



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ATRAVÉS DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ORGANIZACIONAIS: DATA ENVELOPMENT ANALYSIS E TEORIA CONTINGENCIAL

NAIJELA SILVEIRA – naijela.silveira@docente.unip.br
UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP - JUNDIAÍ

ÁREA: 1. ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO

SUBÁREA: 1.1 GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

RESUMO: A TEORIA DA CONTINGÊNCIA E A FERRAMENTA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS VISAM A MELHORIA DA EFICIÊNCIA DAS ORGANIZAÇÕES, CONSIDERANDO A RELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO E FATORES AMBIENTAIS. NESTE ÂMBITO, ESTE TRABALHO TEM POR OBJETIVO ANALISAR A EFICIÊNCIA DE ESTADOS BRASILEIROS UTILIZANDO-SE DE DADOS AMBIENTAIS E ORGANIZACIONAIS ATRAVÉS DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS. A UTILIZAÇÃO DA DEA PERMITIU A ANÁLISE DOS FATORES QUE MAIS CONTRIBUÍRAM PARA O ALCANCE DA EFICIÊNCIA, ASSIM COMO O PRÉVIO CONHECIMENTO DOS FATORES QUE PODEM SER ALTERADOS PARA QUE AS ORGANIZAÇÕES DOS ESTADOS CLASSIFICADOS COMO INEFICIENTES SE TORNEM EFICIENTES. A MAIORIA DOS ESTUDOS DE DEA DE FATORES CONTEXTUAIS OU AMBIENTAIS IGNORA A TEORIA CONTINGENCIAL, ENTÃO SE ACREDITA QUE A CONSCIÊNCIA DE UMA TEORIA SUBJACENTE PODE AUMENTAR O RIGOR DESSA LITERATURA.

PALAVRAS-CHAVES: TEORIA CONTINGENCIAL; ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS; EFICIÊNCIA; VARIÁVEIS AMBIENTAIS; VARIÁVEIS ORGANIZACIONAIS.

1. INTRODUÇÃO

A medida de desempenho de organizações é importante para se determinar como os recursos serão usados, como as saídas serão obtidas, e como os processos serão gerenciados (GOKSEN; DOGAN; OZKARABACAK, 2015).

Emery e Trist (1965) ressaltam que um dos principais problemas no estudo das organizações é que contextos ambientais em que as organizações são inseridas mudam a um ritmo crescente e com complexidade. Souza (1978) afirma que a eficiência e eficácia da ação administrativa estão intimamente ligadas, por um lado, com as características da personalidade e natureza das habilitações do administrador que a deflagra e, por outro, com as peculiaridades da organização (em um dado meio ambiente). De acordo com Faria, Jannuzzi e Silva (2008), a necessidade de se obter maior eficiência dos gastos públicos tem possibilitado um aprimoramento nos instrumentos e técnicas para tomada de decisão para avaliação das políticas públicas no país.

Neste âmbito, destaca-se a ferramenta Análise Envoltória de Dados (DEA) por sua capacidade de trabalhar com variáveis escalares, junto a um sistema de ranking por score a fim de demonstrar unidades com maior eficiência relativa, bem como auxiliar unidades em *déficit* a melhorarem seu desempenho. Embora ainda recente no país já existe um conjunto significativo de trabalhos aplicados da técnica no campo, com nível avançado de sofisticação metodológica.

A Teoria Contingencial, por sua vez, parte da premissa básica de que as condições ambientais causam as transformações no interior das organizações. Assim, é de suma importância identificar os principais determinantes que influenciam na eficiência das organizações, para auxiliar na melhor alocação de recursos das mesmas (AZIZIMEHR et al., 2022; LACOMBE; HEILBORN, 2003).

Nessa conjuntura, os autores Harrison e Rouse (2016) discutem a importância da Teoria da Contingência ser utilizada juntamente com a ferramenta Análise Envoltória de Dados na relação entre desempenho e fatores ambientais, pois ambas visam a melhoria da eficiência das organizações. Trabalhos como de Azizimehr et al. (2022), Izadikhah e Farzipoor (2019), Yu, Ramanathan e Nath (2017), Mareth et al (2017), Palazzolo e Ozcan (2016), Lindalbauer, Winter e Schrevogg (2016) consideram as premissas da Teoria Contingencial para a seleção de variáveis na DEA.

Diante deste contexto, este trabalho tem por objetivo analisar a eficiência de estados brasileiros utilizando-se de dados ambientais e organizacionais através da DEA.

As variáveis organizacionais utilizadas neste trabalho foram a produtividade de trabalho e a qualificação dos trabalhadores, relacionadas ao capital humano. Já as variáveis ambientais utilizadas enquadram-se em pilares de inovação, infraestrutura, educação, sustentabilidade ambiental e social.

Vale ressaltar, que a estrutura apresentada não se presta a ser a base de uma teoria da produtividade do trabalho e da qualificação dos trabalhadores, ou de um modelo econométrico para estimar o impacto dos principais determinantes das variáveis organizacionais, nem mesmo a estabelecer uma ordem de importância entre os diferentes fatores. Em resumo, o propósito é analisar as possíveis determinantes do valor da produtividade do trabalho e da qualificação dos trabalhadores.

Assim, a utilização da DEA permite a análise dos fatores que mais contribuem para o alcance da eficiência, assim como o prévio conhecimento dos fatores que podem ser alterados para que empresas classificadas como ineficientes se tornem eficientes. Adicionalmente, a ferramenta de análise de regressão foi utilizada para validação das variáveis a serem inclusas na aplicação da DEA, para que de fato sejam utilizadas variáveis com significância estatística.

Pode-se afirmar que a maioria dos estudos de DEA de fatores contextuais ou ambientais ignoram a Teoria Contingencial, então acredita-se que a consciência de uma teoria subjacente pode aumentar o rigor dessa literatura, e auxiliar na seleção de variáveis da DEA.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Teoria da Contingência

A palavra contingência, segundo Chiavenato (2000), significa algo incerto ou eventual, que pode suceder ou não. A Teoria da Contingência, conforme Tosi e Hamner (1974) procura focalizar o comportamento organizacional observável e o ambiente externo, uma vez que o comportamento organizacional é uma função de suas consequências contingentes. Assim, uma abordagem contingencial é uma abordagem na qual o comportamento de uma subunidade é dependente de suas relações ambientais com outras unidades ou subunidades.

Para Luthans (1976) a essência da Abordagem Contingencial é que o ambiente é funcionalmente relacionado com a administração. Mais especificamente, a administração contingencial é afetada pela relação entre as variáveis ambientais relevantes e os conceitos e

técnicas administrativos apropriados, que conduzam a um alcance eficaz dos objetivos. Desta maneira, a contingência é simplesmente uma relação funcional entre as variáveis ambientais e as variáveis administrativas. Podemos citar trabalhos importantes para a evolução da Teoria da Contingência, a saber: Burns e Stalker (1961), Chandler (1962), Lawrence e Lorsch (1967), Perrow (1967), Kast e Rosendzweig (1973), Scott e Mitchell (1976), Pascale e Athos (1981).

O estudo pioneiro de Lawrence e Lorsch (1967) sobre a Teoria da Contingência, através da análise de dez firmas, atuando em três tipos de indústrias (plásticos, alimentos e recipientes padronizados), permitiu o desenvolvimento de um esquema para o desenho organizacional contingencial.

O autor Junqueira (2010) ressalta que a Teoria da Contingência existe dentro de um contexto em que as organizações sofrem influências do ambiente onde estão inseridas, ou seja, uma mudança no ambiente refletirá em mudanças simultâneas e proporcionais na estrutura das organizações. Nesse sentido, Lacombe e Heilborn (2003), mencionam que a Teoria da Contingência parte da premissa básica de que as condições ambientais é que causam as transformações no interior das organizações.

Os fatores contingenciais, segundo Junqueira (2010), podem ser variáveis tanto internas (estrutura, tamanho, estratégia) como externas (globalização dos mercados, avanços tecnológicos, aumento de competitividade, complexidade de arranjos produtivos) que podem modelar características específicas da empresa em determinado momento.

Diante deste contexto, os autores Harrison e Rouse (2016) discutem a importância da Teoria da Contingência ser utilizada juntamente com a ferramenta Análise Envoltória de Dados na relação entre desempenho e fatores ambientais, pois ambas visam a melhoria da eficiência das organizações.

2.2 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados DEA (sigla inglesa para *Data Envelopment Analysis*) configura um método para utilização adequada dos recursos disponíveis para o processo produtivo. Objetiva-se com o mesmo, conforme Ferreira e Gomes (2009, p.22) "avaliar o desempenho de organizações e atividades, essencialmente por meio de medidas de eficiência técnica". O Quadro 1 demonstra duas definições da metodologia DEA do ponto de vista de diversos autores.

QUADRO 1 - Definições da metodologia DEA.

Autores/Ano	Definições de DEA
Barra e Zotti (2016); Chao e Mingzhe (2009); Johnes (2006); Alwaddood et al. (2011); Agha et al. (2011); Ramírez e Alfaro (2013); Rayeni e Saljooghi (2010); Ferreira e Gomes (2009); Pranesh, Rajan e Navas (2013)	DEA é uma abordagem não-paramétrica com modelo de programação matemática, o que é muitas vezes utilizado para avaliar a eficiência relativa de unidades com múltiplas entradas e saídas.
Abbott e Doucouliagos (2003); Agha et al. (2011); Rayeni e Saljooghi (2010); Aoki et al. (2010); Taylor e Harris (2004)	DEA é uma técnica analítica que pode ser usada para auxiliar na identificação de melhores práticas no desempenho no uso de recursos entre um grupo de organizações.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

É relativamente difícil avaliar o desempenho relativo de uma organização, isto é, o desempenho comparado a um parceiro de excelência (*benchmark*), quando há múltiplos insumos e múltiplos produtos a serem considerados na análise do sistema produtivo (FERREIRA; GOMES, 2009).

Kuah e Wong (2011) definem a DEA como uma metodologia simples, mas poderosa usada para medir a eficiência relativa de um grupo de empresas ou unidades homogêneas tomadoras de decisão (DMUs).

De acordo com Pereira (1995), define-se DMU como uma firma, departamento, divisão, unidades administrativas ou operacionais cuja eficiência está sendo avaliada. Cada DMU é representada por insumos (variáveis de entradas - *inputs*) e produtos (variáveis de saídas - *outputs*), sendo a ideia básica a comparação entre produtos e insumos.

A eficiência é avaliada pela comparação entre a produtividade observada e a produtividade máxima que poderia ser alcançada. Assim, a metodologia DEA se baseia nos princípios da eficiência (GIACOMELLO; OLIVEIRA, 2014).

A aplicação da metodologia DEA em um problema compreende três etapas principais segundo Lins e Meza (2000): a definição e seleção das DMUs (*Decision Making Units*) para análise; a seleção de variáveis (*inputs* e *outputs*) que são relevantes e apropriadas para estabelecer a eficiência relativa das DMUs selecionadas; e, a aplicação dos modelos DEA.

Segundo os autores Vasconcelos, Canen e Lins (2006), os modelos DEA são classificados em função do tipo de superfície envoltória, a orientação (*inputs* ou *outputs*) e a medida de eficiência, os quais são classificados em: modelo com Retorno de Escala Constante – CCR ou CRS (*Constant Returns to Scale*) – e modelo com Retorno de Escala Variável – BCC ou VRS (*Variable Returns to Scale*).

O modelo CCR, de acordo com Kaneshiro (2008), foi desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, e permite uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica

as fontes e estimativas de montantes das ineficiências identificadas. Posteriormente, foi criado outro modelo DEA denominado BCC, que generaliza o modelo CCR, considerando tecnologias com rendimentos de escala constantes, crescentes e decrescentes, isto é, rendimentos variáveis de escala. O modelo BCC considera situações de eficiência de produção com variação de escala, sem assumir uma relação de proporcionalidade entre os *inputs* e os *outputs*.

Desta maneira, os resultados da DEA são mais detalhados do que os obtidos na abordagem paramétrica, servindo melhor ao embasamento de recomendações de natureza gerencial.

2.3 Estado da arte

Neste tópico é realizada uma revisão de literatura referente à Análise Envoltória de Dados e à Teoria Contingencial a fim de explorar aplicações conjuntas destas duas abordagens. No processo de busca e análise dos artigos foram utilizados os portais Web of Science e Scopus. No Quadro 2 apresentam-se os trabalhos, autor(es), ano de publicação e as principais contribuições/foco de análise dos mesmos.

QUADRO 2 - Trabalhos encontrados na literatura (Objetivo/Contribuições).

Autor(es)	Objetivos/Principais resultados
Azizimehr et al. (2022)	O trabalho teve por objetivo fornecer um modelo de capacidade dinâmica do sistema contábil baseado na eficácia do sistema de contabilidade gerencial. Os resultados da análise mostram que a capacidade dinâmica do sistema de informação contábil consiste em flexibilidade, continuidade, avaliação, investimento contínuo e variabilidade do sistema. O resultado indica que o sistema de contabilidade gerencial é eficaz.
Yu, Ramanathan e Nath (2017)	O objetivo deste estudo é explorar a relação entre as pressões ambientais (ou seja, a regulamentação ambiental e as pressões dos interessados) e o desempenho considerando o papel mediador da estratégia de inovação ambiental e o papel moderador da capacidade de <i>marketing</i> . Os resultados mostram que a estratégia de inovação ambiental mede total/parcialmente a relação entre a pressão ambiental e as pressões dos interessados e o desempenho ambiental parcialmente mede o efeito da regulação ambiental sobre o desempenho financeiro.
Mareth et al (2017)	O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sistemática da literatura integrando os resultados de estudos existentes sobre Eficiência Técnica (TE) em fazendas leiteiras. Este artigo oferece uma síntese de pesquisa qualitativa inovadora com quadros e a classificação de literatura anterior e uma agenda de pesquisa, que oferece uma perspectiva nova e diferente de análise, inovando sobre os procedimentos quantitativos disponíveis para combinar resultados estatísticos.
Palazzolo e Ozcan (2016)	O objetivo do estudo foi determinar se as Organizações de Cuidados Responsáveis (ACOs) mais tecnicamente eficientes conseguiram requisitos para ganhar economias. Este estudo inaugural de ACOs usando Análise Envoltória de Dados encontrou menos de um quinto de ACOs no Programa de Poupança Compartilhada do Medicare eficiente com um escore de eficiência médio de 0,803 para resultados de 2014. Os ACOs mais eficientes não se restringem a aqueles que conseguem economias obtidas.

Lindlbauer, Winter e Schrevogg (2016)	Com base na Teoria da Contingência, na teoria do agente principal e nas literaturas de corporativização, o objetivo deste estudo é avaliar empiricamente as relações postuladas sobre os antecedentes e as consequências da corporativização. Os resultados indicam que os hospitais de direito público foram significativamente mais propensos a serem corporativizados sob certas circunstâncias, nomeadamente, em áreas com maior grau de concorrência espacial, durante os anos em torno de uma grande mudança no sistema de reembolso.
Harrison e Rouse (2016)	Capítulo de livro que considera o uso de informações contábeis na DEA. Os autores examinaram algumas das vantagens e armadilhas de usar esse tipo de informação em modelos DEA. O capítulo conclui discutindo a Teoria da Contingência e como ela pode ser usada para informar a pesquisa da DEA sobre a relação entre desempenho e fatores ambientais.
Gallea et al (2014)	O trabalho tem por objetivo desenvolver e demonstrar uma nova metodologia de referência baseada na Análise Envoltória de Dados (DEA) para examinar o desempenho de fluxos de valor dentro da cadeia de suprimentos com referência específica ao nível de incerteza ambiental que enfrentam. O documento demonstra como a DEA pode ser usada para orientar os esforços de melhoria da cadeia de fornecimento através da identificação do modelo a seguir e da configuração do alvo, de forma a reconhecer as múltiplas dimensões/resultados do processo da cadeia de suprimentos e a influência de suas condições ambientais.
Schoenherr e Talluri (2013)	Utilizando-se uma amostra de 402 plantas localizadas na Europa e nos EUA, este trabalho tem por objetivo analisar o impacto de um conjunto explícito das Iniciativas de Sustentabilidade Ambiental (reciclagem, redução de resíduos, prevenção da poluição, certificação ISO 14000) sobre as eficiências das plantas. Baseando-se na teoria institucional, os autores sugeriram que a busca das Iniciativas de Sustentabilidade Ambiental sejam reforçadas entre as plantas europeias, em comparação com as suas contrapartes dos EUA.
Talluri et al (2013)	Este estudo é o primeiro de seu tipo na avaliação e proposição de estratégias eficientes de mitigação do risco da cadeia de suprimento na presença de uma variedade de categorias de risco, fontes de risco e configurações de cadeia de suprimentos. Com base na Teoria da Contingência, os autores afirmam que a adequação e eficácia das estratégias de mitigação de risco dependem dos ambientes internos e externos e que não existe uma estratégia de tamanho único.
Van, Leung e Bechara (2012)	Este artigo desenvolve e testa a Teoria da Contingência organizacional multinível para a concepção de relações de sede e subsidiária. Utilizou-se a análise de fronteira para superar problemas que prejudicaram os avanços na Teoria da Contingência organizacional em geral e as relações de sede e subsidiária em particular. Identificaram-se que as políticas de sede uniformes têm efeitos diferentes sobre o desempenho das unidades subsidiárias, beneficiando alguns e impedindo outros sem a culpa deles.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Por análise, verifica-se que a Teoria da Contingência fornece uma base teórica para análise de variáveis contextuais nos modelos DEA, e que há poucos trabalhos na literatura que agreguem tal fator.

3. METODOLOGIA

3.1 População de estudo e coleta de dados

Neste trabalho, a população de estudo são os estados brasileiros, ou seja, as DMUs. Assim, a amostra dispõe de 26 estados e o Distrito Federal, tratando-se da primeira etapa da DEA. Os dados referentes aos *inputs* e *outputs* são dados secundários que foram extraídos do relatório técnico 2016, no ranking de competitividade dos estados. Portanto, serão analisados os *inputs* e *outputs* conforme apresentado no Quadro 3, no qual consta a descrição dos

mesmos e a classificação dos respectivos pilares do relatório técnico.

QUADRO 3 - Variáveis selecionadas para análise econométrica.

Variáveis		Descrição	Pilar
X1 = Investimentos Públicos em P&D	Input	Participação de Investimento público em P&D no PIB estadual	Inovação
X2 = Mobilidade urbana	Input	Tempo gasto no trajeto entre casa e trabalho (minutos)	Infraestrutura
X3 = IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica)	Input	Qualidade da educação básica do Brasil. Considera fluxo escolar e a média de desempenhos nas avaliações de toda a rede de ensino (nota de 0 a 10)	Educação
X4 = Tratamento de esgoto	Input	Parcela tratada do total de água consumida no estado	Sustentabilidade Ambiental
X5 = Acesso ao Saneamento Básico – água	Input	% de domicílios com acesso à água canalizada de rede geral de distribuição	Sustentabilidade Social
Y1 = Produtividade de Trabalho	Output	PIB pelo total de pessoas ocupadas no período	Capital humano
Y2 = Qualificação dos trabalhadores	Output	Anos de estudos da população economicamente ativa	Capital humano

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.2 Análise econométrica e Modelo DEA

Como observado na Teoria da Contingência as características ambientais são as variáveis independentes, enquanto as características organizacionais são variáveis dependentes. Assim, as variáveis de investimentos públicos em P&D, mobilidade urbana, e IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica), tratamento de esgoto e acesso ao saneamento básico são as variáveis ambientais que podem influenciar as variáveis dependentes: produtividade de trabalho; e, qualificação dos trabalhadores.

Para análise econométrica utilizou-se a Regressão Múltipla em um modelo com 95% de nível de confiança para estabelecer o teste de significância individual dos parâmetros estimados.

A terceira etapa da DEA é a aplicação do modelo. A técnica DEA foi realizada de acordo com o modelo BCC, com orientação a *output*, dado que não é possível estabelecer proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, ou seja, não se espera dobrar a produtividade do trabalho com a duplicação da mobilidade urbana, por exemplo. O cálculo da eficiência foi realizado pelo *software* SIAD 3.0 demonstrando um ranking dos programas com maior

eficiência relativa, bem como a identificação das instituições *benchmark*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação do modelo econométrico tem a função de validar e quantificar a contribuição de cada *input* para cada um dos *outputs* em questão. Os resultados da validação encontram-se no Quadro 4.

QUADRO 4 - Coeficientes β . X1 = Investimentos Públicos em P&D; X2 = Mobilidade urbana; X3 = IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica); X4 = Tratamento de esgotos; X5 = Acesso ao Saneamento Básico – água; Y1 = Produtividade de Trabalho; e, Y2 = Qualificação dos trabalhadores. Considere: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

Variáveis	X1	X2	X3	X4	X5
Y1	-0,178	-0,391***	14,414**	0,157	0,154
Y2	-0,018	-0,262**	18,346**	0,093	0,322**

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Pela análise do Quadro 4, nota-se que as variáveis x1 e x4 não apresentaram significância estatística com nenhum dos outputs, portanto foi descartado da etapa da análise de eficiência. Assim, conforme a análise econométrica, não é possível estabelecer relação entre os investimentos públicos em P&D e Tratamento de Esgotos com a produtividade de trabalho e com a qualificação dos trabalhadores.

Portanto, para a etapa de Análise Envoltória de Dados foram selecionadas as variáveis do Quadro 5. Os resultados do ranking de eficiência gerado pela DEA encontram-se no Quadro 6.

QUADRO 5 - Variáveis selecionadas para a etapa da DEA.

Variáveis		Descrição	Pilar
X1 = Mobilidade urbana	Input	Tempo gasto no trajeto entre casa e trabalho (minutos)	Infraestrutura
X2 = IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica)	Input	Qualidade da educação básica do Brasil. Considera fluxo escolar e a média de desempenhos nas avaliações de toda a rede de ensino (nota de 0 a 10)	Educação
X3 = Acesso ao Saneamento Básico – água	Input	% de domicílios com acesso à água canalizada de rede geral de distribuição	Sustentabilidade Social
Y1 = Produtividade de Trabalho	Output	PIB pelo total de pessoas ocupadas no período	Capital humano

Y2 = Qualificação dos trabalhadores	Output	Anos de estudos da população economicamente ativa	Capital humano
-------------------------------------	--------	---	----------------

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

QUADRO 6 - Ranking de eficiência (Estados brasileiros).

Eficiência das DMUs	
DMU1 – Acre	1
DMU2 – Alagoas	1
DMU3 – Amazonas	1
DMU4 – Amapá	1
DMU5 – Bahia	0,583746
DMU6 – Ceará	0,400822
DMU7 - Distrito Federal	1
DMU8 - Espírito Santo	0,554502
DMU9 – Goiás	0,539714
DMU10 – Maranhão	1
DMU11 - Minas Gerais	0,490818
DMU12 - Mato Grosso do Sul	0,61363
DMU13 - Mato Grosso	0,682131
DMU14 – Pará	0,950824
DMU15 – Paraíba	0,336633
DMU16 – Pernambuco	0,629591
DMU17 – Piauí	0,002502
DMU18 – Paraná	0,68691
DMU19 - Rio de Janeiro	1
DMU20 - Rio Grande do Norte	0,541952
DMU21 – Rondônia	0,418217
DMU22 – Roraima	0,754685
DMU23 - Rio Grande do Sul	0,584987
DMU24 - Santa Catarina	0,71123
DMU25 – Sergipe	0,576639
DMU26 - São Paulo	0,791137
DMU27 – Tocantins	0,566698

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Conforme o Quadro 6, sete DMUs (26% da amostra) apresentaram-se eficientes segundo a DEA: DMU_1 (Acre); DMU_2 (Alagoas); DMU_3 (Amazonas); DMU_4 (Amapá); DMU_7 (Distrito Federal); DMU_10 (Maranhão); e, DMU_19 (Rio de Janeiro).

As folgas são distorções causadas pelo fato da fronteira ser linear por partes, conduzindo a unidades fracamente eficientes. As unidades eficientes que não possuem folgas

são denominadas “fortemente eficientes”, e as unidades que são eficientes com folgas são denominadas “fracamente eficientes”. Por análise nenhuma das eficientes apresentaram folgas, classificando-se todas como fortemente eficientes.

Para critério de desempate entre as DMUs eficientes de maneira qualitativa, analisa-se para quantas unidades cada DMU é referência. Considera-se as *benchmarks* mais eficientes, as quais possuem maior número de referências (unidades ineficientes). Assim, conforme a análise qualitativa, os três estados mais eficientes segundo a DEA são: DMU7_Distrito Federal; DMU4_Amapá; e, DMU1_Acre. Na análise DEA é considerado a utilização dos recursos (*inputs*) para o alcance do produto (*output*). A eficiência se refere à relação entre os resultados obtidos e os recursos empregados. Dessa forma, aspectos gerenciais (decisões de alocação de recursos) são mais relevantes do que o porte na análise DEA.

Vale ressaltar que conforme a Teoria da Contingência a organização é de natureza sistêmica, suas características organizacionais apresentam uma interação entre si e com o ambiente, na qual as características ambientais funcionam como variáveis independentes, enquanto as características organizacionais são variáveis dependentes. Assim, é no ambiente que estão as causas das características das organizações, não havendo uma forma única de se organizar. A importância da utilização da DEA nesse aspecto, é que a mesma permite a análise dos fatores que mais contribuem para o alcance da eficiência, assim como o prévio conhecimento dos fatores que podem ser alterados para que as organizações dos estados classificados como ineficientes se tornem eficientes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da DEA permitiu a análise dos fatores que mais contribuíram para o alcance da eficiência, assim como o prévio conhecimento dos fatores que podem ser alterados para que as organizações dos estados classificados como ineficientes se tornem eficientes.

A maioria dos estudos de DEA de fatores contextuais ou ambientais ignoram a teoria, então acredita-se que a consciência de uma teoria subjacente pode aumentar o rigor dessa literatura, uma vez que ambas as abordagens visam a melhoria da eficiência das organizações. As variáveis como acesso de serviços de telecomunicações, qualidade dos serviços de telecomunicações, e, patentes não foram incluídas devido à falta de disponibilidade de dados.

Como sugestões de trabalhos futuros propõe-se a aplicação da ferramenta Fronteira Invertida utilizada para desempate entre DMUs eficientes. De acordo com os princípios da Fronteira Invertida, a DMU mais eficiente seria aquela que conseguir produzir muito de todos os outputs e gastar pouco de todos os inputs. Neste trabalho foi utilizada a análise qualitativa de desempate de DMUs eficientes, assim recomenda-se a aplicação da ferramenta Fronteira Invertida para desempate quantitativo que apresenta-se como mais preciso.

Recomenda-se também, a adição de mais anos para cálculo de eficiência para análise de evolução da mesma. Para tal, sugere-se a aplicação da ferramenta Análise de Janela na qual pode-se utilizar múltiplas DMUs e múltiplos anos. Outra sugestão a ser ressaltada é a utilização desta ferramenta para análise de eficiência de organizações, para melhor analisar a relação entre as características ambientais e organizacionais, e contribuir de alguma maneira para melhor alocação de recursos das organizações.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, M.; DOUCOULIAGOS, C. The efficiency of Australian universities: a Data Envelopment Analysis, **Economics of Education Review**, v,22, n.01, p,89-97, 2003.
- AGHA, S. R.; KUHAİL, I.; ABDELNABI, N.; SALEM, M.; GHANIM, A. Assessment of academic departments efficiency using data envelopment analysis, **Journal of Industrial Engineering and Management**, v,04, n,02, p,301-325, 2011.
- ALWADOOD, Z.; NOOR, N. M.; KAMARUDIN, M. F. Performance Measure of Academic Departments Using Data Envelopment Analysis, **IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications**, ISBEIA, v,11, p,395-399, 2011.
- ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E. G. ISYDS– Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v.25, n.3, p 493-503. 2005.
- AOKI, S.; INOUE, K.; GEJIMA, R. Data envelopment analysis for evaluating Japanese universities, **Artif Life Robotics**, v,15, n.02, p,165–170, 2010.
- AZIZIMEHRA, A.; NIAB, G. T.; VAKILIFARD, H. A Data Envelopment Analysis Model to Provide a Dynamic Accounting Information System for Measuring the Financial Effectiveness of Management Accounting System, **Advances in Mathematical Finance & Applications**, v.07, n.01, p.153-170, 2022.
- BARRA, C.; ZOTTI, R. Measuring Efficiency in Higher Education: An Empirical Study Using a Bootstrapped Data Envelopment Analysis, **Journal of International Advances in Economic Research**, v.22, n.01, p.11-3, 2016.

BURNS, T. E.; STALKER, G. M. **The management of innovation**. 1961.

CHANDLER, A. **Strategy and structure**. Cambridge: MIT. Press. p.463, 1962.

CHAO, Z.; MINGZHE, W. The Evaluation Research on Higher Education Efficiency with Data Envelopment Analysis (DEA), **China Institute of Industrial Relations Beijing**, 2009.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 2ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.

EMERY, F. E.; TRIST, E. L. The causal texture of organizational environments. **Human relations**, v.18, n.01, p.21-32, 1965.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro, **Revista de Administração Pública**, v.42, n.1, p.155-177, jan./fev, 2008.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**, Viçosa: Editora UFV, 2009, 389p.

GALLEAR, D.; GHOBADIAN, A.; LI, Y.; O'REGAN, N.; CHILDHOUSE, P.; NAIM, M. An environmental uncertainty-based diagnostic reference tool for evaluating the performance of supply chain value streams. **Production Planning & Control**, v.25, p.1182-1197, 2014.

GIACOMELLO, C. P.; OLIVEIRA, R. L. **Análise Envoltória De Dados (DEA): Uma Proposta Para Avaliação De Desempenho De Unidades Acadêmicas De Uma Universidade**, Revista GUAL, Florianópolis, v, 7, n, 2, p, 130-151, mai, 2014.

GOKSEN, Y.; DOGAN, O.; OZKARABACAK, B. A Data Envelopment Analysis Application for Measuring Efficiency of University Departments, **Procedia Economics and Finance**, v.19, p.226-237, 2015.

HARRISON, J.; ROUSE, P. DEA and accounting performance measurement. **International Series in Operations Research and Management Science**, v.239, p.385-412, 2016.

IZADIKHAH, M., FARZIPOOR SAEN, R. Solving voting system by data envelopment analysis for assessing sustainability of suppliers. **Group Decis Negot**, v.28, p.641–669, 2019.

JOHNES, J. Measuring efficiency: A comparison of multilevel modelling and data envelopment analysis in the context of higher education, **Bulletin of Economic Research**, v.58, n.02, p.75-104, 2006.

JUNQUEIRA, E. R. **Perfil do sistema de controle gerencial sob a perspectiva da teoria da contingência**. 2010. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, São Paulo, 2010.

KANESIRO, J. C. **Desempenho Econômico-Financeiro e Análise Envoltória de Dados (DEA):** um estudo em meios de hospedagem no Brasil, 2008, 155p, Dissertação (Mestrado em Turismo e Hotelaria) - Centro de Educação Superior II, Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú, 2008.

KAST, F. E.; ROSENZWEIG, J. E. **Contingency views of organization and management.** Chicago: Science Research Associates, 1973.

KUAH, C. T.; WONG, K. Y. Efficiency assessment of universities through Data Envelopment Analysis, **Procedia Computer Science**, v.3, p.499-506, 2011.

LACOMBE, F. J. M.; HEILBORN, G. L. J. **Administração:** princípios e tendências. São Paulo: Saraiva, 2003.

LAWRENCE, P. R.; LORSCH, J. W. Differentiation and integration in complex organizations. **Administrative science quarterly**, p.1-47, 1967.

LINDLBAUER, I.; WINTER, V.; SCHREYOGG, J. Antecedents and Consequences of Corporatization: An Empirical Analysis of German Public Hospitals. **Journal of Public Administration Research and Theory**, v.26, n.02, p.309-326, 2016.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. **Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no ambiente de Apoio à Decisão,** Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 2000.

LUTHANS, F. **Introduction to management: a contingency approach.** New York, McGraw Hill, 1976, 425p.

MARETH, T.; TAVARES THOME, A. M. SCAVARDA, L. F.; OLIVEIRA, F. L. C. Technical efficiency in dairy farms Research framework, literature classification and research agenda. **International Journal Of Productivity And Performance Management**, v.66, n.03, p.380-404, 2017.

PALAZZOLO, J. R.; OZCAN, Y. A. Do the most efficient accountable care organizations earn shared savings? **Socio-Economic Planning Sciences**, p.1-6, 2016.

PASCALE, R. T.; ATHOS, A. G. **The art japanese management:** applications for American executives. New York: Simon and Shuster, 1981.

PEREIRA, M. F. **Mensuramento da Eficiência Multidimensional Utilizando Análise de Envelopamento de Dados:** Revisão da Teoria e Aplicações. 1995, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

PERROW, C. A framework for the comparative analysis of organizations. **American sociological review**, p.194-208, 1967.

PRANESH, R.V.; RAJAN, J.; NAVAS, K. B. Evaluating the performance of state university, national important institute and private deemed universities in Chennai (India) by using data envelopment analysis. **Engineering and Computer Science**, v.1, p, 580-583, 2013.

RAMÍREZ, P. E.; ALFARO, J. L. Evaluación de la Eficiencia de las Universidades pertenecientes al Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas: Resultados de un Análisis Envolve de Datos. **Formación Universitaria**, v.06, n.03, p, 31-38, 2013.

RAYENI, M. M.; SALJOOGHI, F. H. Network Data Envelopment Analysis Model for Estimating Efficiency and Productivity in Universities. **Journal of Computer Science**, v.06, n.11, p,1252-1257, 2010.

SCHOENHERR, T.; TALLURI, S. Environmental sustainability initiatives: A comparative analysis of plant efficiencies in Europe and the U.S. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.60, n.02, p.353-365, 2013.

SCOTT, W. G.; MITCHELL, T. R. **Organization theory**. A structural and behavioral analysis. Homewood, Richard D. Irwin, 1976.

SOUZA, S. A. Tipologias organizacionais e atributos administrativos. **Revista de Administração**, v.13, n.02, p.09-23, 1978.

TALLURI, S.; KULL, T. J.; YILDIZ, H.; YOON, J. Assessing the efficiency of risk mitigation strategies in supply chains. **Journal of Business Logistics**, v.34, n.04, p.253-269, 2013.

TAYLOR, B.; HARRIS, G. **Relative efficiency among South African universities: A data envelopment analysis**. Higher Education, v.47, p.73–89, 2004.

TOSI, H. L.; HAMMER, W. C. **Organizational behavior and management: a contingency approach**. Chicago, St. Clair Press, 1974.

VAN DE VEM, A. H.; LEUNG, R.; BECHARA, J. P.; SUN, K. Y. Changing Organizational Designs and Performance Frontiers. **Organization Science**, v.23, n.04, p.1055-1076, 2012.

VASCONCELOS, V. A.; CANEN, A. G.; LINS, M. P. E. Identificando as melhores práticas operacionais através da associação *Benchmarking* - DEA: o caso das refinarias de petróleo. **Pesquisa Operacional**, v.26, n.1, p.51-67, 2006.

YU, W.; RAMANATHAN, R.; NATH, P. Environmental pressures and performance: An analysis of the roles of environmental innovation strategy and marketing capability. **Technological Forecasting And Social Change**, v.117, p.160-169, 2017.