

## COMPARATIVO DO NÍVEL DE GESTÃO ENERGÉTICA EM ESCOLAS PÚBLICAS ESTADUAIS DO CEARÁ

GABRIEL MARÇAL DA CUNHA PEREIRA CARVALHO,\* DANIEL BARBOZA GUIMARÃES,† FERNANDO LUIZ MARCELO ANTUNES‡

\**Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, CE,  
(e-mail: gmarcal@alu.ufc.br)*

†*Departamento de Administração, Universidade Federal do Ceará, CE,  
(e-mail: barbozadan@hotmail.com)*

‡*Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, CE,  
(e-mail: fantunes@dee.ufc.br)*

**Abstract**— The objective of this research is to identify the energy management efficiency level of state public schools in the state of Ceará, using as parameters infrastructure data, operating characteristics and electricity consumption. For that, data envelopment analysis was used with an input-oriented variable returns model. The results indicate that schools with a higher level of infrastructure have a higher level of energy management and that the Ceará Department of Education can save about 5.1 million reais by making all its units reach the maximum efficiency benchmark.

**Resumo**— O objetivo desta pesquisa é identificar o nível de eficiência de gestão energética das escolas públicas estaduais do estado do Ceará e utilizando como parâmetros dados de infraestrutura, características de funcionamento e consumo de energia elétrica. Para tanto, utilizou-se análise envoltória de dados com modelo de retornos variáveis orientados à *inputs*. Os resultados indicam que escolas com um maior nível de infraestrutura apresentam um nível de gestão energética mais elevado e que a Secretaria de Educação do Ceará pode economizar cerca de 5,1 milhões de reais fazendo com que todas as suas unidades atinjam o referencial máximo de eficiência.

**Keywords**— Data Envelopment Analysis, Benchmarking, Energy Management, Energy Efficiency

**Palavras-chave**— Análise envoltória de dados, Benchmarking, Gestão energética, Eficiência energética++

### 1 Introdução

O desenvolvimento econômico de uma região é relacionado diretamente a disponibilidade de insumos para o processo produtivo, dentre eles destacam-se à terra, o trabalho, o capital e a energia. Dessa forma, para haver um desenvolvimento sustentável, é preciso que uma determinada região possua um planejamento de como o fornecimento desses recursos será feito no longo prazo, para que não haja excessos ou faltas (Neto et al., 2014).

A eficiência energética é uma medida importante no desenvolvimento econômico, pois, por definição, é simplesmente usar menos energia para executar uma mesma tarefa. Além disso, traz uma gama de benefícios acessórios: reduz as emissões de gases do efeito estufa, reduz a demanda por importação de energia e reduz os custos em nível econômico (*Energy Efficiency*, n.d.).

Para mensurar o nível de eficiência de uma escola, por exemplo, é necessário levar em consideração suas atividades, infraestrutura e registros de consumo de energia elétrica (H. Borgstein and Lamberts, 2014). *Benchmarking*, classificação e rotulagem de desempenho energético de edifícios em geral é largamente aceito como um dos principais métodos para otimizar a gestão energética e mostrar a lisura no consumo e gestão de energia dos edifícios (Pérez-Lombard et al., 2009).

Uma grande variedade de sistemas de *benchmarking* tem sido desenvolvida em vários países diferentes desde a década de 1990 (Pérez-Lombard et al., 2009). Nos EUA o programa EnergyStar classifica o nível de eficiência de construção comercial, usando como base os dados da Commercial Energy Building Consumption Survey (CBECS) (*Commercial Buildings Energy Consumption Survey - 2018*, n.d.).

No Brasil, o selo PROCEL Edificações é um instrumento de adesão voluntária, estabelecido em 2014, cuja finalidade é identificar edificações energeticamente eficientes em uma dada categoria. Os edifícios são avaliados nos quesitos de envoltória, condicionamento de ar e iluminação (*Selo Procel Edificações*, n.d.).

Um denominador comum de todos os sistemas implementados, nacional e internacionalmente, é o desenvolvimento de uma escala única que pondera fatores influenciadores no consumo de energia elétrica, utilizando de técnicas de análise multivariada de dados e pesquisa operacional (Chung, 2011).

O problema que este trabalho se propõe a mensurar é o nível de eficiência energética das escolas públicas estaduais do Ceará com os dados de 2019, ponderando fatores de infraestrutura, gestão energética e natureza das atividades escolares.

## 2 Métodos de desenvolvimento de sistema de Benchmarking

Para construir um método comparativo, após a coleta de dados sobre o desempenho do uso de energia, existe uma série de metodologias desde as mais simples de fator único até técnicas econométricas avançadas associadas a modelagens matemáticas e programação linear (Chung, 2011). Dentre os métodos já implementados e encontrados na literatura, pode-se citar:

1. Normalização Simples (Lee and Rajagopalan, 2008);
2. Regressão por Mínimos Quadrados Ordinários (Xuchao et al., 2010);
3. Análise Envoltória de Dados (Lee and Lee, 2009).

Visando a elaboração de um sistema de *benchmarking* interno, ou seja, modelagem restrita às unidades analisadas, e de fronteira (Chung, 2011), o método de Análise Envoltória de Dados foi escolhido. Este método não-paramétrico se utiliza de programação linear para avaliação de eficiências relativas de Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Unit - DMU*).

### 2.1 Análise Envoltória de Dados

Na Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*), a eficiência relativa é definida como a razão entre a soma ponderada de produtos (*outputs*) e a soma ponderada dos recursos necessários para produzi-los (*inputs*) (de Mello et al., 2005).

Como produto da análise, obtém-se, basicamente, a eficiência relativa, as projeções de ajustes das entradas e saídas e os pesos adotados.

A eficiência relativa obtida varia entre 0 e 1, onde as unidades que atingirem escore 1 são consideradas eficientes e determinam a fronteira de eficiência, bem como as metas de desempenho para as unidades que não atingiram escore máximo (Charnes et al., 1978).

As projeções de ajustes são os valores de *outputs* e *inputs* para que a DMU atinja, individualmente, o escore máximo (Guo et al., 2020).

Os pesos usados como ponderações são obtidos por meio do Modelo dos Multiplicadores, usando programação fracionária, de modo a maximizar a eficiência relativa (dos Santos and Meza, 2007). A estrutura matemática do modelo oportuniza que uma unidade tomadora de decisão seja considerada eficiente com vários conjuntos de pesos. Singularmente, pode ocorrer de pesos iguais a zero serem atribuídos a alguns *outputs* ou *inputs*, o que reflete que essa variável foi excluída da avaliação da DMU em questão (de Mello et al., 2005).

Para a resolução da escala de eficiência existem dois métodos tradicionais: o CRS (*Constant Returns to Scale*) e o VRS (*Variable Returns to Scale*). O primeiro, desenvolve uma fronteira linear, não paramétrica, que envolve os dados de forma que as alterações nos *inputs* reproduzem variação equivalente nos *outputs* (Charnes et al., 1978). Já a VRS considera retornos variáveis de escala, ou seja, admite que existe uma relação não linear entre as variações de *outputs* e *inputs* (Banker et al., 1984).

Ambos os métodos necessitam de uma orientação quanto à sua resolução. Essa orientação pode ser à entrada ou à saída. Quando o modelo está orientado à entrada, minimiza-se os valores de *input* para se obter os mesmos valores de saída. De forma inversa, quando o modelo está orientado à saída, maximiza-se os *outputs* mantendo constante os valores de entrada (Charnes et al., 1978).

Em 1986, os pesquisadores Banker e Morey propuseram uma adaptação do modelo VRS, onde se podia integrar ao modelo variáveis não controláveis. Nesse modelo, os pesquisadores definem uma redução radial dos *inputs* para apenas aqueles que a DMU pode controlar. Assim, foi preciso segmentar as entradas por controle, onde as variáveis controláveis são identificadas em  $Y^C$  e as não controláveis em  $Y^{NC}$  (Banker and Morey, 1986).

O modelo VRS proposto por (Banker et al., 1984) pode ser reescrito, com orientação à *output*, apresentado em (1), onde o parâmetro  $h_o$  é relacionado apenas às variáveis controláveis.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } h_o \\
 & \text{Sujeito a} \\
 & -h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk}^C \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & -y_{jo}^{NC} + \sum_{k=1}^n y_{jk}^{NC} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & \lambda_k \geq 0 \forall j
 \end{aligned} \tag{1}$$

## 3 Estrutura da tarifação do Setor Elétrico

O método de tarifação brasileiro, definido pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, leva em consideração diversos fatores técnicos para o cálculo da fatura de uma unidade consumidora, e devido à essa relativa complexidade, faz-se necessário um bom conhecimento dos elementos e fatores da tarifação quando se deseja um estudo de eficiência energética.

Portanto, como serão incorporados no modelo de *benchmarking* informações provenientes das

faturas de energia, são apresentados nos subtópicos seguintes conceitos fundamentais para interpretação da influência desses parâmetros no nível de gestão energética.

### 3.1 Classificação de consumidores

As unidades consumidoras são segregadas em um primeiro nível entre Grupo A (unidades atendidas com tensão superior a 2,3kV) e Grupo B (unidades atendidas com tensão inferior a 2,3kV). Esses grupos podem ser subdivididos de acordo com a atividade de consumo e tensão de atendimento, como rege a Resolução Normativa ANEEL (REN) nº 414/2010, art.2º.

### 3.2 Posto horário

São segmentações dos horários de um dia em relação a demanda típica do setor elétrico, onde são definidos por cada distribuidora, no seu processo de revisão tarifária periódica (a cada 4 ou 5 anos), de acordo com a Resolução Normativa ANEEL (REN) nº 414/2010, art. 59, e os Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET.

Essa segmentação propicia a aplicação de tarifas diferentes em horários distintos, assim, viabilizando uma tarifa mais baixa em horários que o setor elétrico não está sobrecarregado, e tarifas mais altas em horários de pico de consumo. Os postos horários são divididos em:

1. Horário (posto) de ponta: período diário de 3h consecutivas, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais;
2. Horário (posto) intermediário: período de horas conjugadas ao horário de ponta, aplicado exclusivamente às unidades consumidoras que optem pela Tarifa Branca. Pode variar de 1h à 1h30 antes e depois do horário de ponta; e
3. Horário (posto) fora de ponta: período diário composto pelas horas consecutivas e complementares ao horário de ponta e intermediário.

Dessa forma fica claro que a alocação de cargas em horário fora de ponta reduz o montante pago em energia elétrica. Para tanto, cabe uma análise de gestão energética para essa migração de cargas.

### 3.3 Tarifação

Pela Resolução Normativa ANEEL (REN) nº 414/2010, art.2º, as modalidades se dividem basicamente em duas: tarifação monômnia e binômnia. A distinção entre as duas é que na monômnia é cobrado apenas por consumo de energia ativa (kWh) e na binômnia é cobrado por consumo de energia ativa (kWh) e demanda ativa (kW).

### 3.4 Modalidade tarifária

Cada unidade consumidora, baseada no seu perfil de utilização, tensão de atendimento e consumo mensal, deve escolher o seu método de tarifação de acordo com as premissas da distribuidora e da regulação imposta pela ANEEL.

Para o Grupo A existem três modalidades disponíveis pela Resolução Normativa ANEEL (REN) nº 414/2010, art.2º: Convencional, Horosazonal Verde e Horosazonal Azul. Na Convencional não se aplica o conceito de posto horário e é uma tarifa monômnia. Já a Horosazonal Verde é binômnia, aplica-se posto horário apenas para o consumo de energia ativa e é definido em contrato uma única demanda máxima a ser utilizada. Por fim, a Horosazonal Azul é binômnia; o posto horário é aplicado para consumo e demanda ativa, e é definido em contrato uma demanda máxima a ser utilizada para cada posto horário.

Para todas as modalidades do Grupo A, as unidades consumidoras são passíveis de multas por excedente de energia reativa. Essa multa penaliza as unidades que consumiram mais do que o tolerável de energia reativa. Além disso, estão sujeitas à cobrança multa por ultrapassagem de demanda contratada, aquelas unidades aderentes de tarifas binômias. Vale salientar que essas multas podem ser mitigadas com uma gestão energética ativa.

## 4 Metodologia

Para a elaboração do *benchmarking* das escolas públicas estaduais do Ceará definiu-se como período de análise o intervalo de janeiro de 2019 à dezembro de 2019, pois este foi o último ano antes do surgimento da pandemia causada pelo SARS-CoV-2 (Malta et al., 2020), onde as aulas presenciais foram interrompidas. Essa mudança repentina trouxe anomalias de consumo e, portanto, não refletiria a realidade da gestão energética.

Dentre todas as escolas, foram analisadas aquelas que estavam em funcionamento no ano analisado e as pertencentes ao Grupo A com tarifa Horosazonal Verde, visto que essas unidades representam mais de 86% do número de unidades consumidoras e do consumo de energia elétrica. O fato de as unidades selecionadas serem todas binômias traz uma isonomia para a análise.

Assim, foram analisadas 416 unidades consumidoras com as características apresentadas na Tabela 4.

<sup>1</sup>Centro de Educação de Jovens e Adultos  
<sup>2</sup>Escola Estadual de Educação Profissional  
<sup>3</sup>Escola de Ensino Fundamental e Médio  
<sup>4</sup>Escola de Ensino Médio  
<sup>5</sup>Escola de Ensino Médio em Tempo Integral

Tipo de escola	Quantidade
CEJA <sup>1</sup>	7
EEEP <sup>2</sup>	113
EEEFM <sup>3</sup>	64
EEM <sup>4</sup>	135
EEMTI <sup>5</sup>	97

Tabela 1: Quantidade de escolas por tipo

#### 4.1 Coleta dos dados

Para obter informações de infraestrutura das escolas, utilizou-se a base de dados<sup>6</sup> pública do Censo Escolar 2019 do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. Nesse conjunto de dados foi possível obter o quantitativo de total de salas, salas climatizadas, dias de funcionamento e turmas.

Complementarmente, por meio de solicitação formal à Secretaria de Educação do Estado do Ceará - SEDUC, foram disponibilizadas as informações de área total e área construída, em  $m^2$ , e a classificação de cada escola quanto a sua classe de ensino, como escola de ensino fundamental e escolas de ensino médio.

Por fim, os dados de faturamento de energia elétrica foram obtidos por meio do Programa Cientista-chefe em parceria com a Coordenadoria de Energia e Telecomunicações (COETE) da Secretaria da Infraestrutura do Ceará (SEINFRA).

#### 4.2 Definição das variáveis

As variáveis obtidas pelas bases de dados foram escolhidas e segmentadas por área: infraestrutura, característica de funcionamento e consumo de energia elétrica.

Na classe de infraestrutura foi considerado como variáveis a quantidade de salas, o percentual de salas climatizadas, área total e área construída. Vale salientar que a variável área total foi considerada a única variável não controlável, partindo da premissa que, idealmente, a área total disponibilizada de uma escola deve ser mantida.

As variáveis que definem as características de funcionamento foram a quantidade de dias de funcionamento e o número de turmas ofertadas.

Já para a caracterização do consumo de energia elétrica, os fatores determinantes foram o consumo anual de energia ativa (kWh), demanda contratada (kW) e o valor, em reais, anual pago para o consumo registrado. Assim, é possível verificar as interações não lineares entre consumo de energia ativa, demanda contratada e o montante despendido em faturas de energia elétrica, pois unidades com o mesmo mesmo nível de consumo podem apresentar faturas com valores diferentes

<sup>6</sup><https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar/resultados>

por conta do posto horário e de multas por excedente de energia reativa. O mesmo pode acontecer em unidades similares com demandas contratadas iguais, pois a ausência de gestão de cargas pode acarretar em multas por ultrapassagem de demanda ou a subutilização da demanda contratada.

#### 4.3 Definição do modelo aplicado e suas características

Objetivando um comparativo de eficiência entre um grupo restrito de unidades semelhantes, de modo que seja elaborada uma fronteira de produtividade ótima, escolheu-se a técnica de análise envoltória de dados com as seguintes características:

1. **Tipo do modelo:** *Variable Return to Scale*;
2. **Orientação do modelo:** *Inputs*;
3. **Tipo de eficiência:** Técnica;
4. **Variável de entrada:** Valor total pago em energia elétrica (MR\$/ano);
5. **Variáveis de saída controláveis:** Dias de funcionamento (dias),  $n^o$  de salas (und.), percentual de salas climatizadas (%),  $n^o$  de turmas (und.), consumo de energia ativa (MWh/ano), demanda contratada (kW), área construída ( $dam^2$ ); e
6. **Variável de saída não controlável:** Área total ( $dam^2$ ).

*A priori*, seria natural considerar as variáveis de infraestrutura, características de funcionamento, consumo de energia ativa e demanda contratada como *inputs* e como *output* o montante pago em energia. Contudo, o resultado do modelo, independente da orientação, resultaria em um *benchmarking* errôneo, teoricamente, no ponto de vista da eficiência energética, pois dessa maneira o modelo objetivaria a maximização do montante pago em energia em prol da minimização dos inputs adotados.

Diante o exposto, visando a maximização dos insumos (Infraestrutura, consumo de energia e características de funcionamento) e minimização do produto (Valor pago em faturas de energia elétrica), utilizou-se do conceito de fronteira invertida de eficiência (Yamada et al., 1994), pois objetiva-se que se reduza o montante pago em energia elétrica e que mesmo assim seja possível produzir mais, ou seja, consumir mais energia ativa, aumentar o número de turmas ou aumentar o número de dias de atividade de uma escola.

#### 4.4 Implementação do modelo

Objetivando a fácil reprodução do modelo por outros entes públicos além da SEDUC, o *software gratuito Open Source DEA - OSDEA*<sup>7</sup> foi definido para a execução do modelo seguindo a metodologia definida neste trabalho.

Por limitação do *software* escolhido, as variáveis precisaram ser convertidas para escalas próximas, portanto, as medidas de área estão em decâmetro quadrado, os valores em reais estão em milhares de reais por ano e o consumo de energia ativa está em Megawatt hora.

### 5 Resultados

A escala de eficiência energética gerada pelo modelo de análise de envoltória de dados resultou na classificação de 63 unidades como eficiente e são referência para as demais 353 unidades. Essa distribuição se reflete em uma assimetria negativa apresentada na Tabela 2.

Eficiência	
<b>Média</b>	0,705236138
<b>Mediana</b>	0,712459452
<b>Desvio padrão</b>	0,231971146
<b>Curtose</b>	-1,090717036
<b>Assimetria</b>	-0,295665699
<b>Mínimo</b>	0,190952217
<b>Máximo</b>	1
<b>Contagem</b>	416

Tabela 2: Estatística descritiva da escala de eficiência

Avaliando apenas as unidades com eficiência máxima, notou-se que 57,1% dos Centros de Educação de Jovens e Adultos foram considerados eficientes e apenas 6,5% das escolas de ensino médio foram consideradas de referência.

De modo geral, é possível notar que quando o número de turmas é maior que 36 a média de eficiência aumenta em 0,25 pontos na escala. O mesmo fato acontece quando a quantidade de salas é superior a 26, todavia, a média de eficiência é acrescida em 0,23 pontos.

Dessa forma, sabendo que a média de salas é 13 e a média de turmas é 16, é possível inferir que escolas de porte acima da média têm uma tendência a ter níveis mais altos de gestão energética. Essa conjectura é reiterada sabendo que escolas que apresentam área construída superior a 108 dam<sup>2</sup> tem eficiência média de 0,93, isso representa 0,23 pontos a mais que a média geral.

Um dos benefícios do modelo implementado no OSDEA, é que este permite o cálculo das projeções das variáveis de cada DMU à fronteira de eficiência. Essa projeção indica que, caso todas

<sup>7</sup><https://opensource.org/>

as unidades atinjam seus valores ótimos com suas variáveis de entrada, seria possível haver uma redução superior a 20% no montante gasto anualmente, ou seja, a SEDUC passaria de 24,4 milhões de reais por ano gastos em energia elétrica para 19,3 milhões de reais.

Um outro produto do modelo implementado diz respeito aos pares de unidades referência. Essa segmentação possibilita a comparação entre escolas semelhantes e a replicação de boas práticas das escolas de referência. Para exemplificar, a Tabela 3 mostra três unidades, onde uma é ineficiente e duas servem como par de referência. A DMU 9011217 é a ineficiente com 21% de eficiência. Além disso, as DMUs 9011217 e 22976968 tem 6 salas e nenhuma possuem climatização, enquanto que a 9012191 tem 8 salas e todas são climatizadas.

DMU <sup>8</sup>	CUS <sup>9</sup>	FUN <sup>10</sup>	TUR <sup>11</sup>	ATO <sup>12</sup>	CON <sup>13</sup>	DEM <sup>14</sup>	ACO <sup>15</sup>
22976968	2,3	319,0	13,0	46,6	3,3	89,0	19,0
9011217	24,2	316,0	7,0	16,3	25,7	71,0	12,2
9012191	9,2	322,0	17,0	37,6	58,3	78,0	15,5

Tabela 3: Exemplo de *benchmarking*

Com o exemplo em questão é possível notar que, de forma geral, as escolas apresentam infraestruturas semelhantes. Contudo, a escola considerada ineficiente tem um número menor de turmas e de dias de funcionamento com um consumo e demanda contratada intermediário, em relação às escolas eficientes.

A variação de valor pago anualmente, em energia elétrica, pela DMU ineficiente chega a ser 10 vezes maior que o despendido pelas unidades eficientes. Essa discrepância de valor se deve a uma demanda sobrecontratada e consumo de energia ativa excessivo no horário de ponta, frutos da ausência de uma gestão energética.

### 6 Conclusões

Este estudo teve como objetivo determinar o nível de gestão energética de escolas públicas estaduais do Ceará. Para alcançar o objetivo proposto, foi utilizada a técnica quantitativa de Análise Envoltória de Dados com a aplicação de conceitos de eficiência energética e do sistema de tarifação do setor elétrico brasileiro.

Para esta pesquisa, foram consideradas as variáveis de infraestrutura, característica de funcionamento e faturamento do consumo de energia elétrica e a eficiência da gestão energética foi

<sup>8</sup>Decision Making Unit

<sup>9</sup>Custo anual, em milhares de reais, em energia elétrica

<sup>10</sup>Quantidade de dias de funcionamento

<sup>11</sup>Número de turmas

<sup>12</sup>Área Total em dam<sup>2</sup>

<sup>13</sup>Consumo anual de energia ativa em MWh

<sup>14</sup>Demanda contratada em kW

<sup>15</sup>Área construída em dam<sup>2</sup>

calculada à luz do modelo proposto por Banker e Morey (1986), utilizando o método de Análise Envolvente de Dados com retornos variáveis à escala e orientada à *inputs*.

Observou-se que escolas com um maior nível de infraestrutura apresentam um maior nível de eficiência. Esse padrão pode ser atribuído ao nível de estruturação das escolas e de seus gestores, visto que a elevação do nível de infraestrutura requer gestores mais capacitados para lidar tanto com as despesas naturalmente mais elevadas que a média quanto com a logística interna.

Foi possível notar que, caso as DMUs analisadas realizem as modificações e adaptações necessárias para atingir a fronteira de eficiência definida, seria possível obter uma redução de 5,1 milhões de reais por ano em faturas de energia elétrica.

Assim, os resultados deste trabalho corroboram, junto com a literatura nacional e internacional, a metodologia empregada apoiam a tomada de decisão, mostrando que se faz necessária a aplicação de metodologias de gestão energética em escolas públicas estaduais visando a otimização dos gastos públicos, aumento da produtividade geral e redução de custos operacionais.

Por fim, o estudo apresenta como limitação a análise de apenas um ano, resultando em poucas observações para a condução de testes estatísticos. Para pesquisas futuras, sugere-se a inserção de outras variáveis que possam detalhar mais a infraestrutura das escolas e suas características de funcionamento, como o horário de funcionamento.

## References

- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management science* **30**(9): 1078–1092.
- Banker, R. D. and Morey, R. C. (1986). Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs, *Operations research* **34**(4): 513–521.
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* **2**(6): 429–444.  
**URL: 1**
- Chung, W. (2011). Review of building energy-use performance benchmarking methodologies, *Applied Energy* **88**(5): 1470–1479.  
**URL: 1**
- Commercial Buildings Energy Consumption Survey - 2018* (n.d.). <https://www.eia.gov/consumption/commercial/pdf/CBECS%202018%20Preliminary%20Results%20Flipbook.pdf>. acessado em 10/04/2021.
- de Mello, J. C. C. B. S., Meza, L. A., Gomes, E. G. and Neto, L. B. (2005). Curso de análise de envoltória de dados, *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional* **37**(16): 2521–2547.  
**URL: 1**
- dos Santos, F. R. and Meza, L. A. (2007). Modelos de DEA com variáveis não controláveis na avaliação de veículos do segmento B, *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional* **39**(16): 338–349.  
**URL: 1**
- Energy Efficiency* (n.d.). <https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description>. acessado em 10/04/2021.
- Guo, C., Zhang, J. and Zhang, L. (2020). Two-stage additive network DEA: Duality, frontier projection and divisional efficiency, *Expert Systems with Applications* **157**: 113478.  
**URL: 1**
- H. Borgstein, E. and Lamberts, R. (2014). Developing energy consumption benchmarks for buildings: Bank branches in Brazil, *Energy and Buildings* **82**: 82–91.  
**URL: 1**
- Lee, S. E. and Rajagopalan, P. (2008). Building energy efficiency labeling programme in Singapore, *Energy Policy* **36**(10): 3982–3992.  
**URL: 1**
- Lee, W.-S. and Lee, K.-P. (2009). Benchmarking the performance of building energy management using data envelopment analysis, *Applied Thermal Engineering* **29**(16): 3269–3273.  
**URL: 1**
- Malta, D. C., Szwarcwald, C. A. L., Barros, M. B. d. A., Gomes, C. S., Machado, A. E., Souza Jã, P. R. B. d., Romero, D. E., Lima, M. G., Damacena, G. N., Pina, M. d. F. A., Freitas, M. I. d. F. A., Werneck, A. A. O., Silva, D. R. P. d., Azevedo, L. O. A. and Gracie, R. (2020). A pandemia da COVID-19 e as mudanças no estilo de vida dos brasileiros adultos: um estudo transversal, 2020, *Epidemiologia e Serviços de Saúde* **29**.  
**URL: 1**
- Neto, A. B. F., Corrêa, W. L. R. and Perobelli, F. S. (2014). Energy consumption and economic growth: an analysis of Brazil in the period 1970–2009, **1**(1): 1–19.  
**URL: 1**

Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., González, R. and Maestre, I. R. (2009). A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes, *Energy and Buildings* **41**(3): 272–278.

**URL:** 1

Selo Procel Edificações (n.d.). <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>, NOTE = "acessado em 08/04/2021".

Xuchao, W., Priyadarsini, R. and Eang, L. S. (2010). Benchmarking energy use and greenhouse gas emissions in singapore's hotel industry, *Energy policy* **38**(8): 4520–4527.

Yamada, Y., Matui, T. and Sugiyama, M. (1994). New analysis of efficiency based on dea, *Journal of the Operations Research Society of Japan* **37**(2): 158–167.