

Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção
Trabalho de Conclusão de Curso



Adalberto Jonatas Cardoso Pastana
Pollyana de Nazaré Cordeiro dos Reis

**AVALIAÇÃO BASEADA EM ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS ACERCA
DA SUSTENTABILIDADE DAS CIDADES BRASILEIRAS EM TEMPOS DE
CRISE**

Belém-PA
2023

ADALBERTO JONATAS CARDOSO PASTANA
POLLYANA DE NAZARÉ CORDEIRO DOS REIS

**AVALIAÇÃO BASEADA EM ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS ACERCA
DA SUSTENTABILIDADE DAS CIDADES BRASILEIRAS EM TEMPOS DE
CRISE.**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC,
apresentado ao Centro de Ciências Naturais e
Tecnologia da Universidade do Estado do Pará como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiros de Produção.

Orientador (a): Prof.^a D. Sc. Renata Melo e Silva
de Oliveira

Belém-PA
2023



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

“AVALIAÇÃO BASEADA EM ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS ACERCA DA SUSTENTABILIDADE DAS CIDADES BRASILEIRAS EM TEMPOS DE CRISE”.

Trabalho de Conclusão de Curso, foi apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pelo aluno **ADALBERTO JONATAS CARDOSO PASTANA** e **POLLYANA DE NAZARÉ CORDEIRO DOS REIS** em 26 de Janeiro de 2023 na Universidade do Estado do Pará (UEPA), e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

Documento assinado digitalmente



RENATA MELO E SILVA DE OLIVEIRA

Data: 26/01/2023 16:08:29-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Renata Melo e Silva de Oliveira, **UEPA**
Orientadora

MARIANA PEREIRA
CARNEIRO:8395595026
3

Assinado de forma digital por
MARIANA PEREIRA
CARNEIRO:83955950263
Dados: 2023.02.01 22:15:36 -03'00'

Mariana Pereira Carneiro, **UEPA**
1º Avaliador

Nathália Juca Monteiro

Nathália Juca Monteiro, **UEPA**
2º Avaliador

Belém/PA, 26 de Janeiro de 2023

RESUMO

PASTANA, A.; REIS, P.. **AVALIAÇÃO BASEADA EM ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS ACERCA DA SUSTENTABILIDADE DAS CIDADES BRASILEIRAS EM TEMPOS DE CRISE**. Orientador: Renata Melo e Silva de Oliveira. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2023.

Este trabalho buscou fornecer um índice de eficiência para avaliar o desempenho dos 50 municípios brasileiros mais populosos com base no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº11. Os conceitos utilizados para desenvolvimento das análises remetem a área de Pesquisa Operacional (P.O), com ênfase em técnicas de Análise Multicritério de Apoio a Decisão baseadas em Programação Linear (P.L). Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado o modelo de análise envoltória de dados, do inglês *Data Envelopment Analysis* (DEA), via *software* EMS, capaz de avaliar o desempenho no atendimento dos ODS nº11 a partir da seleção de *inputs* e *outputs* coletados em bases oficiais que reflitam os impactos das ações de uma cidade, ou seja, uma unidade tomadora de decisão, do inglês *Decision Making Unit* (DMU). O Brasil é considerado um dos países que apresentam pequenos e demorados avanços com base nos compromissos firmados na Agenda 2030, logo, é necessário o alinhamento em políticas públicas e legislações com os ODS. Ao final do estudo, obteve-se desempenho dos 50 municípios mais populosos do Brasil no alcance dos Objetivos e de desenvolvimento sustentável (ODS) nº 11, onde 58% das DMUs presentes no *dataset* foram classificadas como eficientes, ou seja, 29 dos 50 municípios tiveram *scores* que atingiram 100%, enquanto 21 DMUs foram ineficientes, possuindo uma média de *score* de 35,18%.

Palavras-Chave: Pesquisa Operacional, *Data Envelopment Analysis*, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Cidades Sustentáveis.

ABSTRACT

PASTANA, A.; REIS, P.. **AVALIAÇÃO BASEADA EM ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS ACERCA DA SUSTENTABILIDADE DAS CIDADES BRASILEIRAS EM TEMPOS DE CRISE**. Orientador: Renata Melo e Silva de Oliveira. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2023.

This paper aimed to provide an efficiency index to evaluate the performance of the 50 most populous Brazilian municipalities based on the Sustainable Development Goal (SDG) No. 11. The concepts used to develop the analysis refer to the area of Operations Research (O.R.), with emphasis on techniques of Multicriteria Analysis for Decision Support based on Linear Programming (L.P.). For the development of this work, the Data Envelopment Analysis (DEA) model was used, via the EMS software, which is able to evaluate the performance in meeting the SDG #11 from the selection of inputs and outputs collected in official databases that reflect the impacts of the actions of a city, i.e., a Decision Making Unit (DMU). Brazil is considered one of the countries that show small and slow progress based on the commitments made in Agenda 2030, so it is necessary to align public policies and legislation with the SDGs. At the end of the study, the performance of the 50 most populous municipalities in Brazil in achieving the Sustainable Development Goals (SDGs) # 11 was obtained, where 58% of the DMUs present in the dataset were classified as efficient, that is, 29 of the 50 municipalities had scores that reached 100%, while 21 DMUs were inefficient, with an average score of 35.18%.

Keywords: Operations Research, Data Envelopment Analysis, Sustainable Development Goals, Sustainable Cities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030	15
Figura 2 - ODS e Desenvolvimento	16
Figura 3 - Comparativo de eficiência por região	31
Figura 4 – Ilustração do exercício de <i>benchmarking</i>	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios dos indicadores	24
Tabela 2 - Framework de KPIs	26
Tabela 3 – KPIs dos 50 municípios mais populosos	27
Tabela 4 - Estatísticas descritivas	29
Tabela 5- Resultados obtidos.....	30
Tabela 6 - Comparação Outputs de DMUs	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP - Analytic Hierarchy Process

ANP - Analytic Network Process

BOD – Benefit of Doubt

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DEA - Data Envelopment Analysis

DMU - Decision Making Unit

DS - Desenvolvimento Sustentável

ELECTRE - Elimination and Choice Translating Reality

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MCDM - Multiple Criteria Decision Making

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PL - Programação Linear

PO - Pesquisa Operacional

SDG - Sustainable Development Goals

SDR - Sustainable Development Report

TBL - Triple Bottom-Line

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

TOPSIS - Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo geral.....	11
1.1.2 Objetivos específicos	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	13
2.1.1 Triple bottom-line da sustentabilidade.....	13
2.1.1.1 <i>People</i>	14
2.1.1.2 <i>Planet</i>	14
2.1.1.3 <i>Profits</i>	15
2.2 A AGENDA 2030	15
2.2.1 Objetivos De Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	16
2.2.1.1 ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis.....	17
2.3 <i>SUSTAINABLE DEVELOPMENT REPORT (SDR) INDEX</i>	17
2.4 ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO (MCDM/A).....	18
2.4.1 Técnicas baseadas em Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDM).....	18
2.5. <i>DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)</i>	19
2.6. INDICADOR COMPÓSITO BASEADO EM DEA	21
3. METODOLOGIA.....	23
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	23
3.2 ETAPAS DA PESQUISA	23
3.3.1. Revisão bibliográfica	24
3.3.2. Coleta de dados	24
3.3.3. Análise e tratamento dos dados	25
3.3.4. Análise de performance das cidades	25
4. RESULTADOS	25
4.1 ELABORAÇÃO DE KPIS.....	25
4.2 <i>DATASET</i> DE KPIS	27
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
5. CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

Diante das pautas contemporâneas para alteração no modelo padrão de produção e consumo, são notórios os esforços para o processo de transformação da sociedade em direção à um estilo de vida mais verde, uma vez que o mundo enfrenta o chamado desafio da sustentabilidade, que ocorre devido ao crescente aumento da população mundial, limitação dos recursos naturais e a necessidade da manutenção do bem-estar social e econômico para a sociedade (CHIU; KUO; KUO, 2015).

Na busca pelo equilíbrio entre desenvolvimento e manutenção dos sistemas ambientais, estratégias devem existir integrando aspectos ambientais, sociais e econômicos, levando em consideração as limitações do ambiente natural, e o acesso aos seus recursos de forma contínua e perpétua (FEIL; SCHREIBER, 2017). Como principal mecanismo estratégico, o desenvolvimento sustentável (DS) é visto como o parâmetro essencial à longo prazo para melhorar a qualidade de vida da sociedade como um todo, uma vez que preconiza o equilíbrio de múltiplos objetivos de desenvolvimento que devem ser satisfeitos simultaneamente para que ocorra progressos abrangendo a totalidade das dimensões da sustentabilidade (STEFANIEC *et al.*, 2020).

Visando o enfrentamento dos desafios ambientais, diversas camadas da sociedade abriram discussões para propor abordagens e mecanismo que venham a atuar diretamente na mitigação e/ou eliminação dos impactos maléficos ao meio ambiente por parte das organizações e suas cadeias de suprimento (SILVESTRE; TIRCA, 2019). Diante disso, as preocupações sobre as condições ambientais do planeta resultaram na proposta proveniente da Assembleia Geral das Nações Unidas, onde foram apresentados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os quais fornecem um parâmetro baseado em evidências para dimensões nacionais, regionais e locais durante um período de 15 anos (UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY, 2015). Os ODS contêm o melhor equilíbrio e cobertura entre as principais dimensões do desenvolvimento sustentável, proporcionando oportunidades de mudanças sistemáticas em direção a um futuro sustentável (COSTANZA *et al.*, 2016).

Com o propósito de avaliar e advertir a sociedade sobre os possíveis riscos e tendências futuras no local onde estão inseridos, um conjunto de indicadores estruturados age de forma a proporcionar um norte para as ações a serem tomadas. Na conjuntura municipal, a utilização de indicadores por parte de gestores públicos é imprescindível para expor as intervenções necessárias no local a fim de mitigar discrepâncias e atingir um grau satisfatório de sustentabilidade efetiva, por intermédio do desenvolvimento sustentável do local o qual estão inseridos (REZENDE *et al.*, 2017).

Como forma de mensurar o desempenho no que diz respeito ao cumprimento dos ODS, faz-se necessário a avaliação de indicadores de desempenho municipais por intermédio da técnica de *Data Envelopment Analysis* (DEA), a qual é definido como uma técnica baseada em otimização quantitativa-não paramétrica com o objetivo de avaliar a eficiência relativa de unidades produtivas. A técnica é constituída com parâmetros de entrada e saída os quais são multiplicados com pesos calculados para obter os escores de eficiência do parâmetro escolhido (KUTTY *et al.*, 2022).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar, por intermédio da *Data Envelopment Analysis* (Análise Envoltória de Dados), o desempenho dos 50 municípios mais habitados no Brasil em meio a períodos de crise econômica, demarcado pelo início da pandemia no ano de 2020 até os tempos atuais, no que diz respeito ao cumprimento do objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) nº 11 segundo a Agenda 2030 da ONU, uma vez que o ODS em foco prioriza cidades e comunidades sustentáveis realizando um paralelo com as três vertentes da sustentabilidade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Quantificar o desempenho dos 50 municípios mais populosos do Brasil no alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 11, usando-se pesos endógenos estimados por meio do uso da técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA).

1.1.2 Objetivos específicos

1. Estimar uma medida de eficiência relativa dos 50 municípios brasileiros mais populosos utilizando DEA;
2. Construir uma avaliação regional que reflita categorias de desempenho (*e.g.*, região maior eficiência, região maior ineficiência);
3. Conduzir um exercício de benchmarking para identificar oportunidades de aprendizados entre municípios de desempenho baixo e municípios de desempenho alto.

1.2 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a partir da década de 50, observou-se o movimento migratório de pessoas que moravam em áreas rurais em direção aos centros urbanos, que ocorreu devido ao aumento do processo de industrialização do país, fazendo com que grande parcela da população brasileira fosse considerada predominantemente urbana. Porém, ao contrário do que se pensa, as cidades brasileiras foram planejadas, entretanto, com o processo de migração desorganizada de pessoas

para áreas urbanas, os serviços e a infraestrutura das cidades não conseguiram suportar as demandas da população (PACHECO; AZEREDO, 2019).

Além da problemática de planejamento urbano, em 2020 teve-se início a pandemia de COVID-19, crise que atingiu a mobilização de serviços e pessoas ao redor do mundo e provocou alterações nos padrões de funcionamento na vida cotidiana da sociedade para a contenção da propagação do vírus, sendo assim, categorizado como o principal evento das últimas décadas que desencadeou consequências nos setores sociais, econômico e ambiental (SOUZA, 2020). Como consequência das ações de redução ou paralisação dos setores de serviços e produção industrial, aumentaram-se os níveis de desemprego, impactando diretamente o crescimento econômico do país e nos níveis de pobreza da população.

A população em situação de vulnerabilidade sentiu mais duramente as consequências econômicas negativas da pandemia, uma vez que a deterioração do mercado de trabalho diminuiu a renda domiciliar das famílias, com os 40% mais vulneráveis da população sendo os mais atingidos (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2022). Como principal efeito deste período, tem-se o distanciamento das metas e objetivos acordados pela Organização das Nações Unidas (ONU) para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para 2030, fundamentados nos três pilares de desenvolvimento sustentável: crescimento econômico, inclusão social e proteção ao meio ambiente (TRIBUNAL DE CONTAS DE SÃO PAULO, 2021).

Diante disso, o planejamento de ações para reverter quadros críticos no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável deve ser priorizado. Os critérios de avaliação eficiência e desempenho no cumprimento de metas de desenvolvimento sustentável exercem o papel de fornecer um retrato da realidade dos 50 municípios mais populosos no Brasil, indicando as áreas com melhor desempenho, para que sejam analisadas as ações realizadas pelos mesmos com o propósito de direcionar essas ações para locais mais fragilizados. Portanto, a utilização da técnica DEA de forma a indicar quais os municípios mais eficientes, as razões para as eficiências e as unidades cujas práticas podem ser referência para os demais (GOMES *et al.*, 2005).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O crescente fomento à sustentabilidade por parte de governos e empresas tem como causa principal o aumento das preocupações da sociedade civil sobre a qualidade de vida dos seres humanos, bem como a qualidade dos ambientes naturais e dos ecossistemas (JUNG; OH, 2019). Logo, é necessário discutir e refletir sobre as atuais condições e consequências das atividades humanas no que diz respeito aos seus impactos para as gerações atuais e futuras, uma vez que o objetivo de desenvolver sustentavelmente a sociedade deve ser compreendida como um processo ativo e inovador de pesquisa e aprendizado (VOGT; WEBER, 2019).

Para Silva e Filho (2021), o conceito de desenvolvimento sustentável, inerente ao tema de desenvolvimento, é caracterizado como dinâmico e multidisciplinar, uma vez que suas atividades implicam na interface entre diversas áreas do conhecimento, com inúmeras interpretações e definições. Em 1987, o relatório publicado "*Our Common Future*" (BRUNDTLAND, 1987), definiu a essência do que é sustentabilidade, onde o Desenvolvimento Sustentável é visualizado como aquele capaz de atender necessidades atuais do planeta, sem comprometer futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades.

Apesar da evolução dos conceitos que definem sustentabilidade e desenvolvimento, a essência da ideia permanece a mesma com o passar dos anos, ou seja, o tema consiste em uma questão de necessidades ponderadas em relação às limitações (ALHADDI, 2015). Diversos autores apontam um consenso destas ideias, definindo o tópico como fundamental e complexo, demandando o equilíbrio de inúmeros fatores para que o planeta continue existindo (ARAS; CROWTHER, 2009).

2.1.1 *Triple Bottom-Line* da sustentabilidade

A partir das definições de sustentabilidade e desenvolvimento disponíveis na literatura, compreende-se que o ponto focal de tais discussões é a sustentabilidade e sua aplicabilidade em três elementos-chave do cotidiano do planeta: economia, meio ambiente e bem-estar humano coletivo e individual: o *triple bottom line* (TBL) da sustentabilidade. Sobre a razão da utilização do TBL, pode-se afirmar que:

“Em suma, os defensores da TBL acreditam que o desempenho social (e ambiental) podem ser medidos de forma bastante objetiva, e que as empresas devem utilizar estes resultados a fim de melhorar o seu desempenho social (e ambiental). Além disso, devem comunicar estes resultados como uma questão de princípio, e na utilização e comunicação destes "resultados finais" adicionais as empresas podem esperar fazer melhor pelos seus resultados financeiros a longo prazo” (NORMAN; MACDONALD, 2004, p. 04).

Inicialmente discutido em meados da década de 90, o TBL tem como definição ser uma técnica que expressa a expansão da agenda ambiental, integrando vertentes econômicas e sociais (ELKINGTON, 1998). O conceito do TBL é compreendido como todos os esforços direcionados a melhorarem continuamente as vertentes econômica e sociais da qualidade de vida, enquanto os impactos ao meio ambiente são controlados para suportar a capacidade da natureza (AROWOSHEGBE; EMMANUEL, 2016).

No que diz respeito à sua utilização, o TBL é utilizado no ramo empresarial como forma de visualizar objetivamente a performance da companhia nos 3P's e seus respectivos impactos, assim como também podem ser aliadas a organizações sem fins lucrativos com o objetivo de abordar questões do TBL de interesse mútuo entre as partes interessadas. Além disso, governos federais, estaduais e municipais tem como prática recente adotar o TBL e demais ferramentas de avaliação de sustentabilidade como instrumentos para tomada de decisão e monitoramento de performance (SLAPER; HALL, 2011). As dimensões do TBL são comumente denominadas 3P's: "*people, planet and profits*", em português: pessoas, planeta e lucro.

2.1.1.1 *People*

Considera-se a área social, composta a partir da junção de todos os *stakeholders* possíveis de uma companhia, incluindo gerações futuras, que fazem parte de um processo de desenvolvimento sustentável visando uma sociedade equilibrada, ponderando a adoção de um novo estilo de vida que satisfaça as condições de preservação do presente e do futuro (FROEHLICH, 2014). Atrelado ao desenvolvimento econômico, objetiva-se o bem-estar social, oferecendo suporte às comunidades a partir da identificação das suas necessidades, desejos e aspirações. Para isso, faz-se necessário a adoção de novos arranjos de políticas públicas, a exemplo de melhorias na qualidade de vida da população, que juntas promovem e estimulam o desenvolvimento sustentável (COSTA, 2019).

2.1.1.2 *Planet*

Abrange as ações que a companhia desenvolve visando a redução ou eliminação dos impactos ambientais causados pela mesma, instituídas por intermédio da adoção de práticas produtivas sustentáveis, ou seja, práticas que contribuem diretamente para o meio ambiente (GUEDES, 2021). Para isso, são instituídas ações para a promoção da utilização eficiente dos recursos energéticos, redução das emissões de gases com efeito de estufa, e minimização da pegada ecológica (ALHADDI, 2015).

2.1.1.3 Profits

Compreende-se a vertente econômica, denominada também como lucro. Entretanto, no contexto do *Triple Bottom Line*, lucro pode significar mais do que apenas quanto dinheiro uma empresa ganha, uma vez que o conceito foi originalmente desenhado para englobar os impactos positivos ou negativos gerais de uma empresa nas economias local, nacional e global. Além disso, a companhia deve assegurar-se de que obtém os seus rendimentos de forma ética e justa (KENTON; BOYLE; KVILHAUG, 2022).

2.2 A AGENDA 2030

A Agenda 2030, desenvolvida em 2015 por intermédio do documento “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, pode ser descrita como um plano de ação global com objetivo de promover um futuro mais sustentável, baseado em questões como: crescimento econômico, desenvolvimento urbano e mudanças climáticas. O documento propõe nortear políticas nacionais, e também ações de cooperação internacional, para que se alcance os objetivos e metas até o final de 2030 por intermédio da busca pela mitigação e resolutividade dos principais desafios globais, como a erradicação da pobreza, proteção do planeta e garantir que todas as pessoas possam desfrutar de paz e prosperidade (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD), 2015).

O plano de ação, desenvolvido entre os 193 Estados-membros da ONU, possui como foco alcançar 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em inglês *Sustainable Development Goals* (SDG), e 169 metas, que se interligam e se correlacionam. As ODS abordam temas que permeiam as dimensões sociais, ambientais, econômicas e institucionais, as quais estão explícitas na figura 1.

Figura 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030



Fonte: United Nations General Assembly (2015).

2.2.1 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Desenvolvidos com clareza e objetividade, os ODS tornam claro a preocupação com o meio ambiente, desenvolvimento econômico e social, uma vez que todos os 17 ODS's são correlacionados e concebem a ideia de que nenhum direito humano pode ser integralmente implementado sem que os outros direitos também o sejam (SILVA, 2015). Diante disso, compreende-se que os avanços a serem obtidos por intermédio dos ODS não devem ser realizados isoladamente objetivo por objetivo, e sim de forma integrada e complementar para alcançar o desenvolvimento sustentável na sua plenitude.

Figura 2 - ODS e Desenvolvimento



Fonte: Adaptado de IPEA (2018).

Na figura 2, observa-se a relação direta entre eixos de desenvolvimento aos ODS, eixos os quais são apresentados no documento “Desafios da Nação” (IPEA, 2018). O Desafios da Nação é um projeto de desenvolvimento nacional que consiste em um conjunto de propostas que promoverão a elevação da produtividade dos fatores de produção nacionais, incluindo diagnósticos, diretrizes e proposições para o desenvolvimento socioeconômico sustentável do país. Sendo peças fundamentais no documento, as metas dos ODS estão incorporadas nas diversas proposições dos capítulos do livro, de tal modo que as diretrizes atendam tanto à urgência da agenda da elevação da produtividade nacional quanto à pauta proposta pelo pacto das Nações Unidas no tocante às responsabilidades sociais, ambientais e de outras ordens.

Logo, compreende-se que os ODS são principalmente utilizados como norteadores de estratégias, metas e ações governamentais para o desenvolvimento sustentável, uma vez que

sua mobilização de esforços ocorre de forma a abranger um conjunto amplo e diversificado de temas. Diante disso, observa-se uma estreita relação entre ODS e os três eixos que orientam o futuro do desenvolvimento brasileiro disponíveis no documento supracitado, os quais priorizam o obter o dobro da renda real por habitante dos brasileiros, reduzir as desigualdades sociais e desenvolver tecnologias críticas.

No que diz respeito ao desenvolvimento de cidades e comunidades locais, prioriza-se o eixo 3, o qual direciona desenvolvimento de tecnologias críticas que possibilitam ganhos de produtividade das empresas e de geração de trabalho qualificado. Logo, há a correlação direta de ODS com os objetivos de crescimento sustentável por intermédio de ganhos de produtividade e inovação, principalmente descritos no ODS 11.

2.2.1.1 ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis

Dentro da Agenda 2030, o ODS 11 possui como objetivo “Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis” (UNITED NATIONS, 2018). Segundo estimativas da ONU (2019), 68% da população mundial irá sair de áreas rurais e migrará para os centros urbanos até 2050, ou seja, existirá 2,5 bilhões a mais nas cidades. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em 2017, as áreas urbanas no Brasil concentravam mais de 160 milhões de pessoas, o que representa 84,3% da população brasileira (EMBRAPA, 2017).

A fim de atingir o ODS 11, foram desenvolvidas 10 metas que possuem como objetivo: garantir habitação segura e acessível; acesso a serviços básicos transporte acessíveis e sustentáveis; ampliar urbanização inclusiva; proteger o patrimônio cultural; reduzir a mortalidade e número de pessoas afetadas por desastres; diminuir a poluição nas áreas urbanas; ofertar acesso a espaços públicos seguros e inclusivos; colaborar com as relações entre centros urbanos, periurbanas e rurais; aumentar os assentamentos e apoiar os países menos desenvolvidos. Além das 10 metas, também foram propostos 15 indicadores a fim de acompanhar a evolução das políticas a fim de alcançar os ODS.

2.3 SUSTAINABLE DEVELOPMENT REPORT (SDR) INDEX

Com o propósito de auxiliar os países no que diz respeito à mensuração dos avanços correspondentes ao cumprimento dos SDGs, o *Bertelsmann Stiftung* juntamente ao *Sustainable Development Solutions Network* (SDSN) desenvolveram o chamado “*SDG Index and Dashboards*” em 2016, com informações que abrangem dados de avanços para 149 países de 193 membros das Nações Unidas (SACHS *et al.*, 2016). Fornecendo informações quantitativas

padronizadas e transparentes, o SDG Index propicia a avaliação dos países por intermédio da sintetização de 63 indicadores globais em uma avaliação geral das metas mínimas viáveis dos SDGs, e classificando-os de acordo com suas pontuações iniciais no cumprimento dos SDGs (SCHMIDT-TRAUB *et al.*, 2017).

2.4 ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO (MCDM/A)

A tomada de decisão envolve frequentemente imprecisões e incertezas dado a elevados graus de dificuldade das problemáticas de gestão, as quais podem ser tratadas eficazmente através de técnicas de tomada de decisão que ponderam e priorizam critérios. A Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDM - *Multiple Criteria Decision Making*) surgiu em meados do final da década de 1950 influenciada pelos fundamentos de diferentes disciplinas de Pesquisa Operacional (P.O) integradas a ferramentas computacionais e matemáticas para auxiliar a avaliação de critérios de performance por tomadores de decisão (*decision-makers*) (ZAVADSKAS; TURSKIS; KILDIENE, 2014).

Portanto, a MCDM é uma subdisciplina de pesquisa operacional (P.O) que considera explicitamente critérios múltiplos para avaliação de alternativas em ambientes de tomada de decisão (CHANG; TAN; LU, 2014). O MCDM é um importante conjunto de ferramentas para avaliar decisões complexas em organizações, uma vez que auxiliam o nível estratégico de gestão em questões de incerteza, complexidade e objetivos divergentes (WANG, 2010). É valido reforçar que a aplicação do método é realizada visando a análise de tomadas de decisão, observação de soluções alternativas, identificação de atores e avaliação da coerência entre o objetivo e os resultados da decisão (BANVILLE *et al.*, 1998).

Ademais, visando tornar o processo complexo de tomada de decisão mais eficaz e consistente, o MCDM proporciona uma alternativa útil e assertiva para lidar com diferentes tipos de dados, interesses e perspectivas, bem como para questões quantitativas como também para fatores qualitativos (ALVAREZ; ISHIZAKA; MARTÍNEZ, 2021).

2.4.1 Técnicas baseadas em Análise Multicritério de Apoio à Decisão (MCDM)

As principais técnicas de MCDM presentes na literatura são: *Analytic Hierarchy Process* – AHP, *Analytic Network Process* – ANP, *Elimination and Choice Translating Reality* – ELECTRE, *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS e *Data Envelopment Analysis* – DEA (JUNIOR; PIRATELLI; PACHECO, 2022).

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP), considerado uns dos primeiros e mais utilizados métodos de apoio à decisão multicritério, foi concebido em 1970 por Thomas Saaty. O método é baseado na decomposição e síntese de critérios e suas relações, uma vez que é necessário a

priorização dos seus indicadores, visando a aproximação dos resultados a uma melhor resposta da medição de desempenho (SAATY, 1991).

O *Analytic Network Process* (ANP) caracteriza-se pela efetividade de organizar problemas complexos junto a uma estrutura que viabilize a análise, o método consiste na decomposição de um problema de decisão em uma estrutura de rede, propiciando relações de feedback entre seus elementos. Diante disso, o ANP atua fornecendo representações realísticas de problemas de decisão que envolvem critérios interdependentes (SAATY, 1996).

O ELECTRE – *Elimination and Choice Translating Reality*, possui como principal finalidade a identificação e eliminação de alternativas entre critérios, de forma que não haja impactos negativos entre quaisquer critérios (ROY, 1968). O método ELECTRE atua na concepção de relações de sobreclassificação, onde há categorizações de alternativas as quais são avaliadas com base em critérios, e de acordo com os limite de seus perfis (SILVA, 2021).

O TOPSIS – *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*, tem como objetivo a determinação da melhor alternativa disponível com base nos conceitos de solução de compromisso, ou seja, escolhendo a solução com a distância mais curta da solução ideal e a distância mais distante da solução ideal negativa (HWANG; YOON, 1981). Logo, o objetivo do método consiste em que a alternativa desejável esteja o mais próximo possível da solução ideal positiva e o mais distante possível da solução ideal negativa, sendo que a primeira maximiza os benefícios e minimiza o custo, já a outra maximiza o custo e minimiza o benefício (ALVES; SOUZA, 2017).

2.5. DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

A análise envoltória de dados, do inglês *Data Envelopment Analysis*, é conceituada como um método não paramétrico que é aplicado com base em técnicas de Programação Linear, visando a determinação da eficiência relativa de uma unidade tomadora de decisão. Desse modo, a assertividade das observações que compõe a técnica de obtenção de eficiência relativa é com base na teoria da função produção, a qual estabelece relações entre insumos (*inputs*) de uma unidade produtiva (*e.g.*: indústrias, países, hospitais) e seus produtos (*outputs*) gerados (*e.g.*: bens, serviços, lucro). Diante disso, compreende-se que a função básica que fornece o nível de produtividade é aquela que estima uma razão (*ratio*) entre saídas e entradas do processo produtivo por parte de uma unidade tomada de decisão q , conforme equação 1.

$$p_q = \frac{\text{output}_q}{\text{input}_q} \quad (1)$$

Para a realização de observações com relação ao nível de produtividade de uma unidade tomadora de decisão, faz-se necessário a investigação de múltiplos fatores que possam impactar no resultado final. Uma vez que seja necessário a inclusão de mais de uma unidade de inputs e outputs, a análise deve ser desenvolvida com estimação de pesos que atuem de forma a ponderar cada uma das variáveis que contribuem para o resultado da produtividade q , obtida pela equação 2.

$$p_q = \frac{\text{output}_{q1} \times \text{weight}_{q1} + \dots + \text{output}_{qr} \times \text{weight}_{qr}}{\text{input}_{q1} \times \text{weight}_{q1} + \dots + \text{input}_{qi} \times \text{weight}_{qi}} \quad (2)$$

Não obstante a determinação da produtividade via modelo de pesos, a técnica de DEA retorna um valor relativo de medida correlacionando produtividade da unidade de estudo, q e a maior produtividade que pode ser observada em um dataset avaliado (p^*). Com base nas relações descritas, obtém-se a eficiência relativa de uma unidade produtiva tomadora de decisão por intermédio da equação 3.

$$e_k = \frac{p_q}{p^*} \quad (3)$$

Originalmente desenvolvido no trabalho "*Measuring the efficiency of decision making units*" por Charnes, Cooper e Rhoades (1978), o modelo de *Data Envelopment Analysis* surgiu a partir da necessidade de uma formulação de programação linear que fornece meios para estimar relações a partir de dados observacionais, os quais são avaliados por intermédio de uma medida escalar da eficiência de cada unidade participante, denominadas *Decision Making Units* (DMU) (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

A técnica de DEA atua de forma a fornecer um índice de eficiência relativa de cada DMU avaliada, índice que é obtido com base nos valores presentes em cada variável de decisão da problemática, considerando entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) dentro do processo estudado. Ademais, visando a maximização da eficiência de cada DMU com base no conjunto de referência de maior desempenho, cada variável de decisão é ponderada por pesos que reflitam o seu grau de impacto.

Os modelos básicos de DEA são categorizados em duas principais vertentes de orientação, ao *input* e aos *outputs*, onde ambos possuem formas de apresentação distintas, denominada forma de multiplicadores e forma envolvente. O procedimento de escolha do modelo básico e a sua vertente de orientação ocorre de acordo com os objetivos traçados pelo

tomador de decisão, uma vez que cada modelo possui suas particularidades e formas de aplicação. Além disso, a técnica ainda possibilita a obtenção de valores de referência de eficiência, denominados *Benchmark*, que fornecerem parâmetros os quais DMUs ineficientes uma meta de atingimento de eficiência.

$$\begin{array}{ll}
 \text{Min} h_k = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} & (4) \\
 \text{s. t. } \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} = 1 & \\
 \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 & \begin{array}{l} j = 1, \dots, n \\ r = 1, \dots, s \\ i = 1, \dots, m \end{array} \\
 u_r, v_i \geq \epsilon &
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ll}
 \text{max} \theta_k & (5) \\
 \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{ik} & \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk} \theta_k & \begin{array}{l} i = 1, \dots, m \\ r = 1, \dots, s \\ j = 1, \dots, n \end{array} \\
 \lambda_j \geq \epsilon &
 \end{array}
 \end{array}$$

De acordo com as formulações 4 e 5, acima, compreende-se que o modelo possui como variáveis conhecidas a quantidade x_{ij} de inputs i , com $i = 1, \dots, m$, onde é possível obter determinada quantidade y_{rj} de outputs y , com $r = 1, \dots, s$, analisados por uma série de n DMUs j para $j = 1, \dots, n$. Ainda como fator presente na equação, tem-se obrigatoriamente uma quantidade positiva de inputs x_{ij} e outputs y_{rj} no modelo. Dessa forma, as variáveis que contemplam os pesos atribuídos a cada variável conhecida são designadas também como v_i e u_r , para $i = 1, \dots, m$, e $r = 1, \dots, s$.

Como principal vantagem associada ao modelo clássico da técnica, considera-se a aplicabilidade de DEA em inúmeros setores dado que apenas o conhecimento de *inputs* e *outputs* que são parâmetros suficientes para a avaliação do índice de eficiência das DMUs. Além disso, tem-se a fácil interpretação dos resultados de eficiência os quais podem ser correlacionados e contrapostos à indicadores tradicionais das companhias, onde é possível avaliar os fatores de maior contribuição para o índice obtido. No caso de unidades com baixa eficiência, ou seja, DMUs com baixo desempenho, o benchmark fornecido pela técnica indica potenciais de melhorias (*target*).

2.6. INDICADOR COMPÓSITO BASEADO EM DEA

Não obstante o objetivo inicial do desenvolvimento da técnica que visa a avaliação de eficiência a partir de um conjunto de DMUs com características similares para seus *inputs* e *outputs*, a DEA também é utilizada para a confecção de indicadores compostos.

Indicadores Compósitos (ICs) são concebidos a partir da incorporação de indicadores individuais de desempenho, visando a obtenção de uma medida global do conjunto de indicadores subjacentes. O IC obtido a partir desta junção é capaz de refletir e medir conceitos multidimensionais que não poderiam inicialmente ser capturados por intermédio de um indicador unitário, *e.g.* competitividade e sustentabilidade. Como principais benefícios da sua utilização, considera-se os ICs como uma forma de melhor interpretar realidades complexas e multidimensionais com vista a apoiar tomadores de decisão (NARDO *et al.*, 2008).

Concatenando os benefícios para utilização de ambas as técnicas em simultâneo, ICs e DEA, o trabalho intitulado “*An introduction to ‘benefit of the doubt composite indicators’*” desenvolvido por Cherchye *et al.* (2007), possibilitou a utilização de um modelo denominado “*Benefit-of-the-doubt*” (BoD) para que haja aplicação em conjunto das técnicas. O BoD IC consiste na distribuição de pesos endógenos para cada DMU em avaliação, fornecendo um parâmetro que será utilizado da melhor forma possível na avaliação de cada DMU.

O modelo matemático proposto por Cherchye *et al.* (2007) é equivalente a expressão original de DEA concebido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com a diferença de que as variáveis envolvidas na problemática são todas *outputs*, e uma variável virtual denominada *dummy* é o único *input* do modelo, possuindo peso igual a 1.

$$\begin{aligned}
 IC_K &= \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} & (6) \\
 \text{s. t. } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} &\leq 1 & j = 1, \dots, n \\
 u_r &\geq \epsilon, & r = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

Na formulação 6 observa-se que a totalidade dos indicadores (*KPIs*) são destacados como *outputs* (y_r ($r = 1, \dots, s$)), os quais devem ser explorados na maximização do problema. Nota-se também a introdução no modelo a variável *dummy* de peso 1 para todas as DMUs k . A representação das variáveis decisórias que irão resultar na maximização da função objetivo da equação estão dispostas por u_r ($r = 1, \dots, s$). Ainda com relação aos pesos, visando a inserção da totalidade das entradas e saídas na avaliação proposta pela equação da problemática, o modelo possui ϵ , que é um valor infinitésimo que garante pesos estritamente positivos.

3. METODOLOGIA

Com o objetivo de expor as características do estudo desenvolvido, os tópicos a seguir descrevem como a pesquisa é classificada, etapas desenvolvidas, construção de indicadores, procedimentos realizados e softwares utilizados.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Iniciando pela classificação da pesquisa quanto a sua natureza, o trabalho é categorizado como pesquisa aplicada, uma vez que desenvolve estudos com a finalidade de identificar e solucionar problemas envolvendo interesses locais, territoriais e regionais, ou seja, objetiva a aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica (GIL, 2017).

Visando a conceituação inicial da perspectiva de aplicação, o presente trabalho é categorizado como pesquisa correlacional, uma vez que busca avaliar a existência de uma relação entre dois ou mais aspectos de uma situação específica (KUMAR, 2011). A aplicabilidade do método é visível na construção do *framework* de avaliação via DEA, que irá medir a eficiência por DMU por intermédio da associação de *inputs* e *outputs*.

Quanto a perspectiva de investigação, o estudo é classificado como quantitativo, pois utiliza-se de dados que visam a quantificação de um fenômeno, situação ou problema (KUMAR, 2011). O ato de mensurar variáveis de pesquisa é a característica mais marcante da abordagem quantitativa, havendo pouca ou nenhuma interferência nas variáveis e garantindo a ausência de subjetivismos que poderiam influenciar a compreensão dos fatos na geração do conhecimento (CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2018). No presente estudo, considera-se a perspectiva de investigação como quantitativa porque há a avaliação de unidades tomadoras de decisão, que convertem *inputs* e *outputs* numéricos em um *score* de eficiência.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para nortear as etapas da pesquisa, utilizou-se o modelo de oito etapas proposto por Kumar (2011), que consiste em uma abordagem prática e passo a passo de um estudo de investigações, onde cada passo fornece uma pequena quantidade de métodos, modelos e procedimentos. Inicia-se na revisão bibliográfica na literatura científica para buscar o conhecimento da técnica proposta e suas aplicações, posteriormente a definição dos instrumentos de pesquisa, coleta e análise de dados, especificação do modelo de performance, análise e discussão de resultados e redação final.

3.3.1. Revisão Bibliográfica

Foi desenvolvido via investigação em bases teóricas que contemplam as palavras-chave vinculadas ao tema, onde foi possível obter um cabedal de informações que nortearam a execução do trabalho de DEA. As bases de dados utilizadas para as buscas foram o Science Direct, CAPES e Google Scholar, que contemplam artigos nacionais e internacionais, livros, TCCs e e-books os quais possuem como tema principal desenvolvimento sustentável, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) e *Data Envelopment Analysis* (DEA). A escolha das obras consultadas houve como característica principal a originalidade do conceito, ou seja, modelos canônicos, posteriormente os modelos que apresentaram evolução a partir da teoria inicial, e por último as obras relevantes de até 5 anos com aplicabilidade em setores diversos.

3.3.2. Coleta de dados

A obtenção de informações se deu por meio da captação de dados disponibilizados pelo *Sustainable Development Report* (SDR), denominado índice de desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras (SDG Index), que contemplam dados brutos e dashboards para análise acerca do atendimento ano a ano dos municípios aos ODS, que estão disponíveis via site do programa. O *dataset* coletado é referente ao ano-base de 2021, o qual está inserido na última versão do relatório do SDR, e selecionados os dados que envolvam diretamente o ODS 11, ambos focos do estudo. Na tabela 1 abaixo é possível visualizar os principais critérios que guiaram a construção dos indicadores desenvolvidos pelo SDR.

Tabela 1 - Critérios dos indicadores

Critério	Descrição
Dados atualizados que permitam um monitoramento constante	Os valores devem ser recentes, atualizados e possuir uma periodicidade anual de avaliação para estar de acordo com os planejamentos e orçamento municipais
Validade estatística	Os indicadores devem estar alinhados com normas internacionais e melhores práticas que permitem uma melhor interpretação e análise comparativa
Indicadores simples com implicações para políticas públicas	Indicadores devem ser de fácil interpretação e comunicação, com claras implicações para a construção de políticas públicas
Indicadores normativos	Os indicadores precisam ter parâmetros para interpretações dos resultados como ascendentes e descendentes

Fonte: adaptado de Cidades Sustentáveis (2022).

Apesar da disponibilidade de dados para todos os 5.570 municípios brasileiros, focou-se apenas nas 50 cidades mais populosas, tendo como critério cidades com mais de 300 mil habitantes, visando uma menor possibilidade de haver dados faltantes e também para refletir as condições enfrentadas nos municípios que detêm uma maior concentração populacional.

3.3.3. Análise e tratamento dos dados

Em seguida, os valores foram reunidos para que inferências iniciais da estatística descritiva básica fossem observadas, visando a observação prévia da característica do *dataset*. Para isso, utilizou-se o *software* Minitab 19 para avaliação do *dataset*, no qual obteve-se informações para cada output referente à média, desvio padrão, mínimo, quartil 1, mediana e quartil 3.

3.3.4. Análise de performance das cidades

A partir da obtenção dos resultados do problema de otimização gerados pelo *software* EMS, realizou-se análise das DMUs que retornaram o valor ótimo-eficiente dentre a totalidade do *dataset*, ou seja, *score* 100%. Uma vez que o modelo retornou mais de uma DMU com 100% de *score*, foi selecionado a cidade de *score* máximo que apresentou maior número de *bechmarkings* entre as DMUs.

Posteriormente, a DMU escolhida como referência foi avaliada mediante comparativo entre a média de *outputs* das DMUs *peers*, a fim de verificar qual a disparidade dos valores de *outputs* para que as cidades que a utilizaram referência cheguem no patamar da DMU de valor ótimo-eficiente. Por fim, para obter uma visualização multivariada da intensidade de cada *outputs*, os resultados da DMU de referência foram plotados em gráfico de radar com seu respectivo valor, concomitantemente ao valor médio das DMUs ineficientes que a utilizaram como referência.

4. RESULTADOS

4.1 ELABORAÇÃO DE KPIS

Os KPIs utilizados para quantificar o desempenho dos municípios brasileiros no atendimento do ODS 11 foram desenvolvidos por Cidades Sustentáveis (2022), a partir da necessidade de adaptar o painel de monitoramento de objetivos e metas estipulados pela ONU ao contexto local. Considera-se KPIs como medidas adimensionais, que a partir do rácio entre duas grandezas representam a performance de cada DMU em avaliação.

Na constituição de KPIs, apesar da relação natural que há entre outputs e inputs de determinado indicador, considerou-se somente a relação entre outputs de cada DMU, uma vez que foi utilizado um input *dummy* fixado em 1 conforme artifício matemático permitido na técnica BoD. No presente estudo, os KPIs utilizados estão de acordo com as metas disponíveis para cada ODS em avaliação, conforme a tabela 2 exposta abaixo.

Tabela 2 - *Framework* de KPIs

Classificação	KPI	Y_x
Output indesejável	Percentual da população de baixa renda com tempo de deslocamento ao trabalho superior a uma hora (%)	Y_1
Output indesejável	População residente em aglomerados subnormais (%)	Y_2
Output indesejável	Domicílios em favelas (%)	Y_3
Output indesejável	Percentual da população de assentamentos subnormais que é negra (%)	Y_4

Fonte: Autores (2023).

Os indicadores presentes na tabela acima refletem resultados em amplas dimensões no que diz respeito ao status atual dos esforços para atingimentos dos ODS 11, que tem como foco as cidades e comunidades sustentáveis que precisam ser inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (SILVA, 2015).

O output Y_1 , descrito pelo percentual de indivíduos que moram em lares com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (de 2010) e que gastam mais de uma hora até chegar ao trabalho (SACHS *et al.*, 2021), é considerado como indesejável já que o mesmo vai de contra a meta 3 da ODS 11, que tem como objetivo aumentar a urbanização inclusiva e sustentável (UNITED NATIONS, 2018).

O output indesejável Y_2 “População residente em aglomerados subnormais (%)” representa a porcentagem da população que ocupa ilegalmente áreas que condições precárias de habitação, ou seja, áreas com om precariedade de serviços públicos essenciais (*e.g.*: ausência de saneamento básico, fornecimento de água tratada, descarte inadequado de resíduos). Logo, é imperativo que o número equivalente a população que está inserida dentro desse indicador seja progressivamente reduzida.

O total de domicílios em favelas sobre o total de domicílios é considerado um indicador indesejável, dado o fato de que o ODS 11 possui como principal objetivo tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Logo, o output Y_3 é considerado um output que se deve evitar.

O output Y_4 denominado “Percentual da população de assentamentos subnormais que é negra (%)” expõe que, apesar da população negra no país ser mais da metade do total de habitantes, são os negros que estão em maior número quando se avalia a população residente

em aglomerados subnormais associadas à condição de pobreza ou pobreza extrema. Diante disso, o output é considerado indesejável, uma vez que há de ser feito um trabalho de combate ao racismo estrutural, promoção da equidade de acesso a condições básicas de habitação e desmistificação dos estereótipos que envolvem pobreza, criminalidade e falta de instrução que são ligados à população negra.

4.2 DATASET DE KPIS

A tabela 3 reporta os valores obtidos a partir do cálculo dos KPIS elaborados com o uso de dados do SDR, o qual realiza uma junção de dados oficiais disponibilizados por fontes oficiais do Governo Federal, identificados pelo Grupo Interinstitucional e de Especialistas sobre os Indicadores dos ODS (IAEG-SDG), grupo formado pela ONU que tem como papel desenvolver e implementar os indicadores globais para os objetivos e metas para a Agenda 2030 (UNITED NATIONS, 2022). Os indicadores foram construídos a partir de fontes nacionais, como o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ou o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

Uma vez que a totalidade dos KPIS utilizados na pesquisa tem como característica serem indesejáveis, ou seja, quanto menor maior, optou-se inicialmente por utilizar o artifício proposto por (SEIFORD; ZHU, 2002), onde os valores são apresentados com sinal negativo para que sejam corretamente inseridos no modelo de DEA. Entretanto, com a representação das informações nesse modelo, o software EMS não foi capaz de gerar resultados. Como forma de solucionar o impasse na representação de outputs indesejáveis, utilizou-se a técnica de obtenção de valores recíprocos dos valores reais conforme explicitado no trabalho de Lovell, Pastor e Turner (1995), disponível na equação 7 abaixo.

$$Y = \frac{1}{Y}^{10^{-3}} \quad (7)$$

A tabela 3, disponível a seguir, reporta os valores respectivos para cada indicador selecionado, destacando a numeração da DMU, município correspondente e valor referente a cada output avaliado.

Tabela 3 – KPIS dos 50 municípios mais populosos

DMU	Município	X ₁	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
1	São Paulo	1	0,2533	0,8789	2,7778	0,5369
2	Rio de Janeiro	1	0,3857	0,4536	0,7407	0,3304

3	Salvador	1	0,4296	0,3033	1000,0000	0,2757
4	Fortaleza	1	0,6289	0,6187	1000,0000	0,5429
5	Belo Horizonte	1	0,4838	0,7736	5,8824	0,5416
6	Manaus	1	0,4257	0,6090	1000,0000	0,5599
7	Curitiba	1	0,5173	1,0769	1000,0000	0,5707
8	Recife	1	0,8170	0,4394	0,6944	0,3601
9	Goiânia	1	0,5456	37,3134	1000,0000	30,0300
10	Belém	1	0,8354	0,1837	1000,0000	0,1720
11	Porto Alegre	1	0,7072	0,7308	1000,0000	0,3768
12	Guarulhos	1	0,4417	0,5687	1000,0000	0,4105
13	Campinas	1	0,5020	0,7284	2,5641	0,4039
14	São Luís	1	0,5507	0,4357	1000,0000	0,3932
15	São Gonçalo	1	0,3815	7,9491	0,5682	6,4809
16	Maceió	1	0,6109	0,8135	0,5155	0,7086
17	Duque de Caxias	1	0,3309	1,3914	1000,0000	1,2827
18	Campo Grande	1	0,7138	53,1915	1000,0000	38,9105
19	Natal	1	0,8230	0,9950	1000,0000	0,8173
20	Teresina	1	1,2285	0,6194	12,5000	0,5607
21	São Bernardo do Campo	1	0,4755	0,5010	0,7752	0,3021
22	Nova Iguaçu	1	0,2535	8,3472	1,6667	7,7821
23	João Pessoa	1	0,9990	0,7920	1000,0000	0,6390
24	São José dos Campos	1	0,8299	8,6207	1000,0000	3,6456
25	Santo André	1	0,6010	0,7914	25,0000	0,3889
26	Ribeirão Preto	1	0,7622	4,2827	0,3215	1,9771
27	Jaboatão dos Guararapes	1	0,4953	0,2858	1000,0000	0,2643
28	Osasco	1	0,4172	0,8306	6,6667	0,5506
29	Uberlândia	1	0,8658	1000,0000	1000,0000	1000,0000
30	Sorocaba	1	0,5184	1000,0000	1000,0000	1000,0000
31	Contagem	1	0,4598	1,0375	1000,0000	0,8708
32	Aracaju	1	0,9099	0,9234	1000,0000	0,8155
33	Feira de Santana	1	1,0204	1000,0000	1000,0000	1000,0000
34	Cuiabá	1	0,8183	1,0793	1000,0000	0,9369
35	Joinville	1	0,6798	7,1582	1000,0000	2,7144
36	Aparecida de Goiânia	1	0,4225	1000,0000	1000,0000	1000,0000
37	Londrina	1	0,7231	1000,0000	1,0526	1000,0000
38	Juiz de Fora	1	0,8224	9,4162	3,7037	5,3763
39	Ananindeua	1	0,5079	0,1635	1000,0000	0,1577
40	Porto Velho	1	1,0482	0,8986	5,8824	0,8087
41	Serra	1	0,4525	1,1346	0,2874	0,9808

42	Niterói	1	0,8117	0,6123	5,0000	0,3254
43	Caxias do Sul	1	1,8657	1,5463	5,2632	0,7768
44	Belford Roxo	1	0,2385	1,3228	1000,0000	1,2661
45	Campos dos Goytacazes	1	1,1416	2,9394	6,2500	2,0309
46	Macapá	1	1,6129	0,6244	7,1429	0,5964
47	Florianópolis	1	0,7680	2,3969	1000,0000	0,9224
48	Vila Velha	1	0,7220	0,6744	1000,0000	0,4908
49	Mauá	1	0,3122	0,4963	0,9804	0,3703
50	São João de Meriti	1	0,3342	0,9693	0,2890	0,8906

Fonte: Adaptado de Cidades Sustentáveis (2021).

Em seguida, visando a obtenção de inferências iniciais do comportamento do *dataset*, realizou-se a estatística descritiva e obteve-se os seguintes resultados presentes na tabela 4.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas

Variável	Média	DesvPad	Mínimo	Quartil 1	Mediana	Quartil 3	Máximo
Y ₁	0,6700	0,3256	0,2385	0,4387	0,6059	0,8225	1,8657
Y ₂	103,4000	302,1000	0,2000	0,6000	0,9000	5,0000	1000,0000
Y ₃	541,9000	501,4000	0,3000	2,7000	1000,0000	1000,0000	1000,0000
Y ₄	102,4000	302,3000	0,2000	0,4000	0,7000	2,2000	1000,0000

Fonte: Autores (2023).

Realizando uma avaliação via desvio-padrão, infere-se que a variável Y₃ (Domicílios em favelas) possui a maior variabilidade dentro dos outros *outputs*.

Os valores das medidas descritivas evidenciam que o output Y₁ (percentual da população de baixa renda com tempo de deslocamento ao trabalho superior a uma hora) possui alta homogeneidade entre os dados, uma vez que seus valores se aproximam de 1, além da variável Y₁ ser a que possui menor desvio padrão. Como inferência inicial dessa avaliação, é perceptível um médio nível de atendimento do objetivo.

Em contra partida, as variáveis Y₂, Y₃ e Y₄ são os outputs que possuíram maior variabilidade entre os dados, comprovado pelos maiores valores de desvio padrão evidenciados na planilha. Porém, ao mesmo tempo que essas variáveis possuem discrepância entre si são as mais bem avaliadas, sendo Y₃ (domicílios em favelas) o indicador com a maior média. Isso mostra que enquanto alguns municípios possuem avaliações boas, atingindo o valor 1.000 como Feira de Santana, outros possuem alto potencial de melhoria, como São Paulo que obteve 2,7778.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a realização do *input* de dados no *software* de cálculo, cujo resultado está expresso na tabela 5 a seguir, obteve-se os valores referentes aos *scores* de eficiência de cada DMU em avaliação (municípios), bem como os *peers* obtidos dos municípios mais eficientes com base na variável de intensidade (λ).

Tabela 5- Resultados obtidos

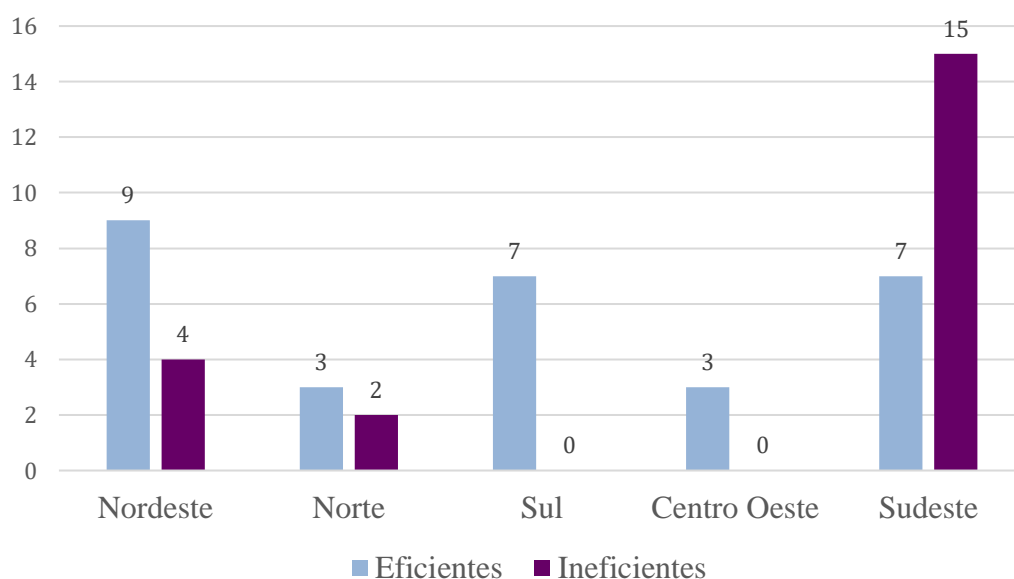
DMU	Município	Score	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Peer (λ)
1	São Paulo	13,67%	0,991	0,000	0,009	0,000	33 (0,0021) 43 (0,1346)
2	Rio de Janeiro	20,67%	0,999	0,000	0,000	0,001	33 (0,0002) 43 (0,2066)
3	Salvador	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
4	Fortaleza	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
5	Belo Horizonte	26,13%	0,990	0,000	0,010	0,000	33 (0,0045) 43 (0,2568)
6	Manaus	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
7	Curitiba	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
8	Recife	43,79%	1,000	0,000	0,000	0,000	33 (0,0000) 43 (0,4379)
9	Goiânia	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
10	Belém	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
11	Porto Alegre	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
12	Guarulhos	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
13	Campinas	26,96%	0,996	0,000	0,004	0,000	33 (0,0012) 43 (0,2684)
14	São Luís	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
15	São Gonçalo	20,79%	0,983	0,017	0,000	0,000	33 (0,0076) 43 (0,2003)
16	Maceió	32,76%	0,999	0,000	0,000	0,001	33 (0,0005) 43 (0,3272)
17	Duque de Caxias	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
18	Campo Grande	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
19	Natal	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
20	Teresina	66,25%	0,991	0,000	0,009	0,000	33 (0,0091) 43 (0,6535)
21	São Bernardo do Campo	25,49%	0,999	0,001	0,000	0,000	33 (0,0001) 43 (0,2548)
22	Nova Iguaçu	13,95%	0,973	0,027	0,000	0,000	33 (0,0081) 43 (0,1314)
23	João Pessoa	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
24	São José dos Campos	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
25	Santo André	33,27%	0,966	0,000	0,034	0,000	33 (0,0234) 43 (0,3093)
26	Ribeirão Preto	41,01%	0,995	0,005	0,000	0,000	33 (0,0037) 43 (0,4065)
27	Jaboatão dos Guararapes	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
28	Osasco	22,61%	0,987	0,000	0,013	0,000	33 (0,0055) 43 (0,2206)
29	Uberlândia	100,00%	0,000	0,824	0,038	0,138	26
30	Sorocaba	100,00%	0,000	0,848	0,018	0,134	26

31	Contagem	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
32	Aracaju	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
33	Feira de Santana	100,00%	0,505	0,000	0,000	0,495	48
34	Cuiabá	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
35	Joinville	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
36	Aparecida de Goiânia	100,00%	0,000	0,890	0,004	0,106	26
37	Londrina	100,00%	0,000	0,806	0,000	0,194	29 (0,2404) 30 (0,0971) 33 (0,5805) 36 (0,0821)
38	Juiz de Fora	44,47%	0,990	0,010	0,000	0,000	33 (0,0087) 43 (0,4360)
39	Ananindeua	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
40	Porto Velho	56,31%	0,995	0,000	0,005	0,000	33 (0,0029) 43 (0,5602)
41	Serra	24,28%	0,998	0,000	0,000	0,002	33 (0,0008) 43 (0,2421)
42	Niterói	43,63%	0,995	0,000	0,005	0,000	33 (0,0027) 43 (0,4336)
43	Caxias do Sul	100,00%	1,000	0,000	0,000	0,000	21
44	Belford Roxo	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
45	Campos dos Goytacazes	61,32%	0,995	0,000	0,005	0,000	33 (0,0030) 43 (0,6102)
46	Macapá	86,56%	0,996	0,000	0,004	0,000	33 (0,0026) 43 (0,8631)
47	Florianópolis	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	22
48	Vila Velha	100,00%	0,000	0,000	1,000	0,000	-
49	Mauá	16,74%	0,999	0,000	0,000	0,001	33 (0,0002) 43 (0,1672)
50	São João de Meriti	17,94%	0,998	0,000	0,000	0,002	33 (0,0008) 43 (0,1787)

Fonte: Autores (2023).

Dentre as 50 cidades avaliadas, 29 obtiveram o resultado máximo do score de eficiência (100%), e no meio destas, a cidade de Caxias do Sul (DMU 43), foi usada como referência no *benchmarking* por 21 vezes no *dataset*, o que remete a um possível destaque da cidade no que diz respeito à gestão da ecoeficiência para o ODS 11. Além disso, ao realizar uma análise de eficiência por região, percebe-se que 44% dos municípios analisados estão alocados na região Sudeste, 26% na região Nordeste, 14% na região Sul, 10% na região Norte e por fim 6% na região Centro-Oeste. Os resultados da análise estão disponíveis na figura 3.

Figura 3 - Comparativo de eficiência por região



Fonte: Autores (2023).

Prosseguindo na análise, é possível executar uma verificação do potencial de melhoria de cada município em avaliação, tomando como base os valores referentes da DMU com melhor *score* de ecoeficiência obtido no *dataset*. Tomando como referência a cidade descrita anteriormente, é pertinente avaliar a média valores de *outputs* das DMUs que a utilizaram como referência, para assim verificar o *range* de melhoria. O comparativo é possível de ser observado na tabela 6, apresentada a seguir, ressaltando que o campo “DMU Média” possui o valor médio dos *outputs* de cada uma das 23 cidades que utilizaram Curitiba como referência.

Tabela 6 - Comparação *Outputs* de DMUs

Categoria	Score	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
DMU 43	100,000%	1,8657	1,5463	5,2632	0,7768
DMU média	35,176%	1,2438	1,0309	3,5088	0,5179

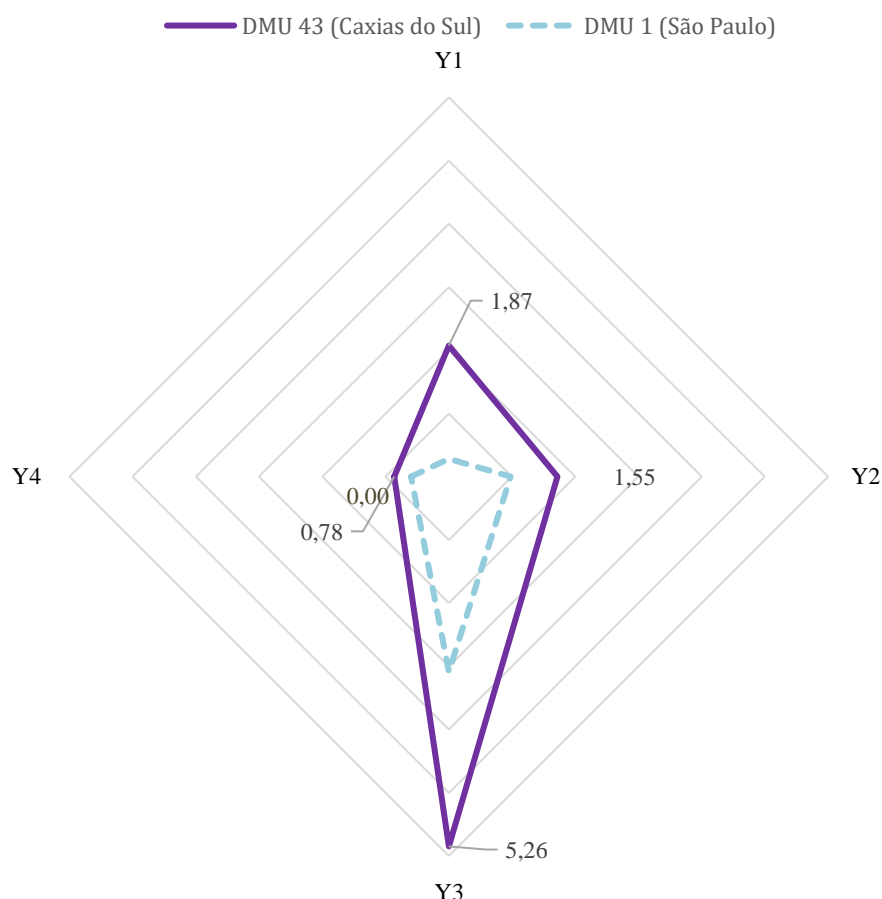
Fonte: Autores (2023).

Observa-se que para atingir o maior potencial de melhoria possível, as DMUs categorizadas como ineficientes devem centrar esforços principalmente nos *outputs* Y₃ (Domicílios em favelas) e Y₁ (Percentual da população de baixa renda com tempo de deslocamento ao trabalho superior a uma hora (%)), onde ambos indicadores das demais cidades ineficientes apresentaram uma diferença significativa em relação a DMU 43, que tem como valor respectivamente 5,2632 e 1,8657, em contrapartida, a média das demais DMUs ineficientes atingiram valores de 3,5088 e 1,2438.

Avaliando graficamente a DMU de referência (Caxias do Sul), é possível observar o comportamento por intermédio da distribuição dos valores via gráfico radar em comparação a

uma DMU que apresenta baixo desempenho (São Paulo), o qual aponta onde há maiores incidências de melhorias e necessidades de atenção.

Figura 4 – Ilustração do exercício de *benchmarking*



Fonte: Autores (2023).

A situação exposta na figura 4 acima, que descreve o município de São Paulo e do seu *peer* Caixas do Sul, evidencia os principais desafios em termos de melhoria no que diz respeito a ODS avaliadas. Observando os *outputs* Y₃ e Y₁, é evidente um grande distanciamento entre os municípios, situação a qual ocorre por carências e divergências no gerenciamento de políticas públicas e privadas voltadas para o transporte público e política habitacional.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo quantificar o desempenho dos 50 municípios mais populosos do país no alcance do ODS nº 11, mediante utilização da técnica de DEA. Uma vez que foi realizada com sucesso a avaliação dos municípios brasileiros na aderência de atendimento do ODS 11, foi possível identificar quais indicadores que possuem maiores

oportunidades de melhoria. Logo, conclui-se que o objetivo geral do trabalho foi alcançado, na medida em que os resultados observados retrataram o panorama geral de eficiência do recorte dos 50 municípios mais populosos do país.

Os valores reportados com resultado eficiente representaram 58% das DMUs presentes no *dataset* estudado, ou seja, 29 dos 50 municípios tiveram *scores* que atingiram 100%, enquanto as 21 ineficientes acumularam juntas uma média de 35,18% de *score*. Os resultados denotam que felizmente, pouco mais da metade dos municípios possuem práticas que buscam implementar planos de desenvolvimento urbano e regional, que buscam lugares mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Dentre os fatores limitantes para o desenvolvimento deste trabalho, destaca-se a indisponibilidade de alguns dados recentes, dado que determinadas informações são coletadas por quadriênio pelos órgãos oficiais responsáveis, impossibilitando uma análise completa para o ano-base escolhido. Além disso, a pesquisa desenvolvida foi feita sem a análise de séries temporais dos dados utilizados, pois a base de dados não os disponibiliza de forma acessível.

Em relação as propostas para futuros trabalhos e desdobramentos da presente pesquisa, é pertinente realizar o desenvolvimento de uma análise regional de aderência aos ODS, a fim de identificar os principais cenários junto de suas características e dificuldades, para que assim seja possível promover o desenvolvimento de projetos locais para melhoria dos indicadores. Outrossim, é imperativo a investigação via revisão bibliométrica sobre as ações público e privadas que visam a melhoria dos municípios para com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Com relação aos indicadores, a elaboração de um API (*Application Programming Interface*) seria de grande contribuição para o monitoramento em tempo real e geração de *insights* dos indicadores de monitoramento dos ODS.

Como principal contribuição proveniente do presente estudo, destaca-se a possibilidade de gerar *insights* a partir de dados já existentes em bases de dados públicas, que quando utilizadas como ferramenta de gestão, mesmo municípios de pequeno porte podem realizar análises e comparativos dos seus principais objetivos de desenvolvimento sustentável. Diante disso, destaca-se que a técnica desenvolvida e executada é aplicável na área de gestão pública, auxiliando *decision-makers* a atuarem de forma mais eficiente, uma vez que é possível identificar os principais campos de oportunidade de melhoria e os municípios categorizados como *peers*, onde há a possibilidade de investigação de suas boas práticas implementadas que trouxeram resultados positivos.

REFERÊNCIAS

- ALHADDI, Hanan. Triple Bottom Line and Sustainability: A Literature Review. **Business and Management Studies**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 6, 2015.
- ALVAREZ, Pavel Anselmo; ISHIZAKA, Alessio; MARTÍNEZ, Luis. Multiple-criteria decision-making sorting methods: A survey. **Expert Systems with Applications**, [s. l.], v. 183, n. June, p. 115368, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115368>.
- ALVES, Marcos A.; SOUZA, Lucas T. F. Método Multicritério TOPSIS Aplicado à Satisfação de Usuários de Smartphones com os Sistemas Operacionais Android, iOS e Windows Phone. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, [s. l.], v. 20, p. 2–9, 2017. Disponível em: <http://www.fsma.edu.br/si/sistemas.html>.
- ARAS, Güler; CROWTHER, David. The durable corporation in a time of financial and economic crisis. **Economics & Management**, [s. l.], v. 14, n. March 2014, p. 210–216, 2009. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=41976476&site=ehost-live>.
- AROWOSHEGBE, Amos O.; EMMANUEL, Uniamikogbo. Sustainability and Triple Bottom Line : an Overview of Two Interrelated Concepts. **Igbinedion University Journal of Accounting**, [s. l.], v. 2, n. August, p. 88–126, 2016.
- BANVILLE, Claude *et al.* A stakeholder approach to MCDA. **Systems Research and Behavioral Science**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 15–32, 1998.
- BRUNDTLAND, G.H. Our common future—Call for action. *Environmental Conservation*. **Tetrahedron Letters**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 291, 1987.
- CAUCHICK MIGUEL, Paulo Augusto *et al.* **METODOLOGIA DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E GESTÃO DE OPERAÇÕES**. 3rd. ed. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2018. *E-book*. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9788535248913500097>.
- CHANG, Ching-Ter; TAN, Kim-Hua; LU, Hao-Chun. Multiple Criteria Decision Making Theory, Methods, and Applications in Engineering. **Mathematical Problems in Engineering**, [s. l.], v. 2014, p. 431037, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2014/431037>.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978.
- CHERCHYE, LAURENS *et al.* AN INTRODUCTION TO “BENEFIT OF THE DOUBT” COMPOSITE INDICATORS. **Social Indicators Research**, [s. l.], v. 82, p. 111-145 (35 pages), 2007.
- CHIU, Ming Chuan; KUO, Ming Yu; KUO, Tsai Chi. A systematic methodology to develop business model of a product service system. **International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 369–381, 2015.
- CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/paginas/idsc-br>. Acesso em: 1 ago. 2022.

CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Metodologia Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/methodology#Selecao-de-indicadores>. Acesso em: 11 jan. 2023.

COSTA, Bianca da Silva Lima Miconi. Um Estudo Sobre a Sustentabilidade. [s. l.], 2019.

COSTANZA, Robert *et al.* Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 130, p. 350–355, 2016.

ELKINGTON, J. **Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. [S. l.]: New Society Publishers, 1998. (Conscientious commerce). *E-book*. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=dIJAbIM7XNcC>.

EMBRAPA. **Mais de 80% da população brasileira habita 0,63% do território nacional**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28840923/mais-de-80-da-populacao-brasileira-habita-063-do-territorio-nacional#:~:text=As>. Acesso em: 5 abr. 2022.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos EBAPE.BR**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 667–681, 2017.

FROEHLICH, Cristiane. Sustentabilidade: dimensões e métodos de mensuração de resultados. **Revista de Gestão do Unilasalle**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 151–168, 2014. Disponível em: <http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/desenvolve>.

GIL, Antonio Carlos. **COMO ELABORAR PROJETOS DE PESQUISA**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas Ltda., 2017.

GOMES, Eliane Gonçalves *et al.* Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 43, p. 604–631, 2005.

GRUPO BANCO MUNDIAL. Relatório de Pobreza e Equidade no Brasil Mirando o futuro após duas crises - Sumário Executivo. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/37657/P17469105924ae05d0bf1d0da0d29438142.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

GUEDES, Isabella. **Triple bottom line: entenda o que é e como funciona o Tripé da Sustentabilidade**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://meiosustentavel.com.br/triple-bottom-line/>. Acesso em: 28 set. 2022.

HWANG, Ching-Lai; YOON, Kwangsun. Methods for Multiple Attribute Decision Making. *In: MULTIPLE ATTRIBUTE DECISION MAKING: METHODS AND APPLICATIONS A STATE-OF-THE-ART SURVEY*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1981. p. 58–191. *E-book*. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3.

IPEA. **Desafios da Nação**. Brasília: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2018.

JUNG, Hye Jung; OH, Kyung Wha. Exploring the sustainability concepts regarding leather apparel in China and South Korea. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 11, n. 19, p. 1–19, 2019.

JUNIOR, Celso Andretta; PIRATELLI, Claudio Luis; PACHECO, Bruna Cristine Scarduelli. Métodos de apoio à decisão multicritério: uma revisão sobre aplicações em avaliação da educação / Multiple-criteria decision-making: a review applications in education assessment. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 6129–6143, 2022.

KENTON, WILL; BOYLE, MICHAEL J; KVILHAUG, SUZANNE. **Triple Bottom Line**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/t/triple-bottom-line.asp#:~:text=In economics%2C the triple bottom,%2C people%2C and the planet.> .

KUMAR, Ranjit. **Research Methodology, a Step-by-Step Guide for Beginners**. 3rd. ed. New Delhi: SAGE Publishers Ltd., 2011.

KUTTY, Adeeb A *et al.* Sustainability Performance of European Smart Cities: A Novel DEA Approach with Double Frontiers. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 81, p. 103777, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067072200107X>.

LOVELL, C. A.; PASTOR, Jesús T.; TURNER, Judi A. Measuring macroeconomic performance in the OECD: A comparison of European and non-European countries. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 87, n. 3, p. 507–518, 1995.

NARDO, Michela *et al.* **Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide**. 1st. ed. Paris: European Commission, Joint Research Centre and OECD, 2008.

NORMAN, Wayne; MACDONALD, Chris. GETTING TO THE BOTTOM OF “TRIPLE BOTTOM LINE”. **Business Ethics Quarterly**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 243–262, 2004. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/10.2307/3857909>.

PACHECO, Priscila; AZEREDO, Laura. **A história da urbanização brasileira**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/noticias/historia-da-urbanizacao-brasileira#:~:text=Afinal%2C oito em cada dez,%25 para os atuais 85%25. Acesso em: 4 maio 2022.>

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável/Programa das Nações Unidas para**. 1. ed. Brasília: PNUD, 2015.

REZENDE, Greyce Bernardes de Mello *et al.* Sustentabilidade de Barra do Garças sob a Ótica do Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios. **Desenvolvimento em Questão**, [s. l.], v. 15, n. 39, p. 203, 2017.

ROY, Bernard. Classement et choix en présence de points de vue multiples. **Revue française d’informatique et de recherche opérationnelle**, [s. l.], 1968. Disponível em: http://www.numdam.org/article/RO_1968__2_1_57_0.pdf.

SAATY, T L. **Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process : the Organization and Prioritization of Complexity**. [S. l.]: RWS Publications, 1996. (Analytic hierarchy process series). *E-book*. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=MGpaAAAAYAAJ>.

SAATY, Thomas L. SOME MATHEMATICAL CONCEPTS OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS Thomas L. Saaty*. [s. l.], n. 29, p. 1–9, 1991.

SACHS, J. *et al.* SDG Index and Dashboards - Global Report. **New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN)**, [s. l.], n. July, p. 58, 2016. Disponível em: http://sdgindex.org/assets/files/sdg_index_and_dashboards_compact.pdf.

SACHS, Jeffrey *et al.* **Sustainable Development Report 2021**. [S. l.: s. n.], 2021.

SCHMIDT-TRAUB, Guido *et al.* National baselines for the Sustainable Development Goals assessed in the SDG Index and Dashboards. **Nature Geoscience**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. 547–555, 2017.

SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 142, n. 1, p. 16–20, 2002.

SILVA, Enid Rocha Andrade da. Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e os desafios da nação. **Desafios da Nação: artigos de apoio, volume 2**, [s. l.], p. 661–680, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8323>.

SILVA, Bruno D E Paula. PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES DE SERVIÇOS DE TRANSPORTE : UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO BASEADA NO MÉTODO ELECTRE-TRI SERVIÇOS DE TRANSPORTE. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**, [s. l.], 2021.

SILVA, R. F.; FILHO, Razzolini. O papel da informação sobre sustentabilidade nos processos de tomada de decisão. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 99–127, 2021. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/2362/pdf>.

SILVESTRE, Bruno S.; TIRCA, Diana Mihaela. Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 208, p. 325–332, 2019.

SLAPER, Timothy; HALL, Tanya. The Triple Bottom Line : What Is It and How Does It Work?. **Indiana University Kelley School of Business**, [s. l.], n. January 2011, p. 4–8, 2011. Disponível em: <http://www.ibrc.indiana.edu/ibr/2011/spring/article2.html>.

SOUZA, Ligia da Paz de. A pandemia da COVID-19 e os reflexos na relação meio ambiente e sociedade. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 68–73, 2020.

STEFANIEC, Agnieszka *et al.* Sustainability assessment of inland transportation in China: A triple bottom line-based network DEA approach. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 80, p. 102258, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102258>.

TRIBUNAL DE CONTAS DE SÃO PAULO. O impacto da pandemia nos ODS. [s. l.], 2021.

UNITED NATIONS, .; **Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development**. [S. l.: s. n.], 2018.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs. **IAEG-SDGs Inter-agency and Expert Group on SDG Indicators**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/iaeg-sdgs/>. Acesso em: 11 jan. 2023.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY, .; Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. **European Journal of Health Law**, [s. l.], v. 22, n. 5, p. 508–516, 2015.

VOGT, Markus; WEBER, Christoph. Current challenges to the concept of sustainability. **Global Sustainability**, [s. l.], v. 2, p. 1–6, 2019.

WANG, Wen Pai. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, [s. l.], v. 34, n. 10, p. 3130–3141, 2010.

ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras; TURSKIS, Zenonas; KILDIENE, Simona. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. **Technological and Economic Development of Economy**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 165–179, 2014.



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia

Curso de Graduação em Engenharia de Produção

Tv. Enéas Pinheiro, nº 2626 - Marco

CEP: 66095-100 Belém - PA

www.uepa.br