

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DE EMPRESAS: UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

BUSINESS SUSTAINABILITY ANALYSIS: AN APPLICATION OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Denise Helena Lombardo Ferreira* E-mail: lombardo@puc-campinas.edu.br

*Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC/Campinas), Campinas, SP

Resumo: Essa pesquisa apresenta uma análise da eficiência no tocante à sustentabilidade de oito empresas, denominadas por A, B, C, D, E, F, G e H, de diversos segmentos, por meio da metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA) tendo em vista os parâmetros: faturamento, número de funcionários, dimensões – geral, econômica, social e ambiental, elucidados pela Revista Exame – Guia Exame Sustentabilidade para os períodos de 2012 a 2014. A metodologia DEA faz uso de programação matemática e de uma fronteira não-paramétrica de eficiência. O objetivo é verificar se a eficiência das empresas selecionadas se mantém ao longo dos anos 2012, 2013 e 2014, segundo os parâmetros considerados. Para a aplicação da DEA foram definidos o *input* como número de funcionários e os *outputs* dimensões geral, econômica, social, ambiental e faturamento. Os resultados mostraram que apenas as empresas C, do ramo de serviços e E, do segmento de material de construção, preservaram as suas eficiências ao longo desses períodos, dentre as empresas avaliadas neste estudo.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados. Sustentabilidade. Eficiência de empresas.

Abstract: This research presents an analysis on the sustainability efficiency of eight companies, named by A, B, C, D, E, F, G and H, from several segments, using the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology considering the parameters: Revenue, Number of Employees, Dimensions – General, Economic, Social and Environmental, elucidated by Exame Magazine – Exame Sustainability Guide for the periods 2012 to 2014. The DEA methodology makes use of mathematical programming and a non-parametric efficiency frontier. The objective is to verify if the efficiency of the selected companies is maintained throughout the years 2012, 2013 and 2014, according to the considered parameters. For the DEA application the number of employees was defined as the input and the general, economic, social, environmental and revenue as the outputs. The results showed that only the C company, from the services sector and E, from the real state building material segment, preserved their efficiencies over those periods, among the companies evaluated in this study.

Keywords: Data Envelopment Analysis. Sustainability. Companies efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente está sujeito a constantes alterações, sejam elas provenientes dos fenômenos naturais ou da ação do homem. As diversas transformações que vêm ocorrendo, muitas delas provocadas pela ação do ser humano, fazem com que os apelos sejam cada vez mais frequentes para que a sociedade use os recursos existentes de forma consciente.

Como destacam Silva Júnior et al. (2015), todas as formas de vida têm a potencialidade de crescimento exponencial, mas encontram limitação nas diferentes formas de competição entre espécies ou dentro de uma mesma espécie, colocando em xeque a capacidade de suporte dos sistemas ecológicos, manejados ou não. O conceito de sustentabilidade significa respeito às limitações de cada bioma e às necessidades das gerações presentes e futuras (BOFF, 2012).

Apenas em meados de 1990, devido à preocupação sobre a preservação do meio ambiente e discussões relacionadas com as condições sociais e econômicas da sociedade, pesquisas sobre desenvolvimento sustentável emergiram no Brasil. Um fato impulsionador dessa iniciativa foi a criação da Agenda 21 como resultado da Eco-92 ou Rio-92, Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, realizada em 1992 na cidade do Rio de Janeiro. A Agenda 21 preconizava os princípios para a administração sustentável das florestas: a conservação da biodiversidade e do clima.

O documento da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1988, p. 46) define o conceito de desenvolvimento sustentável como: “é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras a atenderem as suas próprias necessidades”. O mesmo documento destaca que o termo desenvolvimento sustentável está associado ao conceito de necessidades básicas dos pobres e da limitação dos recursos naturais. Esses dois conceitos, juntamente com o conceito de desenvolvimento econômico, convergem para o desenvolvimento sustentável, com a finalidade de erradicar a pobreza, de reduzir a poluição ambiental e o desperdício no uso de recursos. Dessa forma, o termo desenvolvimento sustentável está vinculado às dimensões ambiental, social e econômica.

O Relatório Estado do Mundo, publicado pelo Worldwatch Institute (2012), já afirmava que devido ao ritmo das emissões atuais da sociedade a temperatura média global pode chegar a um acréscimo de 4°C. Como consequência grandes catástrofes podem ocorrer, tais como deslocamentos populacionais em massa causados por inundações em áreas costeiras, secas extremas, doenças espalhadas para novas áreas.

A consciência atual em relação ao meio ambiente demanda das organizações empresariais um novo posicionamento no tocante às questões de sustentabilidade.

Entretanto, no Brasil, como destaca Teixeira e Bessa (2009), as empresas nacionais demoraram para internalizar o conceito de desenvolvimento sustentável.

Na busca pela minimização dos impactos negativos causados pelo desenvolvimento de alguns setores da economia, algumas empresas têm investido em ações socialmente responsáveis, com o objetivo de criar um modelo econômico que gere riqueza e bem-estar, e ao mesmo tempo promova a coesão social e iniba a destruição do meio ambiente. Cada vez mais é exigido das empresas um alto grau de competitividade, atuantes no mercado e que atendam às exigências da sustentabilidade. Com o intuito de satisfazer esses requisitos, as empresas devem focar no triplé da sustentabilidade empresarial: econômico, social e ambiental.

Nessa linha, a presente pesquisa busca verificar se a eficiência de determinadas empresas se mantém ao longo do período de 2012 a 2014, no tocante à sustentabilidade, segundo os parâmetros considerados.

O artigo é dividido em cinco seções. Uma breve introdução. A segunda trata do aspecto sustentabilidade empresarial. A terceira seção apresenta a metodologia, destacando a ferramenta Análise Envoltória de Dados – DEA - *Data Envelopment Analysis*, bem como as características das empresas usadas nesse estudo. A quarta seção destaca os resultados obtidos com a aplicação da ferramenta DEA para as empresas selecionadas. Por fim, a última seção traz algumas considerações sobre o estudo realizado.

2 SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL

A Revolução Industrial é um dos fatores que contribuiu para o desenvolvimento econômico e conseqüentemente a exploração dos recursos naturais, dando origem a diversos problemas, tais como má distribuição das riquezas, poluição e devastação de alguns recursos naturais. Esses impactos propiciaram o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável.

Segundo WCED (1987) o conceito de sustentabilidade começou a fazer parte das decisões da maioria das organizações no mundo inteiro devido a publicação do Relatório Brundtland pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987, e em 1992 a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

A definição mais propalada da sustentabilidade é dada pelos autores Brundtland et al. (1987), conceituando como o suprimento da vida e necessidades humanas atuais, preservando as demandas das gerações futuras.

Diversas abordagens sobre o tema sustentabilidade estão sendo discutidas. Uma delas visualiza a sustentabilidade com oito dimensões, sendo elas: social, econômica, ecológica, ambiental, cultural, territorial e política nacional e internacional.

O termo sustentabilidade tem ocupado um lugar de destaque, ganhando projeções mundiais, e tem sido incorporado em diversas organizações não governamentais e se estendendo em diversas dimensões da sociedade, uma delas é o setor empresarial, objeto desta pesquisa.

A sustentabilidade empresarial pode ser entendida sob o triplé econômico, social e ambiental. A dimensão econômica considera os fatores financeiros, destacando os custos, investimentos e financiamentos. A dimensão social leva em conta a percepção da desigualdade, verifica a existência de trabalho forçado e infantil. A dimensão ambiental está associada aos recursos naturais existentes, com destaque para as empresas que consideram redução do uso de recursos e de geração de resíduos na fabricação de seus produtos.

É cada vez mais frequente a cobrança de empresas que não sejam apenas competitivas e atuantes no mercado, mas também que atendam aos pressupostos da sustentabilidade, isto é, fabricação de produtos com mínimo uso de recursos naturais e mínima geração de resíduos.

A grande preocupação mundial com o meio ambiente tem forçado as empresas a serem mais competitivas não apenas no quesito econômico, mas também do ponto de vista social e ambiental, implicando muitas vezes pela decisão da compra ou não do produto pelo consumidor final. Conforme Abreu et al. (2016), o valor real do produto pode ser determinado pela incorporação dos custos ambientais ao custo do produto.

Muga e Mihelcic (2008) esclarecem a necessidade de se alcançar o desenvolvimento ambientalmente sustentável. Nesse sentido, surgem os indicadores de sustentabilidade para avaliar as diferentes opções das empresas quanto ao quesito sustentabilidade.

No âmbito internacional, Delai e Takahashi (2008) descreve os seguintes instrumentos de exemplos para mensuração da sustentabilidade corporativa: Indicadores de Desenvolvimento Sustentável da Comissão para o Desenvolvimento

Sustentável (CDS); *Dashboard* da Sustentabilidade; *Global Reporting Initiative* (GRI); *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI); Métricas do Instituto dos Engenheiros da Inglaterra (Icheme); *Triple Bottom Line Index System* (TBLIS).

Os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável da Comissão para o Desenvolvimento Sustentável - CDS foram propostos com base na Agenda 21 com o intuito de recomendar indicadores de sustentabilidade capazes de fornecer informações para a tomada de decisão dos países no quesito desenvolvimento sustentável.

Conforme Leoneti et al. (2016), o instrumento *Dashboard* da Sustentabilidade é um índice agregado de vários indicadores; enquanto o *Global Reporting Initiative* é um guia para elaboração de relatórios de sustentabilidade de qualquer tipo de empresa, composto por mais de 100 indicadores que abrangem aspectos econômicos, ambientais e sociais. Já o instrumento *Dow Jones Sustainability Index* tem como objetivo avaliar as habilidades das empresas de criar valor de longo prazo para os acionistas; as Métricas do Instituto dos Engenheiros da Inglaterra apresentam similaridade com a metodologia do GRI adaptada para indústrias de processamento; e o instrumento *Triple Bottom Line Index System* é um índice agregado aplicado a empresas industriais.

No âmbito nacional, pode-se citar os indicadores: Indicador Ethos de Responsabilidade Social (Instituto ETHOS, 2018); Índice de Sustentabilidade Empresarial.

Segundo Zuanazzi et al. (2016) o Instituto Ethos tem como foco estimular as empresas a incorporarem o conceito de responsabilidade social na gestão propondo alguns indicadores básicos de desempenho econômico, social e ambiental, com destaque ao aspecto social. O Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) é um instrumento de análise comparativa do desempenho das empresas elencadas na BM&FBovespa (ISE, 2018).

Embora os indicadores relatados acima muitas vezes apresentem a característica da subjetividade, podem auxiliar na tomada de decisões ao mensurar as informações relevantes de um determinado fenômeno.

Leoneti et al. (2016, p. 3) argumentam que “o papel dos indicadores de sustentabilidade é estruturar e comunicar informações sobre questões-chave e tendências consideradas relevantes para o desenvolvimento sustentável”.

É possível afirmar que os indicadores de sustentabilidade ocupam um papel de destaque na avaliação de desempenho das empresas quanto aos aspectos econômico, ambiental e social, e podem auxiliar no planejamento de metas de sustentabilidade para o alcance do desenvolvimento sustentável.

3 METODOLOGIA

3.1 Ferramenta DEA

A Análise Envoltória de Dados (DEA- *Data Envelopment Analysis*), também denominada de análise de fronteiras ou análise de eficiência tem sido aplicada em diferentes áreas como educação, administração, engenharia, com a finalidade de otimizar o resultado final por meio do estudo da eficiência relativa das unidades, permitindo avaliar diversos fatores: técnico, social, econômico e ambiental, e, portanto, fazendo uma análise integrada. Em geral, a ferramenta DEA é utilizada para analisar a eficiência de organizações públicas ou privadas. O intuito é calcular a eficiência das unidades produtivas, conhecendo-se os níveis dos recursos empregados e dos resultados obtidos. A DEA otimiza cada observação individual, de modo a estimar uma fronteira eficiente (linear por partes), composta das unidades que apresentam as melhores práticas dentro da amostra em avaliação. Essas unidades servem como referência ou *benchmarking* para as unidades ineficientes (GOMES et al., 2009).

Em linhas gerais, a ferramenta DEA avalia problemas com múltiplos recursos usados para gerar produtos e ou serviços, e múltiplas saídas para cada unidade (COLIN, 2007), portanto um método de decisão com múltiplos critérios. A capacidade com que as Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Units* - DMU's) conseguem gerar saídas para determinadas entradas define sua eficiência.

A literatura apresenta dois modelos clássicos referentes a DEA: CCR e BCC. O modelo CCR (CHARNES et al., 1978), também conhecido por CRS (*Constant Returns to Scale*) adota como hipótese retornos constantes de escala. Este modelo atende a proporcionalidade entre *inputs* (entradas ou insumos) e *outputs* (saídas ou produtos). O modelo BCC (BANKER et al., 1984), também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*), leva em conta situações da eficiência de produção com variação de escala e não admite proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Este

modelo assume rendimentos crescentes e decrescentes de escala na fronteira de eficiência.

Vale destacar que os *inputs* estão relacionados aos indicadores que se deseja minimizar, por outro lado os *outputs* representam os indicadores a serem maximizados.

Além dos modelos CRS e VRS, também é possível usá-los com orientação a *input* ou com orientação a *output*. Macedo et al. (2008) assinalam que o modelo DEA com orientação a *input* busca maximizar as quantidades de produtos, isto é, maximizar uma combinação linear das quantidades dos vários produtos da unidade sob análise. Já com orientação a *outputs*, busca-se minimizar as quantidades de insumos, isto é, minimizar uma combinação linear das quantidades dos vários insumos.

Na formulação matemática cada DMU_k é considerada como uma unidade de produção que utiliza n *inputs* x_{ik} ($i = 1, 2, \dots, n$) para produzir m *outputs* y_{jk} ($j = 1, 2, \dots, m$). O modelo CRS maximiza o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com a restrição de que para qualquer DMU esse quociente não pode ser maior que 1. Este problema de programação fracionária, mediante alguns artifícios matemáticos, pode ser linearizado e transformado em um Problema de Programação Linear mostrado por meio das Equações (1) a (4).

$$\text{Maximizar } h_o = \sum_{j=1}^m u_j y_{jo} \quad (1)$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{io} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \leq 0, \quad k=1,2,3,4,\dots,n \quad (3)$$

$$u_j, v_i \geq 0 \quad \forall i, j \quad (4)$$

A formulação do modelo VRS utiliza para cada DMU_k o Problema de Programação Linear apresentado por meio das Equações (5) a (8).

$$\text{Maximizar } h_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} - u_* \quad (5)$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - u_* , \quad k=1,2,3,4,\dots,n \quad (7)$$

$$u_j, v_i \geq 0 \quad \forall i, j \quad (8)$$

Em que:

h_o é a eficiência da DMU_o em análise;

x_{ik} é o *input* i da DMU_k;

y_{jk} é o *output* j da DMU_k;

v_i é o peso do *input* i ;

u_j é o peso do *output* j ;

u_* é o fator de escala, quando positivo indica que a DMU está em região de retornos decrescentes de escala, se negativo os retornos de escala são crescentes; se nulo, a região corresponde retornos constantes de escala.

O valor de h_o encontra-se no intervalo [0,1], caso h_o seja igual a 1, a DMU_o em análise é considerada eficiente. No modelo CRS uma DMU é eficiente se, na escala em que opera, é a que melhor aproveita os *inputs* de que dispõe. Já no modelo VRS, uma DMU é eficiente quando apresenta o melhor quociente de *outputs* com relação aos *inputs*, ou seja, aproveita melhor os *inputs* sem considerar a escala de operação da DMU (MELLO et al., 2008). As variáveis de decisão para ambos os problemas representados por meio das Equações (1) a (4) e (5) a (8) são v_i e u_j .

Em geral, o modelo VRS tem como característica um grande número de empates para DMU's eficientes se comparado ao modelo CRS. Conforme Ali (1993), no VRS, aquelas DMU's com menor valor de um dos *inputs* ou o maior valor de um dos *outputs* são consideradas eficientes, mesmo quando as relações com as demais

variáveis não sejam boas. Nesse caso, essas DMU's são denominadas de falsamente eficientes. Com a finalidade de contornar essa situação, Leta et. al. (2005) propõem um modelo VRS baseado no uso da Fronteira Invertida que consiste em inverter *inputs* com *outputs*.

De acordo com Casado e Siluk (2011), a Fronteira Invertida permite a identificação de unidades produtivas consideradas falsas eficientes, pois a Eficiência Invertida propõe a divisão da soma ponderada dos *inputs* pela soma ponderada dos *outputs* (o inverso da Fronteira Padrão), passando a indicar como mais eficientes aquelas unidades que gastam mais *inputs* e geram menos *outputs*, enquanto a Fronteira Padrão classifica como mais eficiente aquela que gera mais *outputs* gastando menos *inputs*. Assim, a Fronteira Invertida indica as unidades que pior trabalham seus recursos, sendo então chamada de falsa eficiência.

O resultado da análise das duas fronteiras simultaneamente é conhecido como Eficiência Composta, definido com a média aritmética entre a Eficiência Padrão e o complemento da eficiência em relação à Fronteira Invertida (1- Eficiência Invertida). O uso do complemento justifica-se pelo fato da Fronteira Invertida ser uma medida de ineficiência. Para obter um índice em que as unidades eficientes tenham o valor 1, é feita a normalização da Eficiência Composta, dividindo-se seus valores pela maior de todas as Eficiências Compostas (CASADO; SILUK, 2011).

3.2 As empresas

Os dados dessa pesquisa foram obtidos a partir de estudos realizados pela Revista Exame - Guia Exame Sustentabilidade (GES, 2013, 2014, 2015). Das empresas analisadas pela Revista Exame, foram consideradas na presente pesquisa apenas aquelas que tiveram redução no faturamento ao comparar os anos de 2012 e 2014, totalizando oito empresas. Com a finalidade de preservar a identidade das empresas decidiu-se denominá-las pelas letras do alfabeto.

A Revista Exame - Guia Exame Sustentabilidade apresenta a análise das empresas, destacando as dimensões geral, econômica, social e ambiental. Conforme GES (2013, 2014, 2015), para a dimensão geral consideram-se as empresas que expressam compromisso com o desenvolvimento sustentável em documento público e se têm política corporativa específica de combate à corrupção. Para a dimensão econômica levam-se em conta as empresas que quantificam aspectos

socioambientais nas projeções financeiras referentes aos custos e despesas e também no processo de gestão de riscos. Para a dimensão social os parâmetros são as empresas que têm compromisso formal com a erradicação do trabalho forçado ou compulsório, se apuram e respondem as denúncias públicas de situações envolvendo trabalho infantil, forçado ou compulsório na cadeia de fornecedores e também se disponibilizam um serviço que registre e atenda às demandas de clientes e consumidores. Na dimensão ambiental trata-se de empresas que elaboram inventário de emissões de gases de efeito estufa, se identificam riscos e vulnerabilidades tendo em vista a adaptação às mudanças climáticas, se prezam pela transparência e pela divulgação das informações ambientais, se desenvolvem produtos e serviços que considerem a redução do uso de recursos e da geração de resíduos e também se consideram o desempenho ambiental da empresa na avaliação de desempenho de seu presidente e de todos os seus diretores.

GES (2013) faz uma análise destacando os pontos fortes e fracos para algumas empresas. O Quadro 1 resume essas informações para as empresas de interesse desta pesquisa, indicando o segmento de cada uma delas.

Quadro 1 – Pontos forte e fraco de algumas empresas

Empresa	Segmento	Ponto Forte	Ponto Fraco
A	Telecomunicações	Contrata especialistas externos para auxiliar o conselho em administração em questões relevantes.	Não divulga suas metas para a melhoria de desempenho nas dimensões ambiental, econômica e social.
B	Bens de consumo	Tem a política de adotar critérios de boa conduta ambiental para selecionar todos os seus fornecedores.	Não tem comitê de sustentabilidade ou de responsabilidade empresarial
C	Serviços	Seleciona fornecedores de acordo com indicadores de riscos socioambientais e os ajuda na adoção de boas práticas.	Em seu relatório de sustentabilidade não estabelece metas de melhoria de aspectos sociais e ambientais
D	Hotelaria	Em seu relatório de sustentabilidade, a companhia apresenta a remuneração de diretores e conselheiros.	Não seleciona nem monitora os fornecedores para evitar envolvimento com trabalho forçado ou compulsório.
E	Material de construção	Publica relatório de sustentabilidade no Brasil, relatando as metas e os objetivos para todas as suas operações locais.	Não cumpre a legislação trabalhista relativa à contratação de funcionários com deficiência.
H	Mineração e Siderurgia	A avaliação de desempenho dos principais executivos considera indicadores sociais e ambientais da empresa.	Não atingiu as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa em 2012, ao contrário, as emissões aumentaram.

Fonte: Elaboração própria, adaptada de GES (2013)

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Na pesquisa em questão a ferramenta DEA foi aplicada para verificar a eficiência de algumas empresas quanto aos parâmetros - dimensões geral, econômica, social e ambiental; faturamento anual e número de funcionários.

A ferramenta DEA foi aplicada considerando como DMU's as empresas, *input*: número de funcionários e *outputs*: dimensões geral, econômica, social, ambiental e faturamento. A Tabela 1 sintetiza as informações utilizadas ao aplicar a ferramenta DEA para o ano de 2012. Analogamente, as informações utilizadas para os anos de 2013 e 2014 são mostradas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Vale salientar que os dados referentes à dimensão geral, econômica, social e ambiental se encontram em porcentagem.

Tabela 1 - Dados referentes ao ano 2012

Empresa	nº Funcionários	Faturamento (bilhões reais)	Dimensão Geral	Dimensão Econômica	Dimensão Social	Dimensão Ambiental
A	3000	1,800	74,5	71,4	84,6	84,0
B	6000	6,900	76,0	71,5	73,4	81,8
C	632	3,300	55,0	74,0	70,8	87,4
D	2072	0,318	80,4	96,1	73,5	73,1
E	913	0,488	82,0	76,6	66,9	61,0
F	19419	35,000	69,1	92,5	69,1	70,6
G	13500	14,000	80,0	78,7	92,3	81,8
H	2100	1,200	90,5	90,8	85,4	72,5

Fonte: Elaboração própria, adaptada de GES (2013)

Tabela 2 - Dados referentes ao ano 2013¹

Empresa	nº Funcionários	Faturamento (bilhões reais)	Dimensão Geral	Dimensão Econômica	Dimensão Social	Dimensão Ambiental
A	2300	0,765	87,4	84,6	87,4	90,2
C	700	0,174	63,6	79,8	72,1	84,0
D	2200	0,320	77,9	94,4	71,9	77,4
E	900	0,504	88,4	79,4	85,7	69,1
F	18400	35,700	67,1	92,5	68,3	65,2
G	13500	15,700	76,8	78,0	91,3	86,8
H	1800	1,300	89,6	94,8	84,3	72,7

Fonte: Elaboração própria, adaptada de GES (2014)

Tabela 3 - Dados referentes ao ano 2014

Empresa	nº Funcionários	Faturamento (bilhões reais)	Dimensão Geral	Dimensão Econômica	Dimensão Social	Dimensão Ambiental
A	2100	0,798	97,0	80,6	86,1	90,3
B	7000	3,200	82,0	64,5	79,1	82,7
C	730	0,217	65,2	85,8	73,9	88,1
D	2200	0,294	68,1	77,6	83,9	77,5
E	800	0,439	89,4	79,4	87,8	70,3
F	18300	34,000	69,3	78,5	81,8	63,6
G	13700	12,900	77,1	78,2	90,2	84,3
H	1900	0,944	86,5	88,7	83,8	74,7

Fonte: Elaboração própria, adaptada de GES (2015)

¹ Para o ano de 2013 não havia dados da empresa B.

Um estudo similar foi feito considerando como *inputs*: o número de funcionários do ano de 2014, a diferença entre os faturamentos dos períodos de 2014 e 2012, e *outputs*: a dimensão geral, dimensão econômica, dimensão social, dimensão ambiental, referentes ao período de 2014.

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta *DEA Frontier* disponível no *Microsoft Excel* com o modelo CRS orientado a *input* e orientado a *output* para os dados mostrados nas Tabelas 1-3.

É possível observar que somente para o ano de 2013 os resultados usando os modelos com orientação a *input* e com orientação a *output* foram distintos, enquanto para os demais períodos, os resultados obtidos para ambos os modelos foram iguais.

Fazendo uma rápida inspeção nos resultados apresentados na Tabela 4, verifica-se que no ano de 2012 a empresa C mostrou ser a mais eficiente (eficiência 100%) segundo esses parâmetros, em segundo lugar aparece a empresa E com a eficiência de 82%. Para o ano de 2013, é possível observar que a empresa D mostrou ser a mais eficiente (eficiência 100%) segundo esses parâmetros apenas para o modelo CRS com orientação a *input*, em segundo lugar aparece a empresa C com a eficiência de aproximadamente 90% apenas para o modelo com orientação a *output* e a empresa E a mais eficiente (eficiência 100%) para este modelo. Já para o ano de 2014, a empresa E mostrou ser a mais eficiente (eficiência 100%), em segundo lugar aparece a empresa C com a eficiência de aproximadamente 94%.

A partir de uma pequena modificação nos dados, isto é, ao levar em conta os *inputs*: o número de funcionários do ano de 2014, a diferença entre os faturamentos dos períodos de 2014 e 2012, e os *outputs*: a dimensão geral, dimensão econômica, dimensão social, dimensão ambiental, referentes ao período de 2014, a Tabela 4 (penúltima coluna) permite concluir que a empresa E mostrou ser a mais eficiente (eficiência 100%), em segundo lugar aparece a empresa D com a eficiência de 96%.

Observa-se que para todas as rodadas, as empresas que se mostraram mais eficientes foram aquelas com menor número de funcionários.

Ao longo do período de 2012 a 2014, observa-se que as empresas C e E se mostraram eficientes. As demais empresas apresentaram baixa eficiência para o ano de 2012, mas com maior eficiência em 2013 e em 2014, porém não atingindo a máxima eficiência. Exceção ocorreu com a empresa B, pois mostrou ter menor eficiência em 2014 quando comparado com 2012.

Tabela 4 - Eficiências das empresas usando DEA

Empresa	2012	2013		2014	2014-2012	Análise ²
	CRS	CRS		CRS	CRS	
	<i>input/output</i>	<i>input</i>	<i>output</i>	<i>input/output</i>	<i>input/output</i>	
A	0,153	0,321	0,321	0,516	0,621	baixa eficiência, com aumento em 2013, superando a média em 2014
B	0,215	-	-	0,199	0,066	baixa eficiência, com diminuição em 2014
C	1,000	0,259	0,909	0,941	0,511	alta eficiência com pico em 2012, com leve queda em 2013 (orientação <i>output</i>) e em 2014
D	0,239	1,000	0,259	0,216	0,960	baixa eficiência para todos os períodos e alta eficiência em 2013 (orientação <i>input</i>)
E	0,82	0,642	1,000	1,000	1,000	alta eficiência, atingindo o pico em 2013 (orientação <i>output</i>) e em 2014
F	0,187	0,408	0,642	0,607	0,024	baixa eficiência, com aumento em 2013 e em 2014, superando a média
G	0,108	0,725	0,408	0,327	0,139	baixa eficiência, com aumento em 2013 e em 2014
H	0,389	0,389	0,725	0,606	0,686	baixa eficiência, com aumento em 2013 (orientação <i>output</i>) e em 2014, superando a média

Fonte: Elaboração própria

Para as unidades que não atingiram 100% de eficiência é possível fazer uso do *benchmarking*, utilizando os dados de DMU's eficientes como referência, combinados com coeficientes pode-se calcular os valores ideais teóricos para as DMU's ineficientes. Para calcular as eficiências e *benchmarkings*, é possível fazer uso do *Microsoft Excel DEA Frontier*, entretanto, na versão disponível no *Microsoft Excel* a opção *DEA Frontier* apresenta algumas limitações, pois não possui as opções Fronteira Invertida e Eficiência Orientada a *output*. Já o *software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão – SIAD (ANGULO MEZA et al., 2005) contempla essas duas opções.

5 CONSIDERAÇÕES

² A análise realizada tem como base o ano de 2012. Para o ano de 2013 levou-se em conta para análise apenas a rodada com orientação a *output*.

A presente pesquisa apresentou o uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) por meio do modelo CRS com orientação a *input* e orientação a *output* para estudar a eficiência das empresas referentes aos indicadores de sustentabilidade definidos pela Revista Exame – Guia de Sustentabilidade. A aplicação da ferramenta DEA possibilitou considerar diversos indicadores simultaneamente.

Foram feitas rodadas para os períodos de 2012, 2013 e 2014 a fim de verificar se a eficiência das empresas se mantém nesses períodos. Apenas para o ano de 2013 as eficiências foram diferentes para o modelo CRS com orientação a *input* e com orientação a *output*.

Das oito empresas listadas neste estudo, as empresas C e E mostram-se eficientes, com variação de 82 a 100% para os anos de 2012 a 2014, ressaltando que para o ano 2013 as eficiências dessas empresas ocorreram apenas para orientação a *output*. Vale ressaltar que as empresas consideradas neste estudo estão realizando ações no sentido de contribuir com o meio ambiente. Como exemplo, a empresa C, do segmento de serviços, lançou em 2012 um programa que oferece créditos de carbono às empresas que substituam a gasolina pelo etanol em veículos flex. Além disso, os motoristas são treinados para dirigir de modo mais econômico. A empresa E, fabricante de painéis de madeira, criou um programa de desenvolvimento de lideranças com muitas iniciativas, dentre as quais, ampliou a participação das mulheres em cargos de liderança. A empresa D, do ramo de hotelaria, apenas apontou eficiência para o ano de 2013 com orientação a *input*. A empresa D depende de água com qualidade e quantidade e, portanto, está praticando algumas ações nesse sentido, pois possui uma estação de tratamento para reuso de água, contribuindo para a preservação de nascentes da região; além disso, a empresa possui um sistema de aquecimento solar nos chuveiros e um equipamento que gera biogás com o esgoto.

Por fim, vale ressaltar que outros estudos podem ser realizados com essa temática, envolvendo um número maior de unidades tomadoras de decisão, e como consequência subsidiar medidas mais adequadas no sentido de caminhar para o desenvolvimento mais sustentável.

Como mencionado anteriormente, a ferramenta DEA pode ser aplicada em diversas áreas, como educação, saúde, meio ambiente e engenharia, dentre outras. É possível fazer uso do programa *Microsoft Excel* (máximo 20 DMU's) e do SIAD.

Tendo em vista a vantagem da flexibilidade do manuseio com a DEA é bastante oportuno a sua utilização na construção de protótipos, possibilitando definir rapidamente quais são as unidades eficientes dentro dos parâmetros considerados. Além disso, para as unidades ineficientes, por meio do *benchmarking*, é possível definir estratégias para alcançar metas eficientes.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. C. S.; LUIZ, G.; GALINDRO, B. M.; BORGERT, A.; BELLEN, H. M. V. Gastos ambientais e níveis de atividades potencialmente poluidoras nas empresas do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da BM&FBOVESPA. **Revista Gestão&Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 267-290, 2016. <http://dx.doi.org/10.19177/rqsa.v6e220171-3>

ALI, A. I. Streamlined computation for data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 64, p. 61-67, 1993. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.039>

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; RIBEIRO, P. G. SIAD v. 2.0. Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação computacional de modelo de Análise Envoltória de Dados e um método Multicritério. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2005. **Anais...** Gramado, RS, 2005.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1030.0181>

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. Petrópolis: Vozes, 2012.

BRUNDTLAND, G.; KHALID, M.; AGNELLI, S.; AL-ATHEL, S.; CHIDZERO, B.; FADIKA, L.; SINGH, M. **Report of the world commission on environment and development: our common future**. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427-Development and International Cooperation: Environment, 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Acesso em :15 maio 2018.

CASADO, F. L.; SILUK, J. C. M. Avaliação da eficiência técnica de instituições públicas através da utilização de indicadores de governança. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011. **Anais...** 2011.

CHARNES, A; COOPER, W. W; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.039>

COLIN, E. C. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

DELAI, I.; E TAKAHASHI, S. Uma proposta de modelo de referência para mensuração da sustentabilidade corporativa. **RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 2, p. 19-40, 2008. <http://dx.doi.org/10.24857/rqsa.v12i1.1388>

GES Guia Exame Sustentabilidade, 2013.

GES Guia Exame Sustentabilidade, 2014.

GES Guia Exame Sustentabilidade, 2015.

GOMES, E. G.; SOARES de. MELLO, J. C. C.; SOUZA, G. D. S.; ÂNGULO MEZA, L.; MANGABEIRA, J. A. D. C. Efficiency and sustainability assessment for a group of farms in the Brazilian Amazon. **Annals of Operations Research**, v. 169, n. 1, p. 167-181, 2009.

ISE – Índice de Sustentabilidade Empresarial. Disponível em: http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/indices/indices-de-sustentabilidade/indice-de-sustentabilidade-empresarial-ise.htm. Acesso em: 14 ago. 2018.

Instituto Ethos. Indicadores Ethos. Disponível em: <http://www3.ethos.org.br/conteudo/iniciativas/indicadores/#.VTB0-WRViko>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

LEONETI, A.; NIRAZAWA, A. OLIVEIRA, S. Proposta de índice de sustentabilidade como instrumento de autoavaliação para micro e pequenas empresas (MPEs). **REGE – Revista de Gestão**, v. 23, n. 4, p. 349-361, 2016. <https://doi.org/10.5700/rege528>

LETTA, F. R.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; ANGULO MEZA, L. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. **Investigação Operacional**, v. 25, p. 229-242, 2005.

MACEDO, M. A. S.; CÍPOLA, F. C.; FERREIRA, A. F. R. Análise do Desempenho Organizacional sob as Perspectivas Sócio-Ambiental e de Imagem Corporativa: um estudo apoiado em DEA sobre os seis maiores bancos no Brasil. **REGE – Revista de Gestão**, n. especial, v. 15, p. 1-16, 2008 <https://doi.org/10.5700/rege528>

MELLO, J. C. C. B. S. de; ANGULO-MEZA, L.; GOMES, E. G.; FERNANDES, A. J. S. BONDI NETO, L. Estudo não paramétrico da relação entre consumo de energia, renda e temperatura. **IEEE Latin America Transactions**, v 6, n. 2, p. 153-161, 2008.

MUGA, H. E.; MIHELIC, J. R. Sustainability of wastewater treatment technologies. **Journal of Environmental Management**, v. 88, p.437-447, 2008.

SILVA JÚNIOR, R. D.; FERREIRA, L. C.; LEWINSOHN, T. M. Entre hibrismos e polissemias: para uma análise sociológica das sustentabilidades. **Ambiente&Sociedade**, v. 18, p. 35-54, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC135480V1922016>

TEIXEIRA, M. G. C., BESSA, E. da S. Estratégias para compatibilizar desenvolvimento econômico e gestão ambiental numa atividade produtiva local [Edição Especial]. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, p. 1-18, 2009.

ZUANAZZI, F. A.; HABAS, R. F.; BARICELLO, R.; DEIMLING, M. F. Desenvolvimento de um modelo para avaliar a sustentabilidade nas micro e pequenas empresas. **Revista Gestão&Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 163–180, 2016. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v6e220171-3>

WCED - World Commission on Environment and Development. Our common future. Oxford: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>. Acesso em: 06 set. 2018.

WORLDWATCH INSTITUTE. 28º Relatório Anual Estado do Mundo, 2012. Estado do Mundo 2012 - Rumo à prosperidade sustentável Rio+20. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/biblioteca/livros/estado-do-mundo-2012-rumo-a-prosperidade>. Acesso em: 06 ago. 2018.



Artigo recebido em: 11/11/2018 e aceito para publicação em: 26/02/2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v19i1.3439>