre Seguros de Vida	9	9	9	9	9	9	9	9
14 Ocidental	17	18	16	17	17	17	17	17
15 Prévoir	4	4	7	4	4	7	7	4
16 Santander Totta Seguros	11	11	11	11	11	11	11	11
17 T-Vida	19	19	19	19	19	19	19	19
18 Victoria	14	14	14	14	14	14	14	14
19 Zurich	8	8	8	8	8	8	8	8

Fonte: Elaboração própria.

Da observação da tabela 4.5, verifica-se que existem dez seguradoras cujos *rankings* são comuns em todos os modelos acima mencionados, sendo essas as seguradoras:

- 02 (Ageas Portugal) com *ranking* 10;
- 03 (Axa Life Europe Limited) com *ranking* 1;
- 07 (Espanña) com *ranking* 2;
- 11 (Groupama Seguros de Vida) com *ranking* 13;
- 12 (Lusitania Vida) com *ranking* 12;
- 13 (Mapfre Seguros de Vida) com *ranking* 9;
- 16 (Santander Totta Seguros) com *ranking* 11;
- 17 (T-Vida) com *ranking* 19;
- 18 (Victoria) com *ranking* 14;
- 19 (Zurich) com *ranking* 8.

A maior diferença de *ranking* entre os diversos modelos é de 3 e verifica-se em cinco seguradoras:

- 01 (Aegon Vida) com seis *rankings* de 15, um de 16 e um de 18;
- 05 (Cardif Assurances Vie) com seis *rankings* de 3 e dois de 6;
- 06 (Crédito Agrícola Vida) com um *ranking* de 4, dois de 5 e cinco de 7;
- 10 (Generali Vida) com dois *rankings* de 3, um de 4, três de 5 e dois de 6;
- 15 (Prévoir) com cinco *rankings* de 4 e três de 7;

Com uma diferença de *ranking* de 2 entre todos os modelos existem duas seguradoras:

- 09 (Finibanco Vida) com um *ranking* de 4, três de 5 e quatro de 6;
- 14 (Ocidental) com um *ranking* de 16, seis de 17 e um de 18;

Finalmente, com uma diferença de *ranking* de 1 entre todos os modelos existem também duas seguradoras:

- 04 (BPI Vida e Pensões) com dois *rankings* de 15 e seis de 16;
- 08 (Eurovida) com dois *rankings* de 17 e seis de 18;

Ainda, da observação da tabela 4.5, constata-se que as instituições que detêm um melhor *ranking*, são a instituição 03 (Axa Life Europe Limited) e a instituição 07 (Espanña, S.A.), que apresentam *rankings* 1 e 2, respetivamente, em todos os modelos considerados. Em sentido oposto, as seguradoras que têm pior *ranking* são a seguradora 17 (T-Vida), que possui *rankings* 19 em todos os modelos, seguida da seguradora 08 (Eurovida) que possui *ranking* 18 em todos

os modelos com exceção dos modelos CCR através do SIAD e benevolente onde apresenta um *ranking* de 17.

Em termos médios, para além das seguradoras 03 (Axa Life Europe Limited) e 07 (Espana, S.A.), o top 5 das seguradoras com melhor *ranking* integra ainda as seguradoras 05 (Cardif Assurances Vie), 10 (Generali Vida) e 15 (Prévoir) que ocupam o terceiro, quarto e quinto lugares, respetivamente. Em contrapartida, o top 5 das seguradoras com pior *ranking*, em termos médios, é constituído pelas seguradoras 17 (T-Vida) e 08 (Eurovida), referidas anteriormente que ocupam os lugares dezanove e dezoito, respetivamente, e pelas seguradoras 14 (Occidental), 04 (BPI Vida e Pensões) e 01 (Aegon Vida), que ocupam os lugares dezassete, dezasseis e quinze, respetivamente.

As diferenças relativas aos *rankings* apresentados na tabela 4.4 podem ser mais facilmente observadas através do gráfico apresentado na figura 4.1. Da observação desse gráfico verifica-se que para as seguradoras em que existe variação de *ranking*, não existe um modelo que produza melhor ou pior *ranking* que os outros. Por exemplo, o modelo benevolente é o que produz melhor *ranking* para a seguradora 01 (Aegon Vida), para a 09 (Finibanco Vida), conjuntamente com os modelos agressivo e de desvio total, e para a 15 (Prévoir) conjuntamente como os modelos de desvio máximo e de desvios absolutos; contudo, este modelo é que produz pior *ranking* para as seguradoras 14 (Occidental), para a 04 (BPI Vida e Pensões), conjuntamente com o modelo agressivo, e para a 08 (Eurovida), conjuntamente com o modelo CCR usando o SIAD.

A observação do gráfico permite ainda verificar que as seguradoras onde existe mais irregularidade de *rankings* obtidos pelos diversos modelos são as seguradoras 06 (Crédito Agrícola Vida), com seis níveis de *ranking*, a 09 (Finibanco Vida) e a 10 (Generali Vida) onde existem cinco níveis de *ranking*. Com três níveis de *ranking* existem duas seguradoras, a 01 (Aegon Vida) e a 14 (Occidental). Com dois níveis de *ranking* existem quatro, a 04 (BPI Vida e Pensões), a 05 (Cardif Assurances), a 08 (Eurovida) e a 15 (Prévoir). As restantes dez apenas apresentam apenas um nível de *ranking* como já foi referido anteriormente. De realçar as diferenças de *ranking* relativas aos modelos benevolentes.

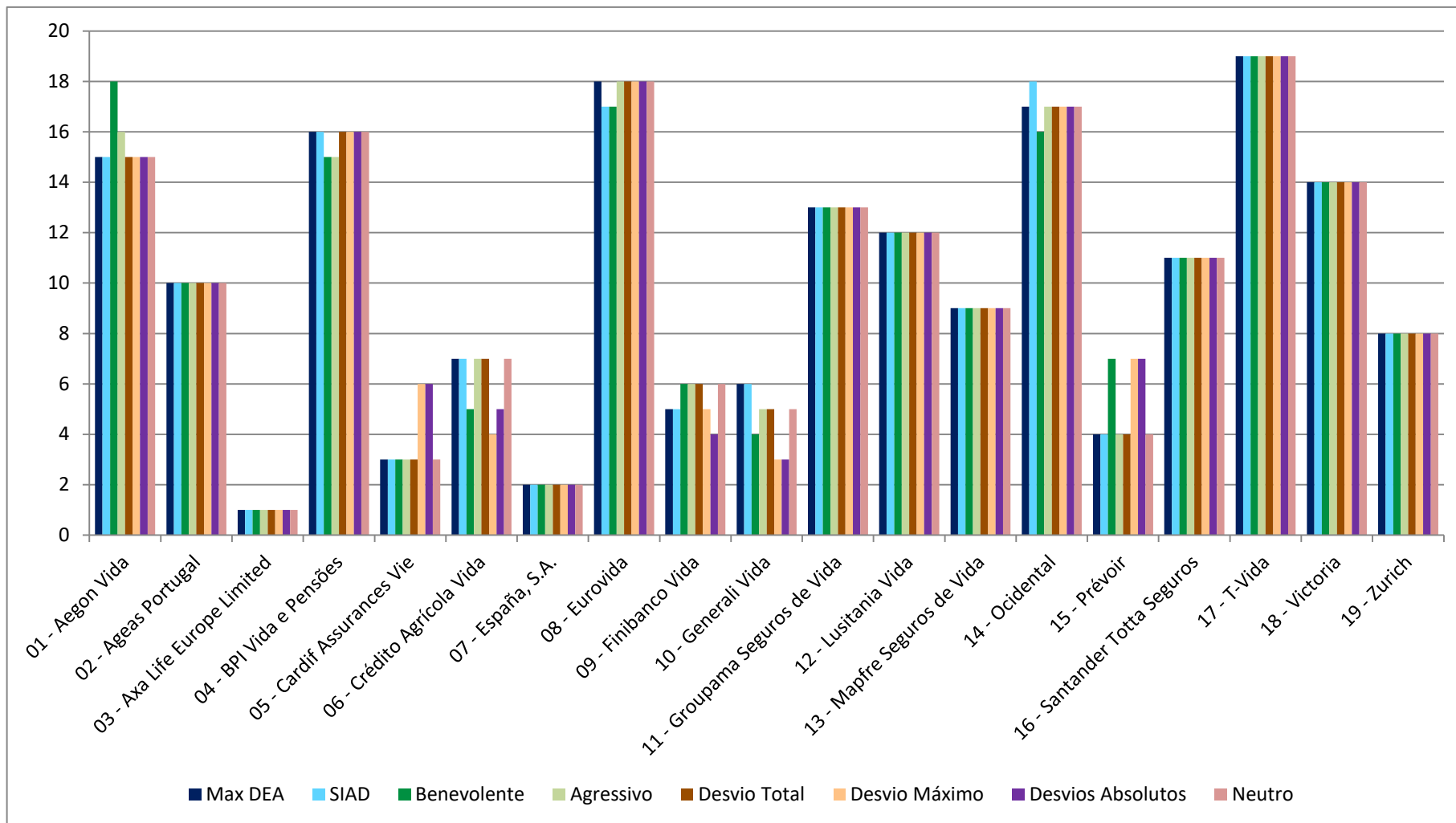


Figura 4.1 – *Rankings* de eficiência obtidos através das médias da eficiência cruzada.
Fonte: Elaboração própria.

Por forma a ter uma ideia mais precisa acerca da diferença entre, a autoavaliação realizada por uma seguradora e a avaliação realizada pelos pares, foi calculado o índice *maverik* para cada seguradora e para cada modelo utilizado. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 4.6, onde, mais uma vez, na primeira coluna são identificadas as instituições seguradoras e nas restantes colunas são apresentados os índices *maverik* obtidos através dos modelos usados neste estudo prático.

Da leitura da tabela, verifica-se que existe uma seguradora, a 01 (Aegon Vida) que se destaca das restantes com um índice *maverik*, em termos médios, igual a 3,37 e, por isso, é a seguradora mais *maverik*. De seguida, surge a seguradora 17 (T-Vida) com um índice de *maverik*, em média, igual a 1,16. Seguem-se as seguradoras 12 (Lusitania Vida) e 15 (Prévoir) que apresentam, em média, um índice de *maverik* igual a 0,65 e a 0,55, respetivamente. As restantes quinze seguradoras apresentam um índice de *maverik* inferior a 0,5.

A seguradora que, em termos médios, apresenta mais baixo índice *maverik* é a seguradora 03 (Axa Life Europe Limited) com um índice inferior a 0,01. Isto significa que o valor de eficiência obtido na autoavaliação e os valores de eficiência obtidos na avaliação pelos pares estão muito próximos. O segundo índice de *maverik* mais baixo, em termos médios, de valor igual a 0,17 é apresentado pela seguradora 08 (Eurovida), enquanto o terceiro mais baixo é apresentado pela seguradora 07 (Espana, S.A.) com um valor médio igual a 0,23.

O maior índice *maverik*, apresentado pela seguradora 01 (Aegon Vida), informa que é nesta seguradora que existem maior diferença entre o valor de eficiência obtidos pela autoavaliação e a média dos valores de eficiência obtidos na avaliação feita pelas restantes seguradoras.

Tabela 4.6 – Índice *maverik*, obtidos através do CCR e de modelos de objetivo secundário.

DMUs (Instituições seguradoras)	Modelos							
	CCR/MaxDEA	CCR/SIAD	Benevolente	Agressivo	Desvio Total	Desvio Máximo	Desvios Absolutos	Neutro
01 Aegon Vida	3,3788	2,7873	4,1972	3,8746	2,7601	3,3359	3,3119	3,3456
02 Ageas Portugal	0,2915	0,3792	0,3003	0,2467	0,2084	0,2189	0,2158	0,3183
03 Axa Life Europe Limited	0,0000	0,0001	0,0000	0,0045	0,0000	0,0000	0,0000	0,0587
04 BPI Vida e Pensões	0,4118	0,5028	0,4091	0,3629	0,3277	0,3241	0,3252	0,4357
05 Cardif Assurances Vie	0,3698	0,3705	0,6099	0,4818	0,3698	0,6059	0,6019	0,3698
06 Crédito Agrícola Vida	0,4440	0,5434	0,4311	0,3907	0,3490	0,3255	0,3331	0,4715
07 España, S.A.	0,2759	0,2759	0,2913	0,2594	0,1563	0,1563	0,1563	0,2797
08 Eurovida	0,1805	0,2437	0,1851	0,1499	0,1206	0,1237	0,1228	0,2098
09 Finibanco Vida	0,2827	0,3240	0,3171	0,2720	0,2058	0,2292	0,2228	0,3185
10 Generali Vida	0,5166	0,6009	0,5039	0,4678	0,4066	0,3777	0,3872	0,5388
11 Groupama Seguros de Vida	0,3461	0,4399	0,3550	0,2976	0,2606	0,2764	0,2720	0,3636
12 Lusitania Vida	0,6580	0,7673	0,6922	0,6151	0,5655	0,6170	0,6041	0,6777
13 Mapfre Seguros de Vida	0,3795	0,4718	0,3967	0,3314	0,2816	0,3030	0,2970	0,4089
14 Ocidental	0,2805	0,3656	0,2768	0,2351	0,2010	0,1938	0,1960	0,3039
15 Prévoir	0,5287	0,5599	0,6699	0,5301	0,4064	0,5697	0,5471	0,5719
16 Santander Totta Seguros	0,3886	0,4864	0,4026	0,3390	0,3001	0,3239	0,3174	0,4078
17 T-Vida	1,1083	1,2141	1,2073	1,1571	1,0862	1,1822	1,1613	1,1604
18 Victoria	0,3845	0,4738	0,4330	0,3469	0,2962	0,3595	0,3447	0,4219
19 Zurich	0,3676	0,4495	0,3668	0,3244	0,2763	0,2670	0,2699	0,3955

Fonte: Elaboração própria.

Na tabela 4.7, apresentam-se os valores médios do índice de *maverik* para cada modelo utilizado relativos às dezanove seguradoras.

Tabela 4.7 – Valores médios do índice de *maverik* obtidos pelos diversos modelos.

Modelos	Média das eficiências cruzadas
CCR/MaxDEA	0,5575
CCR/SIAD	0,5924
Benevolente	0,6340
Agressivo	0,5625
Desvio total	0,4515
Desvio máximo	0,5153
Desvios absolutos	0,5098
Neutro	0,5820

Fonte: Elaboração própria.

Da observação da tabela 4.7, verifica-se que o modelo com o maior valor médio do índice *maverik* é o modelo benevolente, enquanto que o modelo que apresenta menor valor médio é o do desvio total.

5. Conclusões

As organizações têm sido alvo de constantes alterações de mercado, decorrentes das mudanças socioeconómicas e tecnológicas. Deste modo, origina-se assim uma forte procura de novas formas de gestão, permitindo que as organizações consigam adaptar-se a um mercado cada vez mais competitivo. Estas alterações de mercado, por vezes, provocam a necessidade de os gestores mudarem a forma de avaliar o desempenho da sua organização, desta forma, é realizada uma análise mais focada e detalhada em cada área de negócio da organização.

Estas exigências de mercado, revelam que a avaliação do desempenho organizacional é, em geral, um dos aspetos chave das organizações. Assim, revela-se importante proceder a este tipo de avaliação não só no setor segurador como em qualquer outro setor. Por vezes, a avaliação do desempenho torna-se inadequada quando se estabelecem medidas de avaliação baseadas apenas em indicadores financeiros, enunciando assim, a necessidade de adotar outras medidas de avaliação.

Nos últimos anos, as organizações têm vindo a focar-se em indicadores não financeiros que possibilitam uma visão mais global ao nível da análise da organização, tais como a satisfação do cliente, a inovação e o crescimento. Existem inúmeras ferramentas utilizadas para a avaliação do desempenho. No meio organizacional a metodologia DEA tem sido muito utilizada, visto que esta pode utilizar qualquer tipo de indicadores.

A metodologia DEA permite aferir o desempenho da eficiência das organizações, sendo que as que apresentam um melhor índice de desempenho, podem ser utilizadas como *benchmarking* para as outras organizações, enquanto as que têm um resultado de desempenho inferior devem proceder a ajustamentos nos seus *inputs* ou *outputs*. Apesar das suas potencialidades, esta metodologia também apresenta diversas limitações relativamente aos modelos clássicos. Assim, surgiram novos métodos e modelos de forma a conseguir ultrapassar tais limitações.

Um desses métodos é o método da eficiência cruzada, normalmente conhecido por *Cross efficiency*. Este método consiste em combinar a autoavaliação com a avaliação feita por pares, permitindo *rankings* entre as DMUs, o que se revela importante principalmente quando existem várias DMUs classificadas como eficientes pelos modelos clássicos.

O método da eficiência cruzada baseado nos modelos clássicos pode não revelar-se útil devida à frequente existência de soluções ótimas alternativas fornecidas por esses modelos. Por forma

a ultrapassar esta dificuldade, vários modelos de objetivo secundário têm sido propostos.

De forma a obter uma ideia mais precisa do resultado deste método e de alguns dos modelos de objetivo secundário, foi feita uma aplicação prática a um conjunto de dezanove instituições do setor segurador do ramo vida que operavam em Portugal em 2015, permitindo assim a realização da avaliação de desempenho destas instituições.

Neste estudo, o modelo clássico da DEA utilizado foi o modelo CCR com orientação para *inputs*. Numa primeira fase, foi calculada a eficiência do modelo CCR orientado para *inputs*, assim como, a elaboração de um *ranking* para facilitar a leitura dos resultados anteriormente obtidos. De seguida, e tendo como base este modelo, foi calculado o valor médio da eficiência cruzada das instituições seguradoras obtidos pelas matrizes das eficiências cruzadas.

Para o estudo dos resultados das médias das eficiências cruzadas, foi utilizado o modelo CCR orientado para *inputs* através da utilização de dois *softwares* (MaxDEA e SIAD). Foram utilizados os dois *softwares* devido ao facto da existência de soluções ótimas alternativas numa das instituições, que inevitavelmente provocam diferenças aquando da obtenção dos valores médios da eficiência cruzada. Foram ainda utilizados os modelos de objetivo secundário benevolente, agressivo, desvio total, desvio máximo e desvios absolutos.

De forma a possibilitar uma melhor leitura e compreensão dos resultados obtidos foi elaborado um ranking e o respetivo gráfico, onde são notórias as existências de algumas variações nos resultados obtidos pelos diferentes modelos. Em cerca de metade das instituições, os resultados relativamente aos *rankings* fornecidos pelos diversos modelos são iguais.

Por último, foi elaborado um índice de *maverik* para cada seguradora e respetivos modelos, de modo a poder ter-se uma ideia da diferença mais precisa entre a autoavaliação realizada por cada seguradora, e a avaliação realizada feita pelos pares. Verificou-se que, mais de metade das seguradoras em estudo apresentam um índice de *maverik* baixo, isto é, a diferença entre a autoavaliação e a avaliação feita pelos pares é pequena.

Referências bibliográficas

- Adler, N., Friedman, L., & Sinuany-Stern, Z. (2002). Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European journal of operational research*, 140(2), 249-265.
- Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R. G., & Thanassoulis, E. (1997). Weights restrictions and value judgements in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. *Annals of Operations Research*, 73, 13-34.
- Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management science*, 39(10), 1261-1264.
- Angulo-Meza, L., & Lins, M. P. E. (2002). Review of methods for increasing discrimination in data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, 116(1), 225-242.
- Atkinson, A. A., Waterhouse, J. H., & Wells, R. B. (1997). A stakeholder approach to strategic performance measurement. *Sloan management review*, 38(3), 25.
- Autoridade de Supervisão de Seguros e Fundos de Pensões. (2016). Dados estatísticos e contabilísticos da atividade seguradora em Portugal, sob supervisão prudencial da ASF. In: <http://www.asf.com.pt/NR/exeres/34CBFBFE-40B5-4ECF-AA75-5934E13A57E4.htm>, consultado a 28 de Dezembro de 2016.
- Barros, C. P., Barroso, N., & Borges, M. R. (2005). Evaluating the efficiency and productivity of insurance companies with a Malmquist index: A case study for Portugal. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 30(2), 244-267.
- Binnensley, M. (1996). Do you measure up?. *Management accounting-London-*, 74, 32-35.
- Bonelil, R., Fleury, P. F., & Fritsch, W. (1994). Indicadores microeconômicos do desempenho competitivo. *Revista de Administração de São Paulo*, 29(2).
- Brown, M. G. (1996). *Keeping score: Using the right metrics to drive world-class performance*. AMACOM Div American Mgmt Assn.
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1962). Programming with linear fractional functional. *Naval Research Logistics (NRL)*, 9.
- Charnes, A., Cooper, W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.
- Chiavenato, I. (2004). *Gestão de Pessoas (2 ed.)*. Rio de Janeiro: Elsevier.

- Comissão de estudos da tributação das instituições e produtos financeiros. (1999).
- Cook, W. D., & Zhu, J. (2015). DEA Cobb–Douglas frontier and cross-efficiency. *Journal of the Operational Research Society*, 65 (2), 265–268.
- Cooper, C. L. (2005). The future of work: careers, stress and well-being. *Career Development International*, 10(5), 396-399.
- Cooper, W. W. (2011). Seiford, L. M. and Tone, K. (2000) *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*.
- Cooper, W.; Seiford, L.; Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA – Solver software*. New York: Springer Science + Business Média.
- Cummins, J. D., & Turchetti, G. (1996). *Productivity and technical efficiency in the Italian insurance industry* (No. 96-10). Wharton School Center for Financial Institutions, University of Pennsylvania.
- Doyle, J. & Green, R. (1994). Efficiency and cross-efficiency in DEA: derivations, meanings and uses. *Journal of the Operations Research Society*, 45 (5), pp. 567–578.
- Dutra, A. (2003). Metodologia para avaliar e aperfeiçoar o desempenho organizacional: incorporando a dimensão integrativa à MCDA construtivista-sistêmico-sinérgica.
- Epstein, M. J., & Manzoni, J. F. (1997). The balanced scorecard and tableau de bord: translating strategy into action. *Strategic Finance*, 79(2), 28.
- Farrell, M. (1957). The measurement of productivity efficiency. *Journal of Royal Statistical Society*, 120, pp. 253-290.
- Fortuin, L. (1988). Performance indicators—why, where and how?. *European journal of operational research*, 34(1), 1-9.
- Ghalayini, A. M., & Noble, J. S. (1996). The changing basis of performance measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(8), 63-80.
- Gregory, M. J. (1993). Integrated performance measurement: a review of current practice and emerging trends. *International journal of production economics*, 30, 281-296.
- Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European journal of operational research*, 185(1), 418-429.

- Kaplan, R. S. (1984). The evolution of management accounting. In *Readings in accounting for management control* (pp. 586-621). Springer US.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The balanced scorecard: translating strategy into action*. Harvard Business Press.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2000). Having trouble with your strategy? Then map it. *Focusing Your Organization on Strategy—with the Balanced Scorecard*, 49.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2005). *The balanced scorecard: measures that drive performance*. Harvard Business School Publishing.
- Kennerley, M., & Neely, A. (2002). Performance measurement frameworks: a review. *Business performance measurement: Theory and practice*, 145-155.
- Li, X. B., & Reeves, G. R. (1999). A multiple criteria approach to data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 115(3), 507-517.
- Liang, L., Wu, J., Cook, W. D., & Zhu, J. (2008). Alternative secondary goals in DEA cross-efficiency evaluation. *International Journal of Production Economics*, 113(2), 1025-1030.
- Macedo, M., Silva, F. & Santos, R. (2006). Análise do Mercado de Seguros no Brasil: uma visão do desempenho organizacional das seguradoras no ano de 2003. *Revista Contabilidade & Finanças*. Edição Especial – Atuária.
- Mahlberg, B., & Url, T. (2003). Effects of the single market on the Austrian insurance industry. *Empirical Economics*, 28(4), 813-838.
- Martins, R. A. (1999). *Sistemas de medição de desempenho: um modelo para estruturação do uso* (Doctoral dissertation).
- Mejía Gómez. (2002). *Dirección y gestión de recursos humanos* (Y. M. López, Trans.3 ed.). Madrid: Prentice Hall.
- Neely, A. (1998), *Measuring Business Performance, The Economist in Association with Profile Books*, London.
- Neely, A. (1999). The performance measurement revolution: why now and what next?. *International journal of operations & production management*, 19(2), 205-228.
- Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (1995). Performance measurement system design: a literature review and research agenda. *International journal of operations & production management*, 15(4), 80-116.

- Neely, A., Mills, M., Bourne, M., & Kennerley, M. (2000). Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(10), 1119-1145.
- Peretti, J. (2001). *Recursos Humanos* (3ª Ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- Sabeen, Z., & Mehbob, A. (2008). Perceived fairness of and satisfaction with employee performance appraisal and its impact on overall job satisfaction. *The Business Review, Cambridge*, 10(2), 185-191.
- Santori, P. R., & Anderson, A. D. (1987). Manufacturing performance in the 1990s: measuring for excellence. *Journal of Accountancy*, 164(5), 141.
- Santos, R. F. D. (1998). Conservação e gestão dos recursos naturais: textos de orientação. São Paulo: Editora da UNICAMP.
- Sexton TR, Silkman RH and Hogan AJ (1986). Data envelopment analysis: Critique and extensions. In: Silkman RH (ed). *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. Jossey-Bass: San Francisco, Issue 32, pp 73–105.
- Sink, D. S. (1991). The role of measurement in achieving world class quality and productivity management. *Industrial Engineering*, 23(6), 23.
- Streeter, L. A., Kraut, R. E., Lucas Jr, H. C., & Caby, L. (1996). How open data networks influence business performance and market structure. *Communications of the ACM*, 39(7), 62-73.
- Talluri, S., & Sarkis, J. (1997). Extensions in efficiency measurement of alternate machine component grouping solutions via data envelopment analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 44(3), 299-304.
- Toni, A., & Tonchia, S. (2001). Performance measurement systems-models, characteristics and measures. *Internacional Journal of Operations & Production Management*, 21 (1/2).
- Vale, P. (2014). *Associação Portuguesa de Seguradoras*. In: Panorama do Mercado Segurador 13/14.
- Van Schalkwyk, J. C. (1998). Total quality management and the performance measurement barrier. *The TQM Magazine*, 10(2), 124-131.
- Walsh, P. (1996). Finding key performance drivers: Some new tools. *Total Quality Management*, 7(5), 509-520.
- Wang, Y. M., Chin, K. S., (2010a). Some alternative models for DEA cross-efficiency evaluation. *International Journal of Production Economics*, 128 (1), 332-338.

- Wang, Y. M., Chin, K. S., (2010b). A neutral DEA model for cross-efficiency evaluation and its extension. *Expert Systems with Applications*, 37, 3666-3675.
- Watling, B. (2000). *Avaliação de recursos humanos ajude a sua equipa a obter os resultados que ambos ambicionam*. Lisboa: Prefácio.
- Yang, Z. (2006). A two-stage DEA model to evaluate the overall performance of Canadian life and health insurance companies. *Mathematical and Computer Modelling*, 43 (7–8), pp. 910–919.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Pesos obtidos pelo *software* Max DEA

DMUs (Instituições do setor segurador)		Pesos				
		<i>Input</i> 1	<i>Input</i> 2	<i>Input</i> 3	<i>Output</i> 1	<i>Output</i> 2
01	Aegon Vida	0,00002	0,00016	0,00000	0,00006	0,00000
02	Ageas Portugal	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002
03	Axa Life Europe Limited	0,00008	0,00000	0,00007	0,00012	0,00000
04	BPI Vida e Pensões	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
05	Cardif Assurances Vie	0,00007	0,00000	0,00005	0,00010	0,00000
06	Crédito Agrícola Vida	0,00002	0,00000	0,00000	0,00000	0,00001
07	España, S.A.	0,00001	0,00006	0,00001	0,00000	0,00039
08	Eurovida	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002
09	Finibanco Vida	0,00001	0,00004	0,00001	0,00000	0,00029
10	Generali Vida	0,00013	0,00002	0,00000	0,00000	0,00009
11	Groupama Seguros de Vida	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00004
12	Lusitania Vida	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00003
13	Mapfre Seguros de Vida	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00006
14	Ocidental	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
15	Prévoir	0,00002	0,00007	0,00002	0,00000	0,00048
16	Santander Totta Seguros	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
17	T-Vida	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00004
18	Victoria	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00007
19	Zurich	0,00005	0,00001	0,00000	0,00000	0,00003

APÊNDICE B – Pesos obtidos pelo *software* SIAD

DMUs (Instituições do setor segurador)	Pesos				
	<i>Input</i> 1	<i>Input</i> 2	<i>Input</i> 3	<i>Output</i> 1	<i>Output</i> 2
01 Aegon Vida	0,00002	0,00016	0,00000	0,00006	0,00000
02 Ageas Portugal	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002
03 Axa Life Europe Limited	0,00008	0,00000	0,00007	0,00012	0,00000
04 BPI Vida e Pensões	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
05 Cardif Assurances Vie	0,00007	0,00000	0,00005	0,00010	0,00000
06 Crédito Agrícola Vida	0,00002	0,00000	0,00000	0,00000	0,00001
07 España, S.A.	0,00004	0,00030	0,00000	0,00011	0,00004
08 Eurovida	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002
09 Finibanco Vida	0,00001	0,00004	0,00001	0,00000	0,00029
10 Generali Vida	0,00013	0,00002	0,00000	0,00000	0,00009
11 Groupama Seguros de Vida	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00004
12 Lusitania Vida	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00003
13 Mapfre Seguros de Vida	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00006
14 Ocidental	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
15 Prévoir	0,00002	0,00007	0,00002	0,00000	0,00048
16 Santander Totta Seguros	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
17 T-Vida	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00004
18 Victoria	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00007
19 Zurich	0,00005	0,00001	0,00000	0,00000	0,00003

APÊNDICE C – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo *CCR-Inputs* através do *software* MaxDEA

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
2	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
3	0,2280	0,0352	1,0000	0,0076	1,0000	0,0140	0,2379	0,0354	0,2482	0,0499	0,0000	0,0376	0,0466	0,0062	0,3361	0,0070	0,0509	0,0611	0,0582
4	0,0025	0,2604	1,0000	0,2341	0,0042	0,3712	0,1819	0,1513	0,1820	0,2080	0,3675	0,2535	0,1604	0,1545	0,0462	0,3452	0,0441	0,0738	0,2355
5	0,2280	0,0352	1,0000	0,0076	1,0000	0,0140	0,2379	0,0354	0,2482	0,0499	0,0000	0,0376	0,0466	0,0062	0,3361	0,0070	0,0509	0,0611	0,0582
6	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
7	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
8	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
9	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
10	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
11	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
12	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
13	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
14	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
15	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
16	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
17	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
18	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
19	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295

APÊNDICE D – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo *CCR-Inputs* através do *software* SIAD

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
2	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
3	0,2280	0,0352	1,0000	0,0076	1,0000	0,0140	0,2379	0,0354	0,2482	0,0499	0,0000	0,0376	0,0466	0,0062	0,3361	0,0070	0,0509	0,0611	0,0582
4	0,0025	0,2604	1,0000	0,2341	0,0042	0,3712	0,1819	0,1513	0,1820	0,2080	0,3675	0,2535	0,1604	0,1545	0,0462	0,3452	0,0441	0,0738	0,2355
5	0,2280	0,0352	1,0000	0,0076	1,0000	0,0140	0,2379	0,0354	0,2482	0,0499	0,0000	0,0376	0,0466	0,0062	0,3361	0,0070	0,0509	0,0611	0,0582
6	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
7	0,6719	0,0723	0,9976	0,0156	0,9934	0,0664	1,0000	0,0425	0,4401	0,2182	0,0171	0,0354	0,1316	0,0160	0,7239	0,0261	0,0191	0,0901	0,1495
8	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
9	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
10	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
11	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
12	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
13	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
14	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
15	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
16	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
17	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
18	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
19	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295

APÊNDICE E – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo *CCR-Inputs* através do modelo benevolente

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
2	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
3	0,0044	0,0162	1,0000	0,0090	0,0065	0,0088	0,0692	0,0286	0,0726	0,0201	0,00000	0,0156	0,0137	0,0053	0,0230	0,0040	0,0110	0,0118	0,0261
4	0,0025	0,2604	1,0000	0,2341	0,0042	0,3712	0,1819	0,1513	0,1820	0,2080	0,3675	0,2535	0,1604	0,1545	0,0462	0,3452	0,0441	0,0738	0,2355
5	0,2280	0,0352	1,0000	0,0076	1,0000	0,0140	0,2379	0,0354	0,2482	0,0499	0,0000	0,0376	0,0466	0,0062	0,3361	0,0070	0,0509	0,0611	0,0582
6	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
7	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8459	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
8	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
9	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
10	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
11	0,1482	0,5680	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6255	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5271
12	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
13	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
14	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
15	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
16	0,1482	0,5680	1,0000	0,1960	0,9998	0,5905	0,6289	0,1875	0,6255	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6971	0,6027	0,2066	0,3875	0,5271
17	0,1482	0,5680	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6255	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5271
18	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
19	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8459	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294

APÊNDICE F – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR-Inputs através do modelo agressivo

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
2	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
3	0,0044	0,0162	1,0000	0,0090	0,0065	0,0088	0,0692	0,0286	0,0726	0,0201	0,0000	0,0156	0,0137	0,0053	0,0230	0,0040	0,0110	0,0118	0,0261
4	0,0025	0,2604	1,0000	0,2341	0,0042	0,3712	0,1819	0,1513	0,1820	0,2080	0,3675	0,2535	0,1604	0,1545	0,0462	0,3452	0,0441	0,0738	0,2355
5	0,2280	0,0352	1,0000	0,0076	1,0000	0,0140	0,2379	0,0354	0,2482	0,0499	0,0000	0,0376	0,0466	0,0062	0,3361	0,0070	0,0509	0,0611	0,0582
6	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
7	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
8	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
9	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
10	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
11	0,1483	0,5680	1,0000	0,1960	1,0003	0,5905	0,6289	0,1875	0,6255	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5271
12	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
13	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0001	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
14	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6709	0,9040	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0643	0,2868	0,7295
15	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
16	0,1482	0,5680	1,0000	0,1960	0,9998	0,5905	0,6289	0,1875	0,6255	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6971	0,6027	0,2066	0,3875	0,5271
17	0,0881	0,9039	0,9191	0,3015	1,0000	1,0000	0,9826	0,2711	0,8939	0,9052	0,7296	0,8126	0,9249	0,2858	1,0000	0,8955	0,2066	0,5910	0,8730
18	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
19	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8459	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294

APÊNDICE G – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo *CCR-Inputs* através do modelo desvio total

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
2	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
3	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6915
4	0,0025	0,2604	1,0000	0,2341	0,0042	0,3712	0,1819	0,1513	0,1820	0,2080	0,3675	0,2535	0,1604	0,1545	0,0462	0,3452	0,0441	0,0738	0,2355
5	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
6	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6709	0,9040	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
7	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
8	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
9	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
10	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8459	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
11	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
12	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
13	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
14	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
15	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
16	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
17	0,1482	0,5680	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6255	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5271
18	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
19	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295

APÊNDICE H – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo *CCR-Inputs* através do modelo desvio máximo

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
2	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
3	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6709	0,9040	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0643	0,2868	0,7295
4	0,0025	0,2604	1,0000	0,2341	0,0042	0,3712	0,1819	0,1513	0,1820	0,2080	0,3675	0,2535	0,1604	0,1545	0,0462	0,3452	0,0441	0,0738	0,2355
5	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
6	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6709	0,9040	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
7	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
8	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	0,9996	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
9	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	0,9998	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
10	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8459	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
11	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
12	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
13	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	0,9998	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
14	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
15	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
16	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
17	0,1482	0,5680	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6255	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5271
18	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
19	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295

APÊNDICE I – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR-Inputs através do modelo desvios absolutos

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
2	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
3	0,0286	0,6028	1,0000	0,1995	0,0481	0,8132	1,0000	0,1860	0,7007	0,8638	0,4101	0,3624	0,6647	0,2012	0,3961	0,4853	0,0725	0,3177	0,7176
4	0,0025	0,2604	1,0000	0,2341	0,0042	0,3712	0,1819	0,1513	0,1820	0,2080	0,3675	0,2535	0,1604	0,1545	0,0462	0,3452	0,0441	0,0738	0,2355
5	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
6	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6709	0,9040	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
7	0,0286	0,6028	1,0000	0,1995	0,0481	0,8132	1,0000	0,1860	0,7007	0,8638	0,4101	0,3624	0,6647	0,2012	0,3960	0,4853	0,0725	0,3177	0,7176
8	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	0,9996	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
9	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	0,9998	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
10	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8459	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
11	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
12	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
13	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	0,9998	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
14	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
15	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
16	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
17	0,1482	0,5680	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1875	0,6255	0,5181	0,4866	0,6137	0,5501	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5271
18	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
19	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295

APÊNDICE J – Matriz das eficiências cruzadas obtidas pelo modelo CCR-Inputs através do modelo neutro

DMUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,6784	0,0441	1,0000	0,0076	1,0000	0,0242	0,9346	0,0360	0,4144	0,1563	0,0000	0,0215	0,0905	0,0073	0,6942	0,0056	0,0170	0,0737	0,1116
2	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
3	0,1906	0,3012	1,0000	0,1018	1,0000	0,3021	0,4329	0,1115	0,4363	0,2836	0,2432	0,3252	0,2977	0,0929	0,5137	0,3046	0,1284	0,2235	0,2923
4	0,0025	0,2604	1,0000	0,2341	0,0042	0,3712	0,1819	0,1513	0,1820	0,2080	0,3675	0,2535	0,1604	0,1545	0,0462	0,3452	0,0441	0,0738	0,2355
5	0,0006	0,0008	0,0023	0,0003	1,0000	0,0008	0,0011	0,0003	0,0011	0,0008	0,0007	0,0009	0,0008	0,0003	0,0013	0,0008	0,0003	0,0006	0,0008
6	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6709	0,9040	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
7	0,5224	0,2210	1,0000	0,0598	1,0000	0,2737	1,0000	0,0784	0,5431	0,4439	0,1133	0,1183	0,3219	0,0626	0,7971	0,1418	0,0340	0,1771	0,3228
8	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
9	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7251	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
10	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8459	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6416	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7294
11	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
12	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
13	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
14	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295
15	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5399	0,1035	0,4238	0,6914
16	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
17	0,1482	0,5681	1,0000	0,1960	1,0000	0,5905	0,6289	0,1876	0,6256	0,5181	0,4866	0,6137	0,5502	0,1796	0,6972	0,6027	0,2066	0,3875	0,5272
18	0,2363	0,6315	1,0000	0,1965	1,0000	0,7460	1,0000	0,1889	0,7816	0,7828	0,4411	0,4474	0,7252	0,1948	0,9469	0,5400	0,1035	0,4238	0,6914
19	0,0207	0,5913	1,0000	0,2008	0,0342	0,8460	1,0000	0,1847	0,6708	0,9039	0,3980	0,3350	0,6417	0,2040	0,3168	0,4651	0,0642	0,2868	0,7295