

# Indicadores de sustentabilidade: um olhar ecossistêmico sobre a gestão socioambiental da Região Metropolitana de Natal (RMN) no contexto pandêmico

Pablo Matheus Rodrigues de Souza Meira<sup>1\*</sup> , Julio Alejandro Navoni<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário Lagoa Nova, Caixa postal 1524, Natal/RN - Brasil. 59078-900

\*Autor para correspondência: [pmatheus.ufrn@gmail.com](mailto:pmatheus.ufrn@gmail.com)

Recebido em 29 de agosto de 2022.

Aceito em 24 de novembro de 2022.

Publicado em 30 de novembro de 2022.

**Resumo** - A pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2 causou desequilíbrios sociais e ambientais, principalmente em regiões urbanas mais vulneráveis. Compreender a relação entre a saúde da população e a qualidade dos ambientes urbanos contribui para uma visão preventiva e no controle de surtos epidêmicos. A Região Metropolitana de Natal (RMN) é constituída por municípios com insuficiente taxa de saneamento e um alto grau de pobreza, propício para a repercussão de novos patógenos. Com o intuito de contribuir com a gestão dos impactos deste cenário, foi investigado neste trabalho a incidência, mortalidade e fatalidade do vírus SARS-CoV-2 e a sua relação com 15 indicadores descritores de características sociodemográficas, de saneamento básico e ocupação do solo, através do modelo FPSEEA (Forças-Motrizas-Pressões-Situação-Exposição-Efeitos-Ações). A partir de uma análise descritiva multivariada, utilizando o método de clustering hierárquico, quatro agrupamentos associados à Saúde Ambiental foram gerados. As técnicas estatísticas indicaram a relação entre a falta de infraestrutura em saneamento ambiental e alta cobertura destinada à agropecuária nos dois primeiros grupos (Cluster 1 e 2), enquanto, nos grupos mais urbanizados (Cluster 3 e 4), foi observado um padrão que concentrou as maiores consequências dos vários processos urbanos que influenciaram a COVID-19 na RMN.

**Palavras chave:** Sistemas de Indicadores. Região Metropolitana de Natal. COVID-19. Saúde Única. Modelo FPSEEA.

## Sustainability Indicators: an ecosystem look at the socio-environmental management of the Metropolitan Region of Natal (RMN) in the pandemic context

**Abstract** - The pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus caused social and environmental imbalances, especially in the most vulnerable urban regions. Understanding the relationship between the health of the population and the quality of urban environments contributes to a preventive vision and the control of epidemic outbreaks. The Metropolitan Region of Natal (MRN) is made up of municipalities

with insufficient sanitation rates and a high degree of poverty, conducive to the repercussion of new pathogens. In order to contribute to the management of the impacts of this scenario, this work investigated the incidence, mortality and fatality of the SARS-CoV-2 virus and its relationship with 15 descriptors indicators of sociodemographic characteristics, basic sanitation and land occupation, through the FPSEEA model (Drivers-Pressures-Situation-Exposure-Effects-Actions). From a multivariate descriptive analysis, using the hierarchical clustering method, four clusters associated with Environmental Health were generated. Statistical techniques indicated the relationship between the lack of infrastructure in environmental sanitation and high coverage for agriculture in the first two groups (Cluster 1 and 2), while in the more urbanized groups (Cluster 3 and 4), a pattern was observed that concentrated the greatest consequences of the various urban processes that influenced the environmental and human health of the MRN.

**Keywords:** Indicator Systems. Metropolitan Region of Natal. COVID-19. Unique Health. FPSEEA template.

### **Indicadores de Sustentabilidad: una mirada ecosistémica a la gestión socioambiental de la Región Metropolitana de Natal (RMN) en el contexto de la pandemia**

**Resumen** - La pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 provocó desequilibrios sociales y ambientales, especialmente en las regiones urbanas más vulnerables. Comprender la relación entre la salud de la población y la calidad de los ambientes urbanos contribuye a una visión preventiva y al control de brotes epidémicos. La Región Metropolitana de Natal (RMN) está compuesta por municipios con índices de saneamiento insuficientes y un alto grado de pobreza, propicio para la repercusión de nuevos patógenos. Con el fin de contribuir a la gestión de los impactos de este escenario, este trabajo investigó la incidencia, mortalidad y letalidad del virus SARS-CoV-2 y su relación con 15 indicadores descriptores de características sociodemográficas, saneamiento básico y ocupación del suelo, a través de la Modelo FPSEEA (Drivers-Pressures-Situation-Exposure-Effects-Actions). A partir de un análisis descriptivo multivariado, utilizando el método de conglomerado jerárquico, se generaron cuatro conglomerados asociados a la Salud Ambiental. Las técnicas estadísticas indicaron la relación entre la falta de infraestructura en saneamiento ambiental y la alta cobertura para la agricultura en los dos primeros grupos (Cluster 1 y 2), mientras que en los grupos más urbanizados (Cluster 3 y 4) se observó un patrón que concentró la mayores consecuencias de los diversos procesos urbanos que influyeron en la salud ambiental y humana de la RMN.

**Palabras llave:** Sistemas de Indicadores. Región Metropolitana de Natal. COVID-19. Salud Única. Plantilla FPSEEA.

## Introdução

A invasão de habitats naturais, o processo de urbanização acelerado e o desenvolvimento socioeconômico desigual apresentam-se como problemas ambientais globais relacionados ao crescimento populacional, favorecendo o surgimento e transmissão de doenças infecciosas emergentes (Connolly et al. 2020). Dessa forma, os sistemas metropolitanos podem ser considerados forças motrizes do desenvolvimento socioeconômico, mas também os centros de grandes problemas ambientais desde a revolução industrial (Wu 2014).

Na perspectiva da sustentabilidade, os efeitos da urbanização, causados pelas pressões dos sistemas regionais relacionadas ao bem-estar, as mudanças socioambientais e os impactos nos ecossistemas, resultam em problemas de saúde, afetando os seres humanos e as sociedades em múltiplas em diferentes escalas espaciais e temporais (Giatti et al. 2013).

Por exemplo, a pandemia do vírus pertencente à família Coronaviridae, SARS-CoV-2, causador da *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS), conhecida como COVID-19, revelou um padrão regionalizado na incidência e mortalidade da doença, a depender das condições socioeconômicas da área estudada (Acosta et al. 2020; Sabin et al. 2020). Inicialmente, os primeiros casos do novo coronavírus foram isolados e identificados em Wuhan, na China, em dezembro de 2019 (Sohrabi et al. 2020).

No entanto, segundo o *Johns Hopkins Coronavirus Resource Center* (2022), a doença se espalhou por todo o mundo, infectando mais de quinhentos milhões de pessoas e ceifando cerca de seis milhões de vidas. Na América Latina, o primeiro caso foi detectado no Brasil em 25 de fevereiro de 2020 (Rodríguez-Morales et al. 2020), desde então, a pandemia do vírus SARS-CoV-2 vem causando sérios danos à saúde pública e à economia.

Nesse sentido, matrizes lógicas e sistemas de indicadores apresentam-se como ferramentas eficazes capazes de produzir diagnósticos que podem orientar o planejamento de ações e tomadas de decisões para gerenciamento de riscos, além de fortalecer a construção de indicadores que apontem a inter-relação da saúde ambiental e políticas públicas como um instrumento importante no combate a infecções emergentes em regiões metropolitanas brasileiras (Gentry-Shields e Bartram 2014; Maria et al. 2019; Schäffer e Martins 2018).

A dificuldade da identificação e real interpretação da importância do ambiente para a saúde está relacionada à complexidade em situações de sinergia entre fatores como ocupação do solo, uso e cobertura da terra, saneamento, saúde coletiva, entre outros. Simultaneamente, muitas dessas questões são atualmente abordadas coletivamente por acordos como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (Folke et al. 2016). Os 17 ODS são um conjunto de metas políticas que visam solucionar problemas mundiais em prol da sustentabilidade e conservação, estando entre seus objetivos a erradicação da pobreza e da fome no mundo, ação contra a mudança global do clima, proteção ambiental e sustentabilidade (ONU 2020).

Entretanto, para que os 17 ODSs sejam alcançados, é preciso fomentar mudanças no modo de formular, implementar e avaliar políticas públicas que tenham a função de apontar para uma direção ou mostrar em que ponto se chegou com determinadas ações (ONU 2020). Além disso, estas políticas públicas devem ser também acompanhadas por políticas mais gerais de caráter transversal, que busquem fortalecer a coesão e ampliar o “capital social” de comunidades vulneráveis, promovendo a participação social no desenho e implementação de políticas e programas.

Neste contexto, pesquisas mostram que matrizes interpretativas multidimensionais efetivas e contínuas sobre a saúde ambiental tem enorme potencial para pensar os novos mecanismos capazes de mensurar a sustentabilidade (Giatti et al. 2013; Maria e Slovic 2018; Silva et al. 2016), utilizando ferramentas que auxiliem na redução e minimização dos danos ambientais e consigam fazer previsões e traçar padrões a respeito dos determinantes sociais de saúde (Maria et al. 2019; Sobral e Freitas 2010).

Neste artigo, a metodologia FPSEEA (Forças-Motrizes-Pressões-Situação-Exposição-Efeitos-Ações), elaborada pela OMS e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), foi aplicada para responder à pergunta “Qual a relação existente entre os indicadores de saúde ambiental e a sustentabilidade na Região Metropolitana de Natal?”. Este sistema relacional baseado na concepção de que as forças motrizes (fatores de escala macro) geram pressões que alteram a situação ambiental e afetam negativamente a saúde humana, através de diversas formas de exposição, além de estabelecer as relações entre situações ambientais e seus efeitos sobre a qualidade de vida das pessoas (Sobral e Freitas 2010).

Esta metodologia sistemática tem sido usada por diferentes autores, em diversos países e situações (Stedile et al. 2018; Schäffer e Martins 2018; Maria e Slovic 2018). Considerando a hipótese que a implementação de sistemas de prevenção e de controle dos desequilíbrios sociais e ambientais em regiões urbanas do Brasil deve produzir respostas mais eficazes a epidemias, este estudo teve como objetivo principal analisar a relação existente entre os indicadores de saúde ambiental e ocorrência dos casos de COVID-19 na Região Metropolitana de Natal (RMN), com base no modelo Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ações (FPSEEA).

## Sistemas de indicadores e saúde

No contexto contemporâneo, os sistemas de indicadores são instrumentos importantes de documentação, que podem ajudar a mensurar a compreensão entre as condições ambientais e seus efeitos na saúde-doença. Dessa forma, o desenvolvimento de indicadores, associado a tipologias territoriais, surge como uma maneira de enfrentar as limitações e entender as contribuições da natureza para as pessoas, determinando assim tipos e sistemas que caracterizam as condições socioambientais de recortes geográficos; conseqüentemente, sua sustentabilidade (Maria et al. 2019).

Mesmo com as limitações que precisam ser consideradas para uma adequada utilização dos sistemas de indicadores na área da saúde (Schumann e Moura 2015), é promissora a capacidade que esses modelos detêm em coletar, armazenar e divulgar evidências constituídas a partir de dados da realidade, auxiliando gestores, médicos e urbanistas na tomada de decisões para o desenvolvimento sustentável.

Por exemplo, estas iniciativas têm ajudado a entender os condicionantes de doenças transmitidas dos animais para o ser humano e mensurar os possíveis fatores de riscos que afetam a sua magnitude, transcendência, potencial de disseminação, gravidade, severidade e vulnerabilidade; informações valiosas para realizar um levantamento do contexto de impacto na Saúde Ambiental (Acosta et al. 2020; Daszak et al. 2020).

No Brasil, os sistemas de indicadores vem sendo aplicado pela Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria de Vigilância em Saúde (CGVAM/SVS/MS) e, segundo o Ministério da Saúde do Brasil, devem seguir as seguintes etapas metodológicas: (1) definir o que se quer medir (conceito abstrato ou temática); (2) especificar as dimensões desse conceito (interpretação

e abordagem/modelo); (3) coletar um número amplo de dados, de diferentes fontes públicas; (4) expressar estatisticamente o conceito abstrato inicialmente idealizado (Brasil 2011).

À vista disso, pesquisadores brasileiros têm fomentado estudos de análise utilizando modelos sistemáticos, como o Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR) e o Forças-Motrizas-Pressões-Situação-Exposição-Efeitos-Ações (FPSEEA), atingindo resultados positivos quando aplicados no campo da vigilância em saúde ambiental e na análise de riscos a partir de impactos no ambiente (Schuman 2018). Essas abordagens utilizadas pela área ambiental vêm influenciando tanto a criação como a aplicação de modelos voltados para serviços de saúde, como elementos fundamentais do processo de desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, quando a sustentabilidade é tratada como um conceito multidimensional (Stoffel e Colognese 2015), podemos considerar a gestão de áreas urbanas como uma de suas extensões (Philippi 2017), tendo em vista que este tema é abordado em três artigos da Constituição da República Federativa do Brasil (1988): O art.182 (Política Urbana) visa a “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”. O art.196 (Saúde) estabelece que “o acesso universal e igualitário às ações e serviços para promover, proteger e recuperar a saúde é direito de todos e dever do Estado.” O art. 225 (Meio Ambiente) define o “direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, que é essencial à sadia qualidade de vida, impondo ao poder público e à coletividade o dever de o defender e preservar para as presentes e futuras gerações”.

A partir deste novo e ampliado conceito de saúde, que demanda, por um lado, um enfoque interdisciplinar na integração de disciplinas das ciências naturais e humanidades, por outro, uma abordagem transdisciplinar por meio do diálogo entre disciplinas específicas da ciência (Weihs e Mertens 2012), apresentam-se como objetivos secundários deste estudo, (1) verificar quais são os principais determinantes socioambientais que resultam numa maior incidência de viroses respiratórias na RMN; (2) identificar a presença de padrões de associação entre as unidades (municípios) da RMN; (3) analisar a situação ambiental por meio do nível de modificação, degradação e exposição do ambiente e as suas implicações nas condições de vida, bem-estar e saúde dos indivíduos na área de estudo.

Portanto, perfilou-se e trabalhou-se com a expectativa de que este estudo científico possa fornecer subsídios, além de outras pesquisa e ações futuras, para a elaboração, a implementação e/ou o aperfeiçoamento de políticas públicas que visam melhorias no âmbito da gestão e monitoramento de indicadores, visando contribuir para uma melhor vigilância ambiental em saúde da Região Metropolitana de Natal (RMN).

## Material e métodos

Buscando compreender a heterogeneidade encontrada nos ecossistemas urbanos do Nordeste brasileiro, com foco na Mata Atlântica, este estudo concebeu-se como um caminho de informações regionais essenciais para a ampliação de estratégias multissetoriais de planejamento e análise de riscos relacionada à saúde ambiental na Região Metropolitana de Natal (RMN). Sendo assim, a metodologia para este artigo foi organizada em quatro etapas. A primeira etapa descreve a caracterização da área de estudo. A segunda seção mostra como os dados secundários foram obtidos. Posteriormente, o sistema

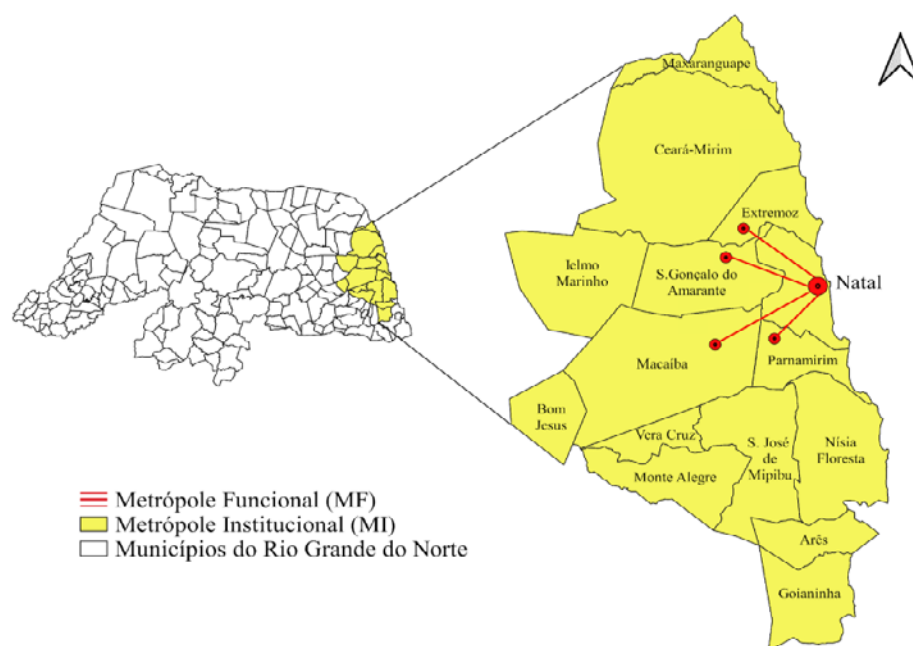
de indicadores (FPSEEA) foi aplicado na base de dados. E por último apresentam-se os procedimentos metodológicos para tratar estatisticamente os dados.

### Caracterização da área de estudo

A área de estudo abordada neste artigo corresponde à Região Metropolitana de Natal (RMN), criada inicialmente pela Lei Complementar nº 152 de 16 de janeiro de 1997 e, atualmente, composta por quinze municípios do estado do Rio Grande do Norte. Segundo Clementino (2019), ao integrar as características de fluxo de atividades, dinâmicas e migração da conurbação físico-territorial da RMN, as aglomerações urbanas locais podem ser divididas em “Metrópole Funcional” (MF) e “Metrópole Institucional” (MI), como apresentado na Figura 1.

Além de ser a quarta maior aglomeração urbana do nordeste do Brasil e concentrar cerca de 43,4% da população do estado (IBGE 2019), a RM de Natal está situada em um dos poucos núcleos remanescentes do bioma Mata Atlântica no Brasil. Este recorte geográfico concentra importantes áreas verdes responsáveis pela conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos locais (Faria et al. 2019; Araújo et al. 2018).

**Figura 1** - Municípios da Região Metropolitana de Natal. Unidades (MF): Natal, Parnamirim, São Gonçalo do Amarante, Ceará-Mirim, Macaíba e Extremoz; Unidades (MI): Arez, Goianinha, Ilmo Marinho, Maxaranguape, Monte Alegre, Nísia Floresta, São José de Mipibu, Vera Cruz e Bom Jesus.



Além disso, essa região concentra indústrias derivadas de atividades agropecuárias e extrativas, de baixa e média-baixa tecnologia, comércio diversificado e serviços múltiplos (Clementino 2019), com destaque para o turismo que geram pressões socioambientais como consequência dos processos produtivos.



## Coleta de dados

Diante da ausência de informação, divulgação e orientação sobre saúde ambiental, em nível local e subnacional no Brasil, a pré-análise do estudo consistiu na formulação do problema a partir do levantamento bibliográfico para a construção da amostra a ser aplicada nas dimensões da matriz FPSEEA com base em dados socioambientais de livre acesso da RMN.

A maior parte dos dados que correspondem ao tema “Sustentabilidade e Desenvolvimento” foram acessados através da plataforma Cidades@ (IBGE 2021). Para os dados de “Cobertura e Uso da Terra”, utilizamos a Coleção 6 do Map Biomas (2021) que apresenta os 36 anos (1985 a 2020) de avaliações anuais de cobertura e uso da terra do Brasil em escala de 30 m. Esta coleção utilizou o limite dos biomas em escala 1:250.000 do IBGE e os recortes levaram em consideração as porcentagens de Área Não Vegetada; Área destinada à agropecuária; Área de estoque de água superficial e Vegetação Natural Remanescente (Florestal e não Florestal).

Na perspectiva da “Saúde Ambiental e Saneamento”, recorreremos aos dados da Secretaria Nacional de Saneamento através do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019 (Brasil 2020). Já as informações oriundas do tema “Efeitos à Saúde Humana” foram retiradas do Boletim Epidemiológico N°258 (SESAP 2020), no período de 16/03/2020 à 31/12/2020 e correspondem às referências materiais de infecção pelo vírus SARS-CoV-2 na RMN em um dos momentos mais críticos da pandemia vividos pelo estado.

Os dados mostram que esse período englobou duas grandes “ondas de transmissão” no estado do Rio Grande do Norte: a primeira, causada pelo o início das campanhas eleitorais para prefeitos e vereadores, em setembro de 2020, que marcou também uma nova fase epidêmica da doença em todo o país; e as frequentes aglomerações observadas nos meses de outubro e novembro de 2020 que contribuíram para o relaxamento das medidas de prevenção, em oposição ao recomendado pelos comitês científicos e pelas autoridades sanitárias no período (Higor et al. 2021).

Apesar das dificuldades para encontrar indicadores que relacionem a exposição ambiental regional e os efeitos sobre a saúde coletiva da área estudada, a matriz escolhida para este estudo (FPSEEA) deve ser entendida como uma inovação metodológica para caracterizar e descrever as diferentes condições socioambientais que podem ser encontradas nos municípios que constituem a Região Metropolitana de Natal.

## Matriz Forças Motrizes-Pressão-Situação-Exposição-Efeitos-Ações (FPSEEA)

Criada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e o PNUMA, a matriz FPSEEA é um produto do desenvolvimento das metodologias PER e PEIR e tem o objetivo de mensurar e monitorar os possíveis agravos à saúde decorrentes das constantes e intensas mudanças sociais, econômicas e ambientais (Brasil 2011). Sob essa visão (Figura 2), é possível tomar decisões sobre os problemas sistematizados através de distintas formas de ação que devem ser realizadas, majoritariamente, pelo poder público, com a finalidade de formular e programar soluções para que o ambiente urbano e a população possam viver e estar saudáveis para exercerem suas funções.

**Figura 2** - Representação do modelo Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação.



**Fonte:** Stedile et al. 2018, com adaptações do autor.

Esse sistema de indicadores vem sendo aplicado no Brasil pela Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (CGVAM/SVS/MS) desde o final da década de 1990 (Maria e Slovic 2018). Neste estudo, a matriz FPSEEA amplia o âmbito da saúde ambiental para análise da exposição/efeito da COVID-19 na Região Metropolitana de Natal à luz da transdisciplinaridade de indicadores de: sustentabilidade e desenvolvimento; cobertura e uso da terra; saúde ambiental e saneamento; efeitos à saúde humana.

### Tratamento dos dados

O tratamento dos dados iniciou-se após a migração dos dados para o pacote estatístico SPSS 26.0 for Windows. Então, foi realizada a análise bivariada com cruzamento das componentes incluídas na matriz FPSEEA e os municípios da RMN. O Quadro 1 mostra a seleção de indicadores escolhidos como amostra para o método de aglomeração e está organizada de acordo com o eixo, o indicador, a fonte, a unidade de medida, a dimensão e o tema.



**Quadro 1** - Indicadores da RMN que correspondem à matriz FPSEEA

<b>Eixo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fonte</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Temáticas</b>
Força Motriz (FM1)	População Residente Total	(IBGE 2021)	Nº de habitantes	Social	Sustentabilidade e Desenvolvimento
Força Motriz (FM2)	População residente Urbana	(IBGE 2021)	Porcentagem	Social	Sustentabilidade e Desenvolvimento
Força Motriz (FM3)	Índice de Desenvolvimento Humano do Município	(IBGE 2021)	IDHM	Social	Sustentabilidade e Desenvolvimento
Força Motriz (FM4)	Tx de Crescimento Populacional 2017-2027	(IBGE 2021)	Porcentagem	Social	Sustentabilidade e Desenvolvimento
Força Motriz (FM5)	Domicílios com renda mensal per capita de até 1/2 salário mínimo	(IBGE 2021)	Porcentagem	Econômica	Sustentabilidade e Desenvolvimento
Força Motriz (FM6)	Expectativa de vida ao nascer	(IBGE 2021)	Anos	Social	Sustentabilidade e Desenvolvimento
Pressão (P1)	Área Não Vegetada	(Map Biomas 2021)	Porcentagem	Ambiental	Cobertura e Uso da Terra
Pressão (P2)	Frota de carros por habitante	(IBGE 2021)	Frota de carros/habitante	Social	Sustentabilidade e Desenvolvimento
Pressão (P3)	Área destinada à agropecuária	(Map Biomas 2021)	Porcentagem	Ambiental	Cobertura e Uso da Terra
Pressão (P4)	Área de estoque de água superficial	(Map Biomas 2021)	Porcentagem	Ambiental	Cobertura e Uso da Terra
Situação (S1)	Domicílios com abastecimento de água	(Brasil 2020)	Nº de residência	Ambiental	Saúde Ambiental e Saneamento
Situação (S2)	Domicílios com esgotamento sanitário	(Brasil 2020)	Nº de residências	Ambiental	Saúde Ambiental e Saneamento
Situação (S3)	Domicílios com coleta de resíduos sólidos	SNIS (2019)	Porcentagem	Ambiental	Saúde Ambiental e Saneamento
Situação (S4)	Vegetação Natural Remanescente	(Map Biomas 2021)	Porcentagem	Ambiental	Cobertura e Uso da Terra

Eixo	Indicador	Fonte	Unidade de medida	Dimensão	Temáticas
Exposição (E1)	População total sem abastecimento de água	(Brasil 2020)	Porcentagem	Ambiental	Saúde Ambiental e Saneamento
Exposição (E2)	População total sem acesso à rede geral de esgoto	(Brasil 2020)	Porcentagem	Ambiental	Saúde Ambiental e Saneamento
Exposição (E3)	População Ocupada	(IBGE 2021)	Porcentagem	Social	Sustentabilidade e Desenvolvimento
Efeitos (D1)	Taxa de Suspeitos (COVID-19)	(SESAP 2020)	Suspeitos/100.000hab	Ambiental	Efeitos à Saúde Humana
Efeitos (D2)	Casos Confirmados	(SESAP 2020)	Nº de casos	Ambiental	Efeitos à Saúde Humana
Efeitos (D3)	Óbitos Confirmados	(SESAP 2020)	Nº de casos	Ambiental	Efeitos à Saúde Humana

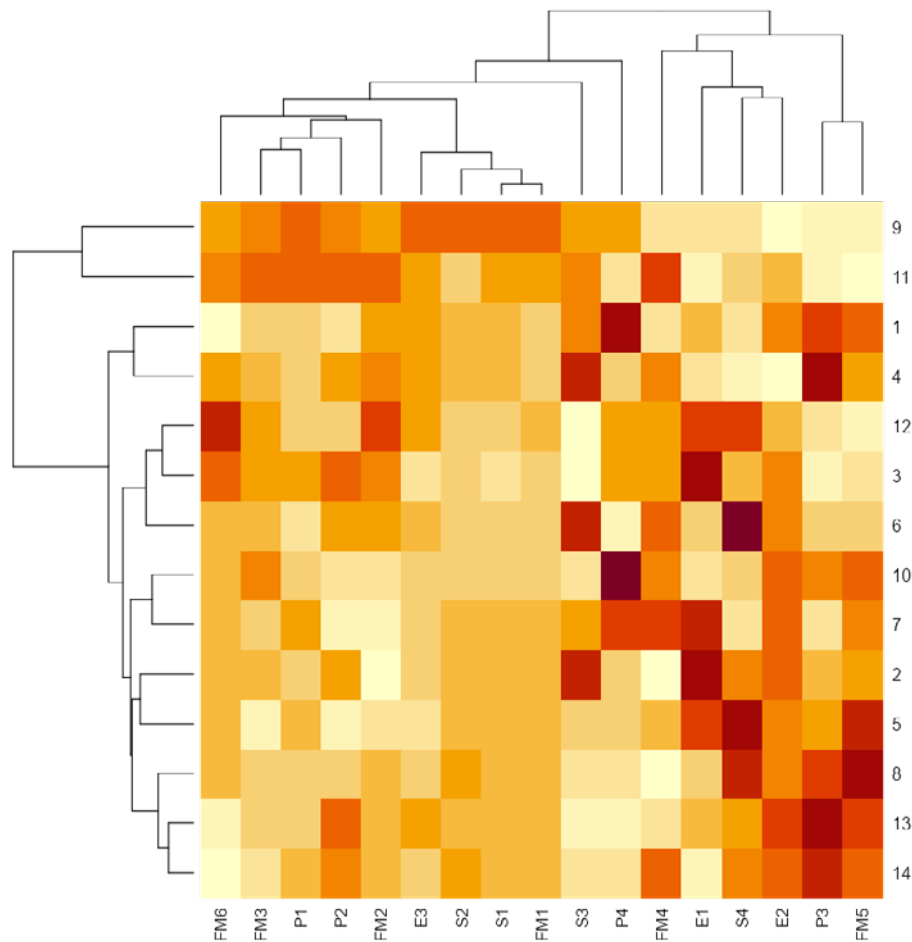
Em seguida, os dados passaram por uma metodologia que consiste na classificação dos indicadores em uma matriz hierarquizada e posterior aplicação analítica de uma técnica de estatística multivariada de agrupamentos (*clustering analysis*), frequentemente adotada em estudos ecológicos e sistemáticos (Figueiredo et al. 2012; Maria e Slovic 2018; Menachery et al. 2015). Logo, o método escolhido foi o agrupamento pelo quadrado da distância Euclidiana.

Após interpretar os agrupamentos, a técnica metodológica se aplicou ao considerar a RMN enquanto sistema hierárquico, através de uma análise tipológica de clusters que são úteis para caracterizar tanto sistemas ecológicos como também humanos (Figueiredo et al. 2012; Giatti et al. 2013), utilizando-se da matriz FPSEEA de modo a diferenciar como questões econômicas, sociais e ambientais se distribuem conferindo efeitos ao bem-estar humano em regiões metropolitanas no Nordeste Brasileiro. Dessa forma, buscamos realizar uma análise exploratória descritiva a fim de encontrar grupos de objetos similares dentre a amostra de dados referentes à Região Metropolitana de Natal. Por esse motivo, grande parte dos resultados deste artigo se concentrou em ações de gestão e tomada de decisão sobre sustentabilidade e bem-estar em aglomerações urbanas no Nordeste do Brasil.

## Resultados

O mapa de calor (Figura 3) mostra como as variáveis da matriz FPSEEA (eixo horizontal) se comportam num plano bidimensional que considera os municípios da Região Metropolitana de Natal (eixo vertical).

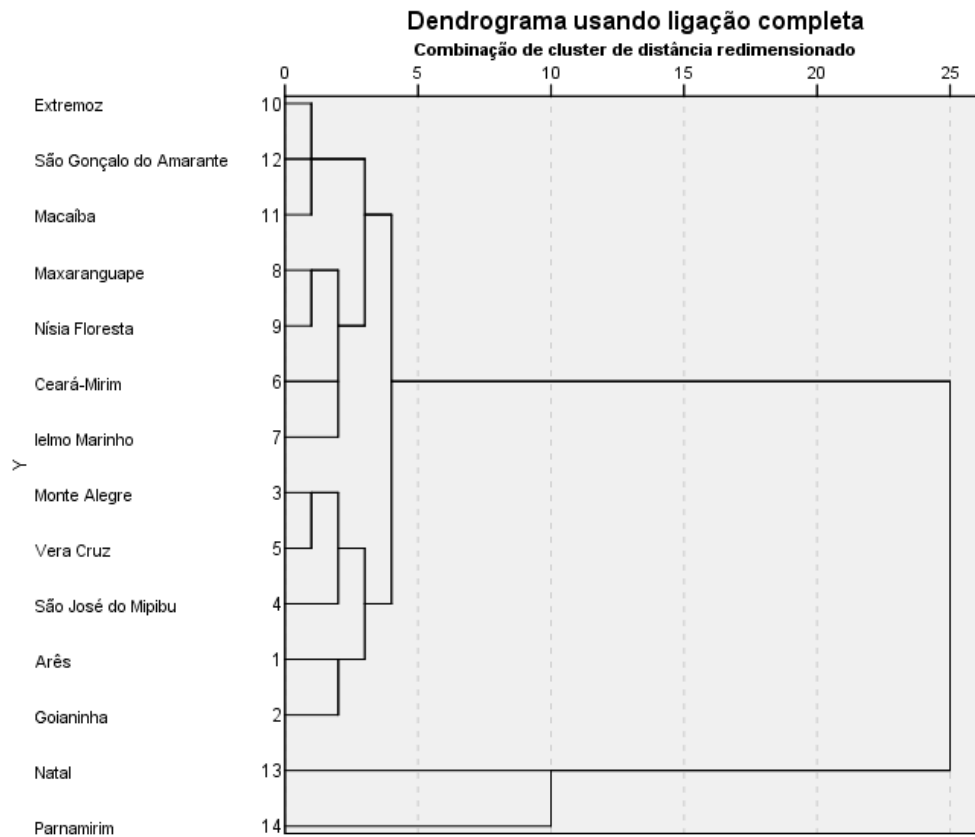
**Figura 3** – Mapa de calor: análise bivariada dos componentes da matriz FPSEEA e os municípios da RMN



**Fonte:** (Eixo Horizontal: FM1 - População Residente Total; FM2 - População residente Urbana; FM3 - Índice de Desenvolvimento Humano do Município; FM4 - Tx de Crescimento Populacional 2017-2027; FM5 - Domicílios com renda mensal per capita de até 1/2 salário mínimo; FM6 - Expectativa de vida ao nascer; P1 - Área Não Vegetada; P2 - Frota de carros por habitante; P3 - Área destinada à agropecuária; P4 - Área de estoque de água superficial; S1 - Domicílios com abastecimento de água; S2 - Domicílios com esgotamento sanitário; S3 - Domicílios com coleta de resíduos sólidos; S4 - Vegetação Natural Remanescente; E1 - População total sem abastecimento de água; E2 - População total sem acesso à rede geral de esgoto; E3 - População Ocupada; D1- Taxa de Suspeitos (COVID-19); D2 - Casos Confirmados; D3- Óbitos Confirmados. Eixo Vertical: 1- Arês; 2- Ceará-Mirim; 3- Extremoz; 4- Goianinha; 5- Ielmo Marinho; 6- Macaíba; 7- Maxaranguape; 8- Monte Alegre; 9- Natal; 10- Nísia Floresta; 11- Parnamirim; 12- São Gonçalo do Amarante; 13- São José do Mipibu; 14- Vera Cruz). Elaboração própria (2022).

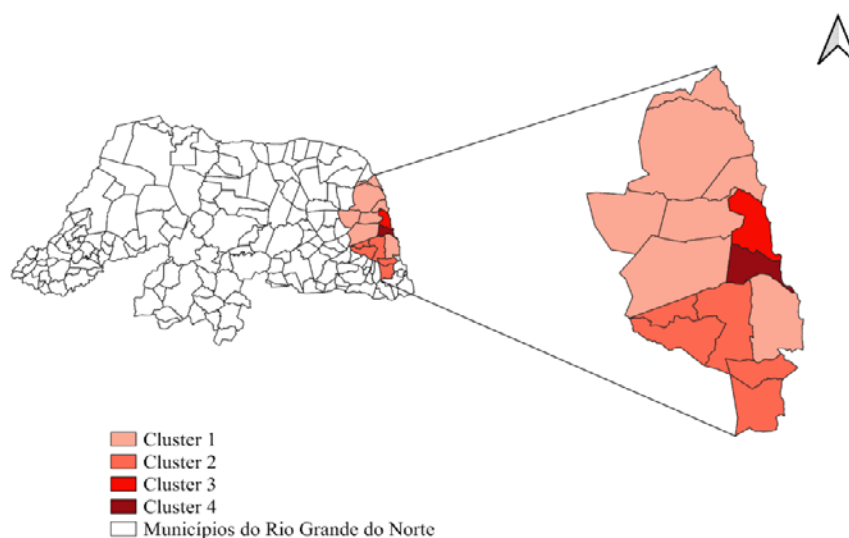
Em seguida, de acordo com o dendrograma gerado (Figura 4), nota-se que a análise de cluster foi elaborada, considerando o agrupamento por similaridade a partir da distância Euclidiana quadrática em relação ao Cluster 4. Logo, os agrupamentos foram representados espacialmente na Figura 5.

**Figura 4 - Dendrograma aplicando o método da distância Euclidiana quadrática**



Fonte: Elaboração própria (2022).

**Figura 5 - Distribuição dos municípios da RMN segundo os clusters formados**



O primeiro agrupamento, Cluster 1, incluiu os municípios de: Arês, Goianinha, Monte Alegre, São José do Mipibu e Vera Cruz. Este agrupamento englobou os municípios com maior área destinada à agropecuária. Além disso, o grupo 1 incorporou o município com maior área de estoque de água superficial (Arês). Nesse grupo, concentraram-se os municípios considerados como fornecedores

serviços ecossistêmicos pois mostraram baixos índices depleção ambiental e grande área de cobertura florestal.

O segundo agrupamento, Cluster 2, é o maior e compreende 7 municípios: Ceará-Mirim, Ielmo Marinho, Maxaranguape, Nísia Floresta, Extremoz, Macaíba e São Gonçalo do Amarante. O grupo 2 apresentou o pior índice de abastecimento de água da população, com valores elevados para indicadores de iniquidades sociais. De acordo com os indicadores de cobertura florestal, Ielmo Marinho, Macaíba e São Gonçalo do Amarante, apresentaram bons índices de serviços ambientais, como o de vegetação natural remanescente, mas os valores de porcentagem territorial da área municipal destinada à agropecuária foram menores do que o Cluster 1.

Natal foi considerada um agrupamento em si, Cluster 3, apresentando maior população residente total e urbana. O município indicou menores valores de crescimento populacional e domicílios com renda mensal per capita de até 1/2 salário mínimo, caracterizando-se como o segundo melhor IDHM (0,763) da RMN. Para os indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário (Tabela 1: Situação e Exposição), Natal e Parnamirim foram considerados semelhantes com melhores indicadores de saneamento básico adequado na RM de Natal.

Com relação às demandas ambientais a capital potiguar apresentou os menores valores de área destinada à agropecuária e vegetação natural remanescente, concomitante com os maiores valores de área não vegetada e frota de carros por habitante, ascendendo o alerta de Vigilância em Saúde Ambiental para a proteção da comunidade. Nesse sentido, o grupo 3 documentou, durante o período estudado, os maiores efeitos de COVID-19, em termos de taxa de suspeitos, casos confirmados (34.453) e óbitos confirmados (1.205).

Parnamirim, o cluster mais polarizado, Cluster 4, e município limítrofe de Natal, perfilou-se como a região com melhores indicadores de infraestrutura, com maior percentual de domicílios ligados a rede de esgoto, rede de abastecimento de água e coleta de lixo. Nesse contexto, em comparação com Natal, apresenta-se como importante provedor ambiental, com maior percentual de vegetação natural remanescente e menor unidades de área não vegetada. Além disso, caracteriza-se como o segundo grupo mais populoso e o segundo município com mais efeitos oriundos do vírus SARS-CoV-2 na RMN.

Dentre os municípios do Cluster 1, percebeu-se que os indicadores do eixo “Força Motriz”, se relacionam fortemente com os indicadores do eixo “Efeitos”. Por exemplo, São José do Mipibu, município com maior População Residente Total (FM1), também foi o componente do grupo 1 com maiores taxas da doença, indicando a relação entre os determinantes socioeconômicos e os efeitos da doença analisada. Já Monte Alegre, apresentou a menor razão de todas as unidades regionais entre a frota total de automóveis e o número de habitantes na região metropolitana (1,59%), ao passo que demonstrou menores indicadores de casos confirmados e óbitos por COVID-19.

Por outro lado, o Cluster 1 revelou dados que indicam maior área destinada à agropecuária tensionando os municípios da região a adotarem medida de monitoramento e gestão de ecossistemas. Além disso, o Cluster 1 e o Cluster 2 demonstram maior falta de infraestrutura de saneamento ambiental adequado. Por exemplo, Ceará-Mirim, do Cluster 2, tem 98,78% da população total sem abastecimento de água e 99,37% sem acesso à rede geral de esgoto.

Em contrapartida, agrupamentos mais polarizados, como o agrupamento 4, Parnamirim, e o agrupamento 3, Natal, as regiões mais urbanizadas, mostraram-se antagônicas em relação aos grupos 1 e 2. Por exemplo, Natal classifica-se como o município mais urbanizado (verificar FM2 na Tabela 2), com as maiores pressões como área não vegetada (65,59%), maior frota de carros por habitante (0,483)

e os menores indicadores de serviços ambientais, com apenas 6,19% de área destinada à agropecuária. Similarmente ao Cluster 3, Parnamirim, a segunda cidade urbanizada, também apresentou altos valores nas dimensões P1, P2; e baixos valores nas dimensões P3 e P4.

A dimensão “Exposição” revela uma relação de oposição entre os indicadores relacionados aos grupos “Provedores de Serviços Ambientais com Alta Cobertura destinada à agropecuária” (Cluster 1) e “Baixa Cobertura de Infraestrutura com Crescimento Populacional Ascendente” (Cluster 2), em comparação com os municípios mais urbanizados (Cluster 3 e 4). A mesma lógica pode ser aplicada à dimensão “Efeitos”, que mostra, respectivamente, Natal e Parnamirim como os clusters com maiores valores de taxa de suspeitos (2.390 e 1848 Suspeitos/100.000hab, respectivamente), casos confirmados (34.453 e 10.606 N° de casos), óbitos confirmados (1205 e 200 N° de casos) de COVID-19.

Em contrapartida, o Clusters 1 e o Cluster 2, agrupamentos com maiores recursos/serviços ambientais, apresentam menores índices de infecções respiratórias agudas causadas pelo vírus SARS-CoV-2 na Região Metropolitana de Natal.

## Discussão

O modelo FPSEEA, que adotou um conceito ecossistêmico transdisciplinar neste estudo, foi utilizado pela primeira vez como base na seleção de indicadores de sustentabilidade ambiental e saúde para a Região Metropolitana de Natal, servindo de subsídio para identificar determinantes socioambientais de modificação, degradação e exposição do ambiente que resultam em maiores riscos à saúde da população.

Na gestão pública, o Brasil tem sido um pioneiro na adaptação deste marco conceitual que une ambiente, saúde e sustentabilidade (Philippi 2017). Esta perspectiva ecossistêmica corrobora com o escopo científico-político da Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (Daszak et al. 2020) que propõe a prevenção de epidemias/pandemias com base numa abordagem de Saúde Única (*one health approach*, em inglês).

Esse conceito, do ponto de vista científico, trata-se de uma visão colaborativa, multissetorial e transdisciplinar com o objetivo de alcançar resultados de saúde ideais, reconhecendo a interconexão entre pessoas, animais, plantas e seu ambiente compartilhado (FAO 2021). Sendo assim, além de otimizar de forma sustentável a saúde de pessoas, animais e ecossistemas, esta área de estudo pode ser utilizada como ferramenta de orientação para o desenvolvimento de programas de prevenção e enfrentamento de doenças zoonóticas.

Estudos como o desenvolvido neste artigo apontam que identificação de padrões de associação/distribuição, como clusters e outliers, em conjunto com matrizes lógicas e sistemas de indicadores podem ajudar a reconhecer áreas prioritárias e estratégicas, promovendo uma otimização da alocação de recursos públicos.

Sendo assim, de acordo com o modelo FPSEEA foi possível traçar um recorte socioambiental sobre os efeitos causados pelo vírus SARS-CoV-2 nos municípios da RMN durante parte do ano de 2020, visando assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades (ODS 3); garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos (ODS 6); e tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ODS 11).

Os padrões encontrados através da interpretação dos agrupamentos validam a utilização de indicadores na gestão socioambiental de pandemias em aglomerações urbanas, como a COVID-19,



e corroboram com hipóteses que relacionam a saúde ambiental a problemas como expansão das áreas urbanas (Maria e Slovic, 2018), a perda de terrenos agrícolas e naturais (Gottdenker 2014), a fragmentação de florestas (White 2020), a surtos de doenças zoonóticas (Joly e Queiroz 2020) e o surgimento de organismos resistentes a agentes antimicrobianos (Daszak et al. 2020).

Nesse sentido, indicadores do tipo “Cobertura e Uso da Terra” atuam como ferramentas capazes de mensurar a compreensão entre as condições ambientais e seus efeitos na saúde-doença (Maria et. al 2019). Por exemplo, os remanescentes florestais naturais inseridos nas áreas urbanas conservam características fisionômicas e de estrutura da vegetação que permitem embasar melhores estratégias de planejamento urbano com critérios de sustentabilidade (Muñoz e Freitas 2017).

Sendo assim, a análise descritiva-exploratória realizada aqui exacerba as problemáticas evidenciadas que apontam Natal e o Parnamirim como as cidades de maior risco para infecções respiratórias agudas e elenca problemas da Região Metropolitana de Natal como: (1) a falta de uma agenda comum aos municípios, governança e gestão da MF; (2) o modelo de desenvolvimento urbano e econômico que sustenta-se em uma lógica econômica capitalista (exploradora, utilitarista); (3) questões regionais históricas e culturais dos territórios; e (4) problemas socioambientais que provocam uma sociedade e um ambiente fragilizados devido aos riscos e condições de vulnerabilidade socioambiental.

Podemos, então, considerar que para solucionar esses problemas é preciso aumentar a resiliência e adaptação às mudanças climáticas em nível regional metropolitano como uma das estratégias fundamentais para gerenciar os riscos de transmissão de doenças no estado. Ou seja, medidas de resiliência e adaptação propostas pelo Desenvolvimento Sustentável: para a) assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades; b) garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos; c) e tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, se entrelaçam aos elementos políticos, econômicos e culturais na área em estudo.

A exemplo dessas medidas temos: o acesso à água potável, fundamental para promover a higiene, prevenir a transmissão interpessoal e tratar infecções, como a COVID-19; e/ou ações voltadas em desenvolver e incorporar avaliações de degradação e exposição do ambiente e as suas implicações nas condições de vida, bem-estar e saúde dos indivíduos, por meio da metodologia FPSEEA.

Ponderada as devidas limitações, ao analisar a formação socioespacial da construção contemporânea do Rio Grande do Norte, especialmente para a RMN, devemos considerar as dinâmicas de ocupação e povoamento características da região litorânea, do agreste e dos sertões; e suas condições naturais e sociais adversas, incluindo as secas periódicas (Gomes 2017). Essas condições socioambientais e o modelo político-econômico espoliador, presentes no estado, terminam por induzir aos frequentes movimentos migratórios para a MF, gerando imensos contrastes sociais e de infraestrutura urbana, na medida em que promove a insegurança hídrica e de subsistência, criando outros problemas estruturais.

Como foi discutido no referencial teórico deste estudo, o processo de urbanização acelerado da RMN se relaciona aos padrões identificados nas dimensões da matriz FPSEEA. Essa relação, que foi descrita nos resultados, agravou a degradação ambiental, aprofundou a segregação socioespacial e intensificou conflitos, aumentando a complexidade do processo de formulação de soluções que produzem respostas adequadas a este contexto.

No entanto, mesmo com este cenário, notam-se algumas iniciativas dirigidas a materializar uma abordagem de Saúde Única na RMN, como fortalecer os sistemas de monitoramento, vigilância e notificação em nível metropolitano para prevenir e detectar a emergência de doenças zoonóticas e

animais e controlar a disseminação de doenças; desenvolver capacidades em nível regional para uma melhor coordenação e compartilhamento de informações entre instituições e partes interessadas; compreender os fatores de risco, incluindo contextos socioeconômicos e culturais, para propagação de doenças da vida selvagem para animais domésticos e humanos, a fim de prevenir e controlar surtos de doenças.

Logo, promover a implementação de sistemas de prevenção e de controle dos desequilíbrios sociais e ambientais através do modelo FPSEEA em regiões urbanas deve produzir respostas mais eficazes a epidemias, uma vez que os determinantes desses desequilíbrios podem influenciar significativamente o enfrentamento a desastres sanitários.

## Conclusões

A partir deste olhar holístico, podemos inferir que para responder às problemáticas levantadas pela metodologia aplicada neste artigo, é fundamental promover políticas de gestão e planejamento sustentável dos serviços ecossistêmicos na RMN, como prediz os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Além disso, percebeu-se que a abordagem da saúde única pode ser representada mediante estruturas conceituais transdisciplinares, como o modelo conceitual FPSEEA.

A aplicação desta abordagem descreveu os determinantes socioambientais e o perfil sanitário relacionado com a ocorrência de infecções respiratórias agudas num dos momentos mais críticos da pandemia da COVID-19 para a Região Metropolitana de Natal. Dessa forma, o modelo FPSEEA considerou as avaliações de degradação e exposição do ambiente e as suas implicações nas condições de vida, bem-estar e saúde da população da RM de Natal, classificando a região em estudo em 4 agrupamentos socioambientais, gerados a partir de dados empíricos de saúde ambiental para a promoção do desenvolvimento sustentável local.

Sendo assim, podemos concluir que o fomento de pesquisa sobre saúde ambiental requer uma abordagem que vá além da perspectiva puramente tecnológica e biológica, e considere os princípios de adaptação às mudanças climáticas, sustentabilidade e resiliência urbana como fatores relevantes no entendimento da qualidade ambiental, contribuindo para conter/evitar surtos de infecções respiratórias emergentes em aglomerações urbanas.

Por outro lado, limitações conceituais e operacionais, tais como, a necessidade de substituir a hegemonia assistencial e curativa da área de saúde por uma lógica onde prevaleça a visão preventiva, com ênfase para a ação do ambiente à nível operacional e institucional; a incapacidade de contemplar toda a complexidade de inter-relações das dimensões que determinam e mediam o processo de saúde-doença; e o pouco desenvolvimento das técnicas de análise de dados para os municípios do Brasil, são desafios a serem abordados.

Além disso, é necessário fomentar o desenvolvimento de protocolos padronizados para documentar, avaliar, monitorar os determinantes sociais de saúde na RMN e fortalecer a construção de indicadores que apontem a inter-relação da saúde ambiental e políticas públicas como um instrumento importante no combate a doenças infecciosas emergentes na área de estudo.

Portanto, espera-se que este estudo contribua com as discussões presentes na literatura a fim de buscar entender melhor os Determinantes Sociais de Saúde na região metropolitana de Natal.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pelos recursos concedidos a Pablo Matheus Meira.

**Participação dos autores:** PMRSM - levantamento bibliográfico, coleta de dados, tabulação de dados e preparação e revisão do manuscrito; JAN - orientador da pesquisa e responsável pelas análises dos dados.

**Aprovação ética ou licenças de pesquisa:** Para o presente estudo não foi necessária aprovação ética ou licenças de pesquisa.

**Disponibilidade dos dados:** O manuscrito teve como base os dados do trabalho acadêmico do autor principal e estarão disponibilizados em breve no repositório de dissertações da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/11883>).

**Fomento:** Os autores agradecem o fomento financeiro à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - bolsa de mestado fornecido ao primeiro autor.

**Conflito de Interesses:** os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Referências

Acosta AL, Xavier F, Chaves LSM, Sabino EC, Saraiva AM, Sallum MAM, 2020. Interfaces à transmissão e spillover do coronavírus entre florestas e cidades. *Estudos Avançados* 34: 191–208. Doi: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3499.012>

Araújo IS, Maciel ABC, Ferreira JCV, Lima ZMC. 2018 Identificação de serviços ecossistêmicos na praia de Ponta Negra, Natal - RN. *Revista de Geociências do Nordeste* 4: 298–313. Doi: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2018v4n0ID16111>

Brasil. 2020. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília: SNS/MDR. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2019> >. Acesso em: 28 jun. 2022.

Brasil, 2011. Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Brasília: Ministério da Saúde, 124p. Disponível em: < [https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/saude\\_ambiental\\_guia\\_basico.pdf](https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/saude_ambiental_guia_basico.pdf) >. Acesso em: 28 jun. 2021.

Clementino MLM. 2019. Duas décadas da Região Metropolitana de Natal, 1. ed., Rio de Janeiro: Letra Capital, 310p. Disponível em: < <https://www.observatoriodasmetropoles.net.br/wp-content/uploads/2020/02/Duas-decadas-da-Regiao-Metropolitana-de-Natal.pdf> >. Acesso em: 25 agosto 2021.

Connolly C, Ali SH, Keil R. 2020. On the relationships between COVID-19 and extended urbanization. *Dialogues in Human Geography* 10(2): 213-216. Doi: <https://doi.org/10.1177/2043820620934209>

Johns Hopkins Coronavirus Resource Center. 2022. COVID-19 Map. Disponível em: < <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> >. Acesso em: 23 fev. 2022.

Daszak PC, Neves C, Amuasi J, Haymen D, Kuiken T, Roche B, Zambrana-Torrel C, Buss P, Dundarova H, Feferholtz Y, Foldvari G, Igbinosa E, Junglen S, Liu Q, Suzan G, Uhart M, Wannous C, Woolaston K, Mosig Reidl P, O'Brien K, Pascual U, Stoett P, Li H, Ngo HT. 2020. Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4147317>

FAO. 2021. One health. Disponível em: < <https://www.fao.org/one-health/en> >. Acesso em: 22 abr. 2022.

- Faria BC, Pereira MAV, Júnior JCS. 2019. Análise comparativa dos serviços ecossistêmicos de áreas verdes da cidade de Natal, Rio Grande do Norte. "Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais" 10 (21) 1-18. Disponível em: < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8461945f> >. Acesso em: 25 janeiro 2021.
- Figueiredo DB, Silva-Júnior JA da, Rocha EC da. 2012. Classificando regimes políticos utilizando análise de conglomerados. Opinião Pública 18: 109–128. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-62762012000100006>
- Folke C, Biggs R, Norström AV, Reyers B, Rockström J. 2016. Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. Ecology and Society 21(3): 41. Doi: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08748-210341>
- Gentry-Shields J, Bartram J. 2014. Human health and the water environment: using the DPSEEA framework to identify the driving forces of disease. The Science of the Total Environment 468–469: 306–314. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.052>
- Giatti LL, de Freitas CM, do Nascimento PR, Landin R, Gavioli J, Cutolo SA, Maria NC, Carbone AS, Toledo RF. 2013. Estudo de distintos níveis holárquicos para uma região metropolitana por meio da aplicação de Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde. Revista Brasileira de Ciências Ambientais 30: 79-88. Disponível em: < [https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/271](https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/271) >. Acesso em: 25 agosto 2022.
- Gomes C. 2017. FORMAÇÃO SÓCIO-ESPACIAL E DINÂMICAS URBANO-REGIONAIS NO RIO GRANDE DO NORTE: o lugar da região metropolitana de Natal. Revista Brasileira De Gestão Urbana 1(2): 151–161. Disponível em: < <https://periodicos.pucpr.br/Urbe/article/view/4291> >. Acesso em: 15 set. 2020.
- Gottdenker NL, Streicker DG, Faust CL, Carroll CR. 2014. Anthropogenic land use change and infectious diseases: a review of the evidence. EcoHealth 11(4): 619–632. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10393-014-0941-z>
- Higor M, Lima L, Bay M, Veras N, Holanda P, Valentim R, Silva R. 2021. Evolução da epidemia da covid-19 no estado e recomendações técnicas à luz da ciência de dados: Rio Grande do Norte: “uma nova onda”. Natal: LAIS/UFRN e SESAP/RN, 36p. Disponível em: < [https://covid.lais.ufrn.br/publicacoes/Analise\\_Evolucao\\_dos\\_Casos\\_no\\_RN.pdf](https://covid.lais.ufrn.br/publicacoes/Analise_Evolucao_dos_Casos_no_RN.pdf) >. Acesso em: 28 jun. 2022.
- IBGE. 2019. Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação com data de referência em 1o de julho de 2019 : [notas metodológicas]. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101662> >. Acesso em: 15 set. 2020.
- IBGE. 2021. Plataforma Cidades@. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/> >. Acesso em: 11 ago. 2021.
- Joly CA, Queiroz HL. 2020. Pandemia, biodiversidade, mudanças globais e bem-estar humano. Estudos Avançados 34: 67–82. Doi: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.006>
- MapBiomas Brasil. 2021. Coleção 6 (1985-2020). Disponível em: < <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/> >. Acesso em: 23 fev. 2022.
- Maria NC, Slovic AD, 2018. Aplicação da matriz FPSEEA de saúde ambiental para a macrometrópole paulista: subsídios para o planejamento e gestão socioambiental regional. Guaju 4(1): 126–145. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/guaju.v4i1.58642>
- Maria NC, Medeiros-Sousa AR, Slovic AD, 2019. An Environmental Health Typology as a Contributor to Sustainable Regional Urban Planning: The Case of the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP). *Sustainability* 11(20): 5800. Doi: <https://doi.org/10.3390/su11205800>
- Menachery VD, Yount Jr BL , Debbink Kari, Agnihothram S, Gralinski LE, Plante JA, Graham RL, Scobey T, Ge X, Donaldson EF, Randell SH, Lanzavecchia A, Marasco WA, Shi Z, Baric RS. 2015. A SARS-like cluster of circulating bat coronaviruses shows potential for human emergence. *Nature Medicine* 21 (12): 1508–1513. Doi: <https://doi.org/10.1038/nm.3985>
- Muñoz AMM, Freitas SR de. 2017. Importância dos Serviços Ecossistêmicos nas Cidades: Revisão das Publicações de 2003 a 2015. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade 6 (2): 89–104. Doi: <https://doi.org/10.5585/geas.v6i2.853>

ONU, 2020. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Objetivos do desenvolvimento Sustentável: 49. Disponível em: < <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf> >. Acesso em: 25 janeiro 2022.

Philippi A, 2017. Ambiente, saúde & sustentabilidade no contexto das cidades. Acta Paulista de Enfermagem 30: 3-4. Doi: <https://doi.org/10.1590/1982-0194201700033>

Rodriguez-Morales AJ, Juan VG, Escalera-Antezana JP, Méndez CA, Zambrano LI, Franco-Paredes C, Suárez JA, Rodriguez-Enciso HD, Balbin-Ramon GJ, Savio-Larriera E, Risquez A, Cimerman S, 2020. COVID-19 in Latin America: The implications of the first confirmed case in Brazil. Travel Medicine and Infectious Disease 35. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101613>

Sabin NS, Calliope AS, Simpson SV, Arima H, Ito H, Nishimura T, Yamamoto T, 2020. Implications of human activities for (re)emerging infectious diseases, including COVID-19. Journal of Physiological Anthropology 39(1): 29. Doi: <https://doi.org/10.1186/s40101-020-00239-5>

Schäffer AL, Martins DEM, 2018. Utilização do Modelo FPSEEA aplicado a indicadores de saúde ambiental nos estados brasileiros. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade 5 (9): 361–372. Doi: <http://dx.doi.org/10.21438/rbgas.050924>

Schumann LRMA, Moura BA, 2015. Índices sintéticos de vulnerabilidade: uma revisão integrativa de literatura. Ciência & Saúde Coletiva 20: 2105–2120. Doi: <https://doi.org/10.1590/1413-81232015207.10742014>

SESAP. 2020. INFORME EPIDEMIOLÓGICO CORONAVÍRUS (COVID-19). Rio Grande do Norte: Subcoordenadoria de Vigilância Epidemiológica. Disponível em: < [https://portalcovid19.saude.rn.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/258\\_BOLETIM\\_31\\_12.pdf](https://portalcovid19.saude.rn.gov.br/wp-content/uploads/2020/04/258_BOLETIM_31_12.pdf) >. Acesso em: 20 jan. 2021.

Silva TS da, Cândido GA, Freire EMX, 2016. ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN SEMIARID BRASILIAN: AN APPLICATION OF SUSTAINABILITY INDICATORS IN MUNICIPALITIES WITH CONSERVATION UNITS. HOLOS 1: 182–201. Doi: <https://doi.org/10.15628/holos.2016.1680>

Sobral A, Freitas CM de. 2010. Modelo de organização de indicadores para operacionalização dos determinantes socioambientais da saúde. Saúde e Sociedade 19 (1): 35–47. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902010000100004>

Sohrabi C, Alsafi Z, O'Neill N, Khan M, Kerwan A, Al-Jabir A, Iosifidis C, Agha R, 2020. World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). International Journal of Surgery 76: 71-76. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.02.034>

Stedile NLR, Schneider VE, Nunes MW, Kappes AC. 2018. A aplicação do modelo FPSEEA no gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. Ciência & Saúde Coletiva 23: 3683–3694. Doi: <https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.19352016>

Stoffel JA, Colognese AS. 2015. O desenvolvimento sustentável sob a ótica da sustentabilidade multidimensional. Revista da FAE 18(2): 18–37. Disponível em: < <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/48> >. Acesso em: 2 fev. 2022.

Weihns M, Mertens F. 2013. Os desafios da geração do conhecimento em saúde ambiental: uma perspectiva ecossistêmica. Ciência & Saúde Coletiva 18: 1501–1510. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232013000500036>

White RJ, Razgour O. 2020. Emerging zoonotic diseases originating in mammals: a systematic review of effects of anthropogenic land-use change. Mammal Review 50 (4): 336–352. Doi: <https://doi.org/10.1111/mam.12201>

Wu J, 2014. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. Landscape and Urban Planning 125: 209–221. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.