

O uso da Análise Envoltória de Dados (DEA) na Mensuração da Eficiência da Segurança Pública

Dalvana Lopes Ribeiro¹

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional / FURG, Rio Grande, RS

André Andrade Longaray²

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional / FURG, Rio Grande, RS

Resumo. O problema da segurança pública tem sido cada vez mais discutido e debatido em diversas frentes. Muitos são os fatores que podem afetar a dinâmica da segurança, entre eles a gestão da eficiência dos serviços prestados. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi mensurar a eficiência das 27 unidades federativas do Brasil com a técnica de análise por envoltória de dados (DEA). Como inputs foram considerados das despesas gastas com a segurança, efetivo policial e como output a razão entre o número de habitantes e o número de crimes violentos letais intencionais (CVLIs) e as unidades federativas como unidades tomadoras de decisão (DMUs). Como resultados observou-se que a maioria dos estados brasileiros possuem uma média a alta eficiência com exceção de três estados, Rondônia (58,88%), Tocantins (58,55%) e Amapá (49,15%), que obtiveram uma baixa eficiência. Das 27 unidades federativas, seis obtiveram eficiência máxima podendo servir como referência para as demais unidades.

Palavras-chave. Análise Envoltória de Dados, Segurança Pública, Eficiência

1 Introdução

A sociedade convive diariamente com a violência e criminalidade. O Brasil é considerado um dos lugares onde a população mais teme a violência, segundo o relatório de 2021 emitido pelo Instituto para economia e paz [8]. Desde anos 1980, a taxa de homicídios brasileira cresceu em média 20% ao ano e, desde 2014, convivemos com um patamar com cerca de 60 mil mortes violentas intencionais basombrio. O problema da segurança pública não está ligado somente à criminalidade e, sim, uma soma de outros fatores, tais como: políticos, sociais, econômicos, éticos, culturais, administrativos e históricos. Enquanto finalidade do Estado, “é uma típica necessidade coletiva que deve ser suprimida pelos organismos da Administração Pública” [2]. Nesse contexto, como os demais serviços públicos, a segurança deve-se orientar pelo princípio da eficiência, ou seja, proporcionar o melhor serviço possível com o menor dispêndio de recursos [1]. Dentre as ferramentas que são utilizadas para mensurar a eficiência, está a técnica DEA (Análise Envoltória dos Dados) que é apropriada para avaliar o desempenho de órgãos públicos, pois fornece importantes resultados aos gestores através dos índices [10]. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia DEA para identificar a eficiência das unidades federativas do Brasil no setor de serviços de segurança pública. Para isso, foi aplicado o modelo DEA-BCC com o uso do software SIAD®v3. A estrutura deste artigo esta organizada nos seguintes tópicos: referencial teórico em que são discutidos os temas sobre segurança pública e análise envoltória de dados, no tópico 3 é apresentada a metodologia utilizada, no 4 são apresentados os resultados e as discussões e no 5 as conclusões.

¹lopesribeirodalvana20@gmail.com.

²andrelongaray@gmail.com.

2 Referencial Teórico

2.1 Segurança Pública

A história recente da segurança pública no Brasil tem sido marcada por demandas acumuladas e mudanças incompletas, como a ausência de reformas significativas nas estruturas policiais e de justiça criminal [14]. Com isso, os Estados são desafiados diariamente a traçar mecanismos para garantir a defesa dos interesses vitais contra as diversas formas de ameaça ou agressão [16]. A taxa de mortes violentas intencionais (MVI) no Brasil foi de 23,6 por 100 mil habitantes em 2020. Além da situação da criminalidade, o sistema prisional brasileiro não é suficiente para desafogar o problema. Os altos níveis de superlotação carcerária, o déficit de funcionários e a falta de controle por parte das autoridades penais engendrou altos níveis de violência entre presos [9]. Segundo [4], a eficácia do sistema de segurança pública envolve a capacidade de articular intervenções multissetoriais e interorganizacionais voltadas a prevenir o crime ou a superar suas consequências deste. Esta articulação está fundamentalmente pautada em uma gestão eficiente.

2.2 Análise Envoltória de Dados

A análise envoltória de dados é uma técnica não-paramétrica que usa programação matemática para avaliar o desempenho de um determinado conjunto de unidades tomadoras de decisão (DMU). Introduzida por [6] e estendida por [5], vem sendo utilizada amplamente em diferentes tipos de empresas e organizações, auxiliando os gestores das mais diversas áreas ([13]; [3]). A DEA representa uma estrutura formada pelas DMUs com entradas e saídas definidas de forma a avaliar a eficiência relativa das mesmas [7]. A função que relaciona as entradas e saídas é chamada de função de produção, que consiste em uma representação matemática de como uma determinada unidade pode utilizar recursos do seu processo produtivo [11]. O objetivo da DEA consiste em comparar um certo número de DMUs que realizam tarefas similares e se diferenciam nas quantidades de inputs que consomem e de outputs que produzem. Para tanto, esse método calcula um índice de eficiência que varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1 mais eficiente é unidade. As DMUs com máxima eficiência compõem uma linha, que representa a fronteira de eficiência.

A organização da metodologia DEA segue três etapas principais [15]: (a) definição e seleção das DMUs; (b) escolha do modelo DEA apropriado (retornos constantes de escala ou retornos variáveis de escala); e (c) seleção das variáveis (inputs e outputs) que são relevantes para estabelecer a eficiência relativa entre as DMUs selecionadas. Com relação a modelagem, existem dois modelos clássicos: o modelo CRS (Constant Returns to Scale) também conhecido por CCR [6] e o modelo VRS (Variable Returns to Scale) também conhecido como BCC [5]. Na formulação matemática, considera-se que cada DMU $k, k = 1, \dots, n$, é uma unidade de produção que utiliza r inputs $x_{ik}, i = 1, \dots, r$ para produzir s outputs $y_{jk}, j = 1, \dots, s$.

O modelo é baseado na resolução de um problema de programação fracionária, no qual a medida de eficiência é obtida através da razão da soma ponderada dos produtos pela soma ponderada dos insumos. O modelo CRS considera retornos de escala constantes e sua formulação é apresentada em (1)

$$\max h_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}}, \tag{1}$$

sujeito a

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1, k = 1, \dots, n, \tag{2}$$

$$u_j, v_i \geq 0 \forall i, j.$$

Esse modelo, ao ser linearizado constitui um problema de Programação Linear, como em (3)

$$\max h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}, \tag{3}$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^r u_j x_{i0} = 1, \tag{4}$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, k = 1, \dots, n, \tag{5}$$

$$u_j, v_i \geq 0 \forall i, j.$$

Já o modelo BCC, considera retornos variáveis de escala e não assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Sua apresentação (PPL) é dada em (6)

$$\max h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u, \tag{6}$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^m v_j x_{i0} = 1, \tag{7}$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - u_* \leq 0, k = 1, \dots, n, \tag{8}$$

$$u_j, v_i \geq 0 \forall i, j, \text{ e } u_* \in \mathfrak{R}.$$

Em que a eficiência para a DMU é dada por h_0 , x_{ik} representa o *input* i da DMU k , y_{ik} representa o *output* j da DMU k , v_i e u_j são os pesos dados aos *inputs* i e aos *outputs* j , respectivamente, u_* é o fator de escala. Os modelos podem ser ainda “orientados a *inputs*”, quando os *outputs* são mantidos constantes e a eficiência é estimada com base na minimização dos *inputs*, ou “orientado a *outputs*”, quando os *inputs* são mantidos constantes e a eficiência é estimada com base na maximização dos *outputs*.

Devido à grande aplicabilidade da abordagem DEA, programas computacionais foram desenvolvidos para facilitar e dinamizar o processo de cálculo, entre eles o SIADv3 (Sistema Integrado de Apoio à Decisão), cujo qual foi utilizado neste trabalho. O SIAD utiliza o algoritmo Simplex para solução de problemas de programação linear [7].

3 Metodologia

Os procedimentos metodológicos deste trabalho foram classificados de acordo com a abordagem proposta por [12], que discorre sobre a natureza, objetivo e procedimentos técnicos. Sendo assim, quanto a natureza este pode ser classificada como básica pois destina-se a ampliação do conhecimento. Quanto ao objetivo, enquadra-se em uma pesquisa exploratória, pois envolve levantamento bibliográfico e visa maior familiaridade com o problema. Quanto aos procedimentos técnicos caracteriza-se como pesquisa documental, elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico [12].

Para o desenvolvimento do modelo DEA foram utilizados dados provenientes do Anuário Brasileiro de Segurança Pública – ABSP (edição de 2021), com informações referentes ao ano de 2020. O ABSP concentra informações referentes a segurança pública baseadas no fornecimento de secretarias de segurança publicas estaduais, nas esferas civis, militares e federais (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2021). Como o objetivo foi buscar a eficiência dos serviços de segurança pública no Brasil, os estados brasileiros foram considerados como as DMUs do modelo. Para realizar o cálculo foi necessário estabelecer as variáveis que compõem o conjunto de *input* e *output*. Como *input* tem-se:

Input 1: Despesas totais

Input 2: Efetivo total (efetivo da ativa das polícias brasileiras e corpo de bombeiros)

Input 3: Crimes Violentos Letais Intencionais (Homicídio Doloso + Latrocínio + Lesão Corporal Seguida de Morte)

Output 3: População (IBGE 2021)

Com a definição das variáveis, a função objetivo a ser maximizada pode ser descrita por (9)

$$\max h_0 = \frac{u_1 \text{Populao}}{v_1 \text{Despesas} + v_2 \text{Efetivo} + v_3 \text{CVLI}}, \quad (9)$$

Onde, U_1 é o peso do *output* “População”, e v_1, v_2, v_3 são os pesos dos *inputs* “Despesas”, “Efetivo” e “CVLI”, respectivamente.

Uma consideração importante deve ser levada em conta. Para o uso de modelos clássicos da DEA é necessário obedecer a regra de ouro de [5], cujo o número de DMU’s deve ser o valor máximo entre o triplo do número total de variáveis (inputs e outputs) envolvidas e o produto do número de inputs pelo de outputs [17]. Dessa forma :

$$n \geq \max 3(m + s), m \times s \quad (10)$$

Em que n é o número de DMUs, m número de inputs e s número de *outputs*. Aplicando os valores considerados, tem-se:

$$n \geq \max 3(3 + 1), 3 \times 1 \quad (11)$$

De acordo com (11), deve-se ter $n \geq 12$, o que se verifica pois como as DMUs são os estados brasileiros: $27 \geq 12$. Logo, o modelo obedece a regra de ouro. Para facilitar o processamento e por se tratar de números muito grandes, alguns dados foram ajustados a fim de melhorar o desempenho computacional.

4 Resultados e Discussão

O DEA foi calculado através do programa SIAD v3. Para tanto foram realizadas análises para cada unidade federativa. O modelo BCC foi considerado mais propício, por adequar a heterogeneidade da amostra. A Tabela 1 apresenta os resultados.

Tabela 1: Eficiência dos serviços de segurança pública dos estados.

UF	Eficiência
Acre	69,75%
Alagoas	75,78%
Amapá	49,15%
Amazonas	76,82%
Bahia	99,45%
Ceará	83,19%
Distrito Federal	96,08%
Espírito Santo	75,26%
Goiás	72,42%
Maranhão	100,00%
Mato Grosso	60,91%
Mato Grosso do Sul	78,79%
Minas Gerais	80,24%
Pará	83,07%
Paraíba	72,40%
Paraná	100,00%
Pernambuco	91,04%
Piauí	100,00%
Rio de Janeiro	73,17%
Rio Grande do Norte	84,88%
Rio Grande do Sul	89,68%
Rondônia	58,88%
Roraima	100,00%
Santa Catarina	100,00%
São Paulo	100,00%
Sergipe	71,59%
Tocantins	58,55%

Conforme os resultados, os estados com maior eficiência foram Santa Catarina, Roraima, São Paulo, Piauí, Paraná e Maranhão que obtiveram 100% de eficiência. Em seguida estados como Bahia, Distrito Federal, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, Ceará, Pará e Minas Gerais possuíram eficiência entre 80% e 99%. Os estados com menor eficiência foram Rondônia (58,88%), Tocantins (58,55%) e Amapá (49,15%). Baseado na fronteira de eficiência DEA, os seis estados que alcançaram 100% de eficiência podem ser considerados benchmarks para os demais, servido como referência. Com base na variação medida pela DEA e na Tabela 1 pode-se construir uma escala de eficiência com as seguintes faixas: de 0 a 60% correspondente a um grau baixo de eficiência, de 60% a 90% com grau moderado e de 90% a 99% um grau alto de eficiência. Nessa concepção, 11% dos estados brasileiros possuíram uma baixa eficiência na condução de do planejamento de segurança, 55% obtiveram uma eficiência média, 11% uma alta eficiência e 22% alcançaram o nível máximo de eficiência. A Figura 1 mostra a distribuição espacial dessas medidas.

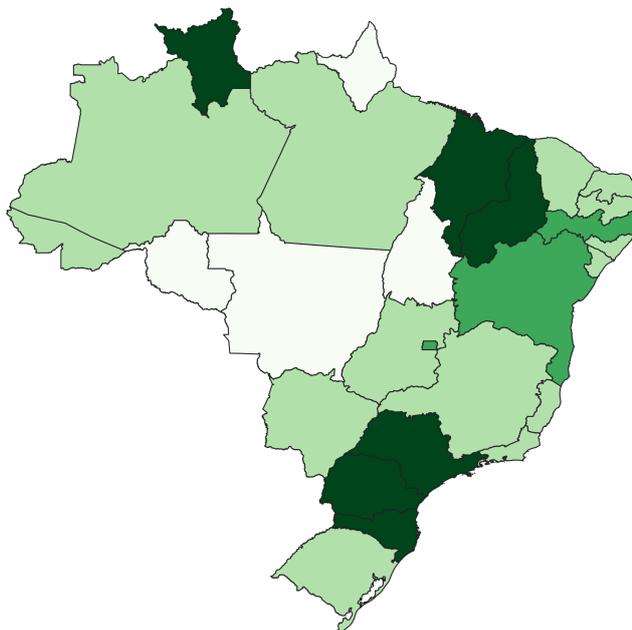


Figura 1: Esquema gráfico básico da DEA. Fonte: Adaptado de GEREK et al, 2016.

5 Conclusões

O presente trabalho buscou avaliar a aplicação da análise envoltória de dados par determinar a eficiência dos serviços de segurança pública do Brasil. Para tanto, foram utilizados dados provenientes do Anuário Brasileiro de Segurança Pública – ABSP (edição de 2021), com informações referentes ao ano de 2020. As unidades federativas foram consideradas como unidades tomadoras de decisão e para cada uma foi selecionado três inputs (despesas, efetivo, CVLI) e o output foi selecionada a taxa de segurança para ser maximizada que pode ser entendida como a razão ente no. De habitantes/no. CVLI. Para a modelagem foi utilizado o modelo BCC orientado a output. Os resultados mostram que a maioria dos estados mostraram uma média a alta com exceção dos estados de Rondônia (58,88%), Tocantins (58,55%) e Amapá (49,15%), que apresentaram uma eficiência baixa. Como benchmarks obteve-se os estados de Santa Catarina, Roraima, São Paulo, Piauí, Paraná e Maranhão que atingiram 100% de eficiência. Com este trabalho foi possível aplicar a metodologia DEA que contribuiu na avaliação de eficiência dos serviços de segurança pública. Os estados que atingiram 100% de eficiência podem servir como referência aos demais na tarefa de administração de recursos públicos e boas práticas.

Referências

- [1] Neto A. R. P Almeida I.S. “Eficiência dos serviços de segurança pública no Brasil: uma análise por envoltória de dados”. Em: **Exacta** (2020). Aceito. DOI: 10.5585/exactaep.v18n3.10928.
- [2] D. F. Amaral. **Curso de Direito Administrativo**. 2a. ed. Coimbra: Almedina, 1994. ISBN: 978-85-67450-01-8.

- [3] M. Azadi et al. “A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context.” Em: **Computers Operations Research** (2015).
- [4] P.R. Ballesteros. “Gestão de políticas de segurança pública no Brasil: problemas, impasses e desafios”. Em: **Revista Brasileira de Segurança Pública** (2014).
- [5] R.D. Banker, A. Charnes e W.W. Cooper. “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis”. Em: **Management Science** (1984).
- [6] A. Charnes, W.W. Cooper e E. Rhodes. “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”. Em: **European Journal Of Operational Research** (1978).
- [7] D. Da Silva, G. Marke e D.R. Boente. “A eficiência financeira e esportiva dos maiores clubes de futebol europeus utilizando a análise envoltória de dados.” Em: **Revista de Contabilidade e Organizações** (2011).
- [8] Institute for Economics Peace. “Global Peace Index 2021: Measuring Peace in a Complex World, Sydney, June 2021”. Em: **Available from: <http://visionofhumanity.org/reports> (accessed Date Month Year** (2021).
- [9] R.D. Estrella et al. “O Sistema Carcerário no Brasil”. Em: **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação** (2021).
- [10] C.G. Feitosa e A. N.and Hein A. F. Schull. “Análise da eficiência dos gastos em segurança pública nos estados brasileiros através da análise envoltória de dados (DEA)”. Em: **Revista Capital Científico-Eletrônico** (2014).
- [11] G. Fioretti. “The production function.” Em: **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications** (2007).
- [12] A.C. Gil. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6a. ed. Rio de Janeiro: atlas, 2021. ISBN: 978-85-97-01261-3.
- [13] C. Kao. “Efficiency decomposition for general multi-stage systems in data envelopment analysis”. Em: **European Journal of Operational Research** (2014).
- [14] R.S Lima e G. Mingardi. “Estado, polícias e segurança pública no Brasil”. Em: **Revista Direito GV** (2016).
- [15] M.P.E. Lins e L.A. Meza. “Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão”. Em: **Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ** (2000).
- [16] S.H. Manuel. “Desafios de defesa e segurança face à proliferação de novas ameaças de segurança pública na sociedade.” Em: **Revista Científica** (2021).
- [17] O. Parlakay, B. Gozener e M. Sayili. “Production cost and technical efficiency in the enterprises producing sunflower in dry conditions: a case study of Edirne, Turkey.” Em: **Custos e Agronegócio on line** (2016).