

**ANALYSIS OF SOCIAL AND ENVIRONMENTAL VARIABLES AS RISK FACTORS IN THE  
DISSEMINATION OF COVID-19 IN NATAL, RIO GRANDE DO NORTE**

**E. D. BANDEIRA\***, J. A. NAVONI, J. R. SOUZA, D. C. S. CUNHA, S. V. LUCENA  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0234-1354>\*  
elaine.b@escolar.ifrn.edu.br\*

Submetido 14/01/2023 - Aceito 01/12/2023

DOI: 10.15628/holos.2023.15827

**ABSTRACT**

The objective of the study was to describe how the socio-environmental conditions present in the distinct neighborhoods of the city of Natal/RN may have influenced the profile of positive cases and deaths from the disease. A descriptive and analytical study was carried out following the territorial analytical typology based on the Driving Force-Pressure-Situation-Exposure-Effect-Action Environmental Health Matrix (DPSEEA) to identify the heterogeneity of conditions found in the studied municipality. The results found described that areas with

better socioeconomic and environmental indicators had higher incidence rates of COVID-19 while areas with higher social vulnerability recorded higher mortality rates for the disease. Therefore, this study describes how socio-environmental differences may have influenced the spread of the disease in the municipality of Natal/RN, reinforcing the existing health inequities as vulnerability factors facing an emerging public health situation as has been the pandemic of COVID-19.

**KEYWORDS:** COVID-19, Pandemic, Socio-environmental Vulnerability, Environmental Health Matrix.

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL  
SOBRE O PERFIL DE CASOS DE COVID-19 NO MUNICÍPIO DE NATAL/RN****RESUMO**

O objetivo do estudo foi descrever como as condições socioambientais presentes nos distintos bairros da cidade de Natal/RN podem ter influenciado no perfil de casos positivos e óbitos decorrentes da doença. Foi realizado um estudo descritivo e analítico seguindo a tipologia analítica territorial baseada na Matriz de Saúde Ambiental Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação (DPSEEA) para identificar a heterogeneidade de condições encontradas no município estudado. Os resultados encontrados descreveram que as áreas com

melhores indicadores socioeconômicos e ambientais apresentaram maiores taxas de incidência da COVID-19 enquanto as áreas com maior vulnerabilidade social registraram maiores taxas de mortalidade para a doença. Portanto, este estudo descreve como as diferenças socioambientais podem ter influenciado na propagação da doença no município de Natal/RN, reforçando as iniquidades em saúde existentes, como fatores de vulnerabilidade frente a uma situação emergente de saúde pública como tem sido a pandemia de COVID-19.

**PALAVRAS-CHAVE:** COVID-19, Pandemia, Vulnerabilidade socioambiental, Matriz de Saúde Ambiental.

## 1 APRESENTAÇÃO

A degradação dos ecossistemas e as alterações nos fluxos de serviços ecossistêmicos pelas ações antrópicas podem influenciar diretamente no surgimento e/ou reaparecimento de doenças (Einloft, 2021). Além disso, o adensamento populacional urbano, o aumento da mobilidade de populações nestes espaços, a agregação de grandes contingentes de pessoas provenientes da ocupação desordenada e da exacerbada degradação ambiental somadas as áreas de baixa ou de ausência de cobertura de saneamento básico são fatores que têm sido associados com a propagação de doenças emergentes, como a doença da COVID-19 (Giatti, 2021). Nesse sentido, as mudanças nas relações entre espaço, tempo e doenças infecciosas foram evidenciadas pela pandemia da COVID-19 com a rápida propagação mundial do vírus SARS-CoV-2 (Lima, Buss & Paes-Sousa, 2020).

Em 2019, os primeiros registros da doença no mundo foram relatados pela Comissão de Saúde da Província de Hubei, na China. Em 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou a síndrome respiratória aguda grave causada pelo vírus SARS-CoV-2 como Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional - ESPII (Guimarães et al., 2020). O SARS-CoV-2, é um tipo de vírus da família dos coronavírus que causa infecções respiratórias, cujos quadros clínicos podem variar de assintomáticos, leves resfriados a sintomas graves, como pneumonias, podendo evoluir a óbito (Matos et al., 2021).

A globalização e a maior acessibilidade ao transporte aéreo trazem como consequência a disseminação acelerada de doenças, em particular as emergentes (Schatzmayr, 2001; Carvalho et al., 2009). O elevado fluxo de pessoas em diferentes aeroportos contribuiu de forma significativa na propagação do SARS-CoV-2 entre os diferentes países e dentro de países com dimensões continentais como o Brasil (Azevedo Ferreira, 2020; Aguiar, 2020; Giacobelli & Guimarães Jr, 2020; Lopes de Paiva, 2021).

No contexto brasileiro, a COVID-19 foi trazida por pessoas que vieram de viagem do exterior, porém os grupos populacionais historicamente negligenciados que se encontram em situação de vulnerabilidade foram os mais afetados ao longo do tempo, principalmente no que diz respeito ao maior risco de morte (Alves, Souza & Caló, 2021; Donde et al., 2020; Ministério da Saúde, 2021; Souza, Machado & Carmo, 2020).

No contexto da pandemia causada pelo SARS-CoV-2, os abismos das disparidades sociais foram evidenciados de forma nacional e global, principalmente no que se refere aos desfechos dos impactos causados na população em situação de pobreza, devido à ausência e/ou insuficiência de recursos e estratégias eficazes na prevenção, assim como no acesso aos serviços de saúde (Pires et al., 2020).

Embora o acesso ao saneamento básico seja considerado fundamental para a proteção da saúde humana, atingir a universalidade é um dos grandes desafios enfrentados no Brasil (Alves et al., 2021; Donde et al., 2020). Em relação a cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, apenas 36,78% do seu esgoto é coletado (ABES, 2020). No que se refere ao acesso aos serviços de abastecimento de água, 93,66% dos municípios natalenses são contemplados. Apesar de ser um

valor alto, existe uma irregularidade no fornecimento, tornando a situação preocupante em zonas periféricas e rurais, uma vez que a falta desses serviços reflete em hábitos de higiene precários, como também no difícil acesso à saúde e nas condições socioambientais em que essa população está inserida (ABES, 2020).

Nesse contexto, avaliar os casos confirmados de COVID-19 através da distribuição espacial dela, utilizando as geotecnologias e as técnicas de geoprocessamento torna-se uma estratégia útil para compreender como as condições de vida representadas mediante o saneamento básico contribuiu como fatores de vulnerabilidade para compreender o desenvolvimento da doença. Diante disso, o objetivo do estudo foi descrever as condições socioambientais e sua influência nos casos da COVID-19 nos distintos bairros da cidade do Natal, Rio Grande do Norte.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Histórico da COVID-19

A Comissão de Saúde da Província de Hubei notificou 27 casos de pneumonia de etiologia desconhecida, com sete casos graves e registro de um óbito na cidade de Wuhan, China, em dezembro de 2019 (Chan et al., 2020). No mês seguinte, os pesquisadores chineses verificaram um tipo de coronavírus que não se enquadrava nos outros seis vírus conhecidos da grande família dos coronavírus, como HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV-NL63, HCoV-HKU1, SARS-COV e MERS-COV. Tal situação refletiu em 7 mil casos em 18 países e 170 mortes na China (Who, 2020), levando a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarar oficialmente a pandemia de COVID-19 como uma emergência de saúde pública de interesse internacional, em 30 de janeiro de 2020 (Guo, 2020).

Os coronavírus compõem uma família de vírus que receberam esse nome devido às espículas na sua superfície serem semelhantes a uma coroa. Em fevereiro de 2020, o novo coronavírus, foi designado pelo Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus, como Severe Acute Respiratory Syndrome – Related Coronavirus 2 (SARS-CoV-2, na sigla em inglês) (Lu et al., 2020). O vírus SARS-CoV-2 apresenta um genoma constituído de RNA de fita simples que causam uma nova pneumonia, denominada doença de coronavírus 2019 (COVID-19) (Zhu et al., 2020). O cenário pandêmico foi decretado em 11 de março de 2020, e já haviam sido registrados 118.319 casos em 113 países e um número de óbitos superior a 4 mil pessoas (Who, 2020).

No Brasil, o primeiro caso da doença foi confirmado no dia 26 de fevereiro de 2020. O infectado de 61 anos, residente em São Paulo, apresentava histórico de viagem à Itália (Croda & Garcia, 2020). A confirmação desses dois primeiros casos ocorreu devido ao retorno de uma viagem à Itália de dois homens, residentes em São Paulo, SP (Croda & Garcia, 2020). No início de 2021, a COVID-19 obteve um significativo aumento no país, contabilizando 13.279.857 casos e 345.025 óbitos (Brasil, 2021). O estado do Rio Grande do Norte apresentou nesse mesmo período 262.780 casos confirmados e 6.021 óbitos, e em Natal foram registrados 65.863 casos confirmados e 2.269 óbitos (Natal, 2021).

Os vírus necessitam de células hospedeiras para completar o seu ciclo, devido à baixa complexidade morfológica, constituídos apenas de material genético, capsídeo, podendo ser

revestido por um envelope formado por uma bicamada lipídica. Dessa forma, as glicoproteínas (spike – S protein) são responsáveis por promover a entrada do SARS-CoV-2 em células humanas, sendo o principal alvo dos anticorpos. Isso ocorre devido a proteína spike se projetar na superfície viral e interagir fortemente com o seu receptor, a enzima conversora de angiotensina 2 (ACE2), promovendo uma eficiente entrada do vírus nas células humanas (YAN, 2020).

A transmissão ocorre principalmente quando pessoas infectadas expõem gotículas por meio do espirro ou tosse, e através do contato de pessoas saudáveis em objetos e superfícies contaminadas, já que o vírus se torna viável por um determinado período de acordo com a composição do material da superfície ou por toque nos olhos, nariz, boca e fômites com mãos infectadas (Souza et al., 2020). A infecção pelo SARS-CoV-2 é estimada em um período médio de incubação de 5,2 dias, tendo como os principais sinais e sintomas no início da doença: febre, tosse, mialgia, fadiga, pneumonia e dispneia complicada (Huang, 2020).

## 2.2 A vulnerabilidade socioambiental no contexto da pandemia da COVID-19

A vulnerabilidade pode ser definida em três dimensões, como o grau de exposição, susceptibilidade e dificuldade de resiliência diante da materialização do risco. Desse ponto de vista, os segmentos sociais vulnerabilizados tendem a ficar mais expostos e sensíveis a situações de risco, assim como podem ter uma menor capacidade de se recuperarem (Moser, 1998; Alves, 2013). Nesse sentido, os aspectos que são usados para analisar a vulnerabilidade socioambiental são a coexistência ou sobreposição espacial de situações de privação social ou pobreza, situações de exposição a degradação ambiental e a capacidade de lidar com o risco e se adaptar às novas circunstâncias (Alves, 2013).

Em outros momentos históricos, estudos populacionais referentes à vulnerabilidade social com dados de epidemias de infecções respiratórias, como os casos da gripe espanhola, H1N1 (Gripe Suína) e SARS (Síndrome Respiratória Aguda Grave), demonstram que os impactos quanto aos aspectos geopolíticos, sociais e biológicos, são determinantes para a taxa de transmissão e severidade dessas doenças, em suas respectivas épocas (Pires et al., 2020; Trindade & Fortes, 2021).

Os impactos causados pelo SARS-CoV-2 atingiu os diferentes grupos sociais, principalmente, a população em situação de vulnerabilidade socioambiental, diante da ausência e/ou insuficiência de recursos, estratégias de prevenção e/ou tratamento da doença, associados ao menor acesso à saúde e ao saneamento básico, como também às dificuldades de realizar o isolamento social e a manutenção da renda e do emprego (Pires et al., 2020).

Ademais, a compreensão das especificidades desses segmentos sociais vulnerabilizados tende a ser complexa diante da dificuldade do seguimento das medidas básicas de prevenção, como a possibilidade de lavar as mãos com frequência, o uso de álcool em gel, entre outras recomendações de higiene e segurança, principalmente em regiões onde há déficit na cobertura de saneamento básico (Calmon, 2020). De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2018, aproximadamente 35 milhões de brasileiros não têm água tratada, 100 milhões não têm acesso à rede de esgoto e 4 milhões não possuem banheiro em casa.

Logo, fica exposta a diferença das condições de prevenção no enfrentamento à pandemia diante dos distintos segmentos sociais (Pires, 2020; Calmon, 2020; Souza, Machado e Carmo, 2020).

Portanto, a vulnerabilidade socioambiental não está atrelada simplesmente à exposição aos perigos, mas também ao resultado das condições de desigualdade social e ambiental. Dessa forma, a taxa de incidência e de óbitos da COVID-19 pode estar relacionada a fatores como pobreza, classe social, condições de habitação, estrutura demográfica, escolaridade, renda, idade, gênero e raça (Pires, 2020; Portella, 2021).

Assim, compreender e conhecer os indicadores de vulnerabilidade socioambiental no contexto pandêmico torna-se fundamental para identificar as áreas de maior vulnerabilidade, permitindo a implementação de políticas públicas pautadas na priorização desses grupos e possibilitando o estabelecimento de intervenções de promoção à saúde e medidas preventivas no controle da disseminação da COVID-19 (Guimarães et al., 2020; Alves, Souza & Caló, 2020; Pires, 2020).

### 2.3 Matriz de Saúde Ambiental DPSEEA

A matriz de Saúde Ambiental Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ações ou Driving-Pressure-Situation-Exposure-Effect-Actions (DPSEEA), criada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), visa identificar a relação entre as condições socioambientais e seus efeitos na saúde (Rothenberg et al., 20215; Maria et al., 2019). Essa abordagem DPSEEA permite realizar uma análise integrada da saúde ambiental referente ao contexto social e econômico, podendo ser aplicado para auxiliar no aprimoramento da gestão, no planejamento, como também subsidiar no monitoramento das condições de sustentabilidade tanto em nível regional, como municipal (Sobral & Freitas, 2010).

A aplicação desse modelo matricial DPSEEA pode apontar questões socioambientais-chave, através da identificação de áreas de intervenção, contribuindo para tomadas de decisões mais focadas (Stauber et al., 2018). Assim, o acompanhamento e a compreensão do papel dos indicadores na gestão urbana sustentável são imprescindíveis para alcançar melhorias na saúde e bem-estar da sociedade (Maria et al., 2019).

Desde o final da década de 1990, a abordagem DPSEEA é aplicada no Brasil pela Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (Maria et al., 2018). De acordo com o contexto apresentado, essa matriz foi base deste estudo na seleção de indicadores de saúde ambiental para a análise da exposição/efeito da doença COVID-19 no município de Natal, Rio Grande do Norte.

As múltiplas dimensões permitem analisar as forças motrizes (D), que são correspondentes aos fatores em escala macro nos processos que influenciam a saúde social e ambiental; as pressões ambientais (P) que envolvem as consequências do estado do ambiente, correspondentes aos resultados da situação (S) ambiental que influenciam na saúde e o bem-estar humano. Esses indicadores modulam às exposições (E) da saúde da população, que são consideradas o efeito (E) no ciclo, manifestadas pela redução do bem-estar ou exposição às doenças; que requer ação (A) dos componentes da gestão estratégica na tomada de decisões na solução dos problemas

sistemizados, podendo ser executada nos diferentes níveis e formas de prevenção e controle (Brasil, 2011; Stedile et al.,2018; Maria, 2019).

De acordo com Sobral e Freitas (2010), apesar do conjunto sistêmico do modelo DPSEEA permitir uma visão integrada de indicadores, destaca-se que a matriz deve ser utilizada como uma ferramenta auxiliar do modelo de determinação social da saúde, tendo em vista que a matriz não contempla em sua totalidade a complexidade das inter-relações das dimensões, principalmente no que se refere às questões das desigualdades entre os grupos sociais e do processo saúde-doença na população.

### 3 METODOLOGIA

A área de estudo foi a cidade do Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte. Esse município apresenta uma população estimada em 890.480 habitantes, (IBGE, 2020). Possui 36 bairros, distribuídos em quatro regiões administrativas (Norte, Sul, Leste e Oeste), com diferentes características territoriais, físicas, demográficas e de infraestrutura urbana (Figura 1).

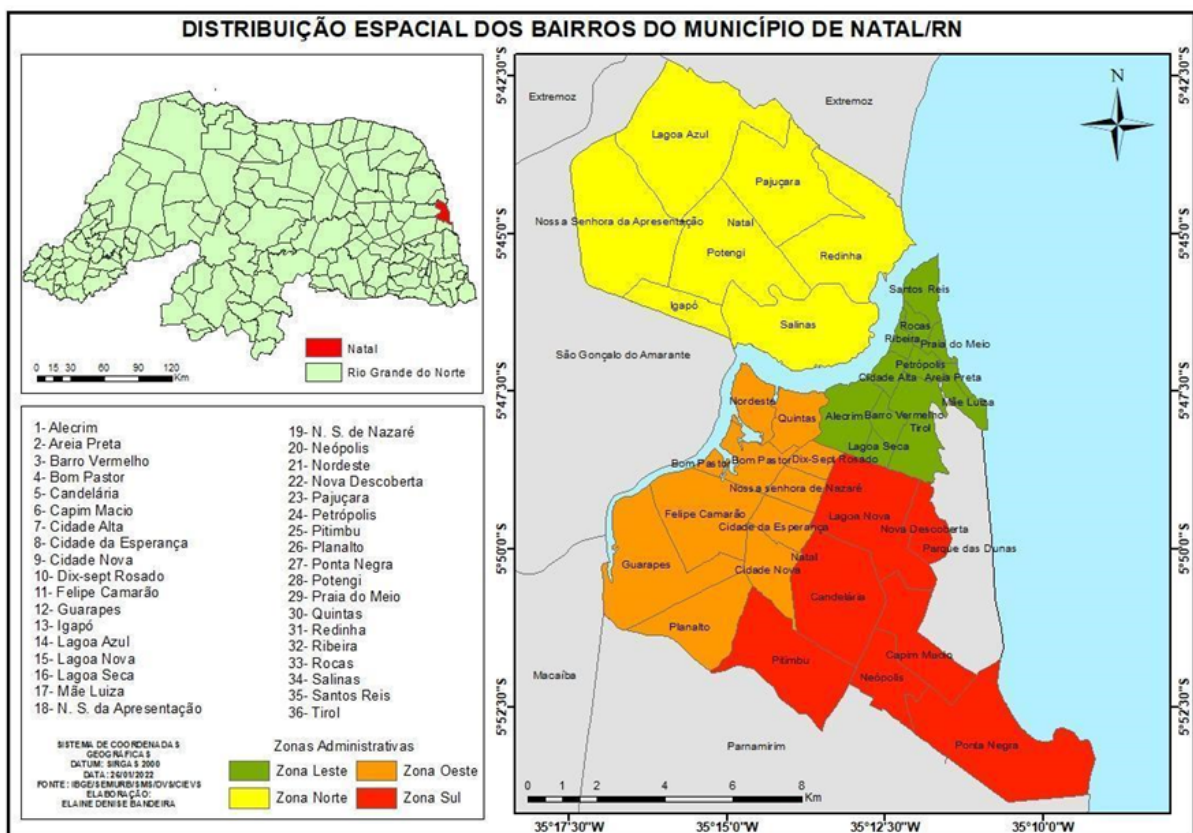


Figura 1: Mapa dos bairros da cidade de Natal/ RN. Fonte: Elaboração própria em 2022.

Foi realizado um estudo descritivo e analítico seguindo a tipologia analítica territorial baseada na Matriz de Saúde Ambiental Força Motriz-Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação (DPSEEA) para identificar a heterogeneidade de condições encontradas no município estudado. Essa matriz permite em suas múltiplas dimensões analisar as forças motrizes (taxa de crescimento

populacional, drenagem, pavimentação e taxa de alfabetização) (D), as pressões ambientais (pessoas sem saneamento - esgoto ou pluvial) (P) que influenciam o estado/ situação do meio ambiente (população residente, ligações residenciais de água, residências com acesso à rede geral de esgoto e produção de lixo domiciliar) (S), modulando as exposições (população sem abastecimento de água pela rede geral e residência sem banheiro nem sanitário) (E) e às doenças que são consideradas o efeito (EF) no ciclo (Corvalán, 2000). O critério de escolha de cada variável deu-se a partir dos indicadores disponíveis no Plano Diretor Municipal de Natal de 2017.

Os indicadores supracitados são fontes secundárias de domínio público do censo de 2010 e foram coletadas nos sítios eletrônicos do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

As informações sobre casos confirmados e óbitos por COVID-19 foram obtidos através de dados secundários disponibilizados pelo Centro de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde (CIEVS), da Secretaria Municipal de Saúde (SMS) do município de Natal no período 01/02/2020 a 16/01/2021, referente ao período pré-vacina da doença. As taxas de incidência acumulada por 100 mil habitantes foram calculadas pelo número de casos novos acumulados por bairro/número de habitantes por bairro\*100.000, as de mortalidade acumulada por 100 mil habitantes pelo número de óbitos acumulados por bairro/número de habitantes por bairro\*100.000, sendo essas duas taxas consideradas variáveis dependentes.

Uma análise de componentes principais (PCA) foi realizada com o intuito de analisar a variância explicada das variáveis socioambientais. A adequação do conjunto de dados foi definida pela matriz de intercorrelação de Pearson, teste de Kaise-Meyer-Olkin (>0.6), teste de esfericidade de Bartlett ( $p < 0.05$ ). O critério de seleção dos componentes foi realizado de um valor para autovalores maior a 1. Os fatores obtidos utilizados foram preditoras dos casos positivos de COVID-19 e óbitos pela doença no período descrito.

Com o intuito de compreender a influência do perfil socioambiental sobre a prevalência de casos de COVID-19 e mortes decorrentes da doença, foi realizada uma modelagem utilizando um modelo linear generalizado (GzLM) considerando como variáveis preditoras os fatores obtidos na PCA e a área geográfica considerada. A tal efeito foram consideradas distribuições Poisson. O software usado foi o IBM-SPSS 26. A aderência do modelo escolhido foi avaliada baseado no estimador Akaike Information Criterion (AIC). O ajuste do modelo foi verificado pela análise da normalidade dos resíduos. Valores estatisticamente significativos foram considerados quando  $p < 0,05$ .

Para a elaboração dos mapas analíticos, foi utilizado o software ArcGis 10.1, sendo realizada a interpolação de dados vetoriais de pontos a partir da tabela de atributos, resultando em um arquivo raster com a utilização do método geoestatístico de interpolação pelo Inverso da Distância Ponderada (Inverse Distance Weighting- IDW). As principais concentrações espaciais da população de acordo com as variáveis escolhidas foram representadas a partir da categorização gradual-quantitativa das áreas com a coloração mais quente (vermelho-laranja-amarelo) para o maior número de casos e para as áreas que apresentaram menor número de casos foram identificadas com as cores mais frias (verde-azul).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Distribuição espacial das taxas de incidência e mortalidade por COVID-19

No período pré-vacina da pandemia da COVID-19 no município de Natal/RN, observa-se que a maior taxa de incidência de casos confirmados para COVID-19 foi registrada no distrito Leste, apresentando o maior registro de casos os bairros de Petrópolis (15.788,57) e Tirol (13.410,14), e no distrito Sul, destacando-se os bairros de Lagoa Nova (8.178,31) e Candelária (7.884,75) (Figura 2). No entanto, houve também uma alta taxa de incidência nos bairros da Cidade da Esperança (6.181,24) e de Nossa Senhora de Nazaré (5.382,65), localizados no distrito Oeste da cidade.

No que se refere as maiores taxas acumuladas de mortalidade nesse mesmo período, percebe-se que os bairros localizados na zona leste, Petrópolis (325,00) e Tirol (251,47), juntamente com Cidade da Esperança (283,19), localizado na zona oeste, se mantiveram em relação aos casos confirmados, e as outras as áreas que apresentaram maior concentração de óbitos foram também do distrito Leste, destacando-se os bairros de Rocas (310,01) e Alecrim (269,67) (Figura 2), e do distrito Oeste, sendo o bairro de Bom Pastor (209,08). Além dessas regiões, observou-se uma alta taxa de óbitos no Potengi (179,02), localizado na Zona Norte do município, comparado com os demais bairros dessa região.

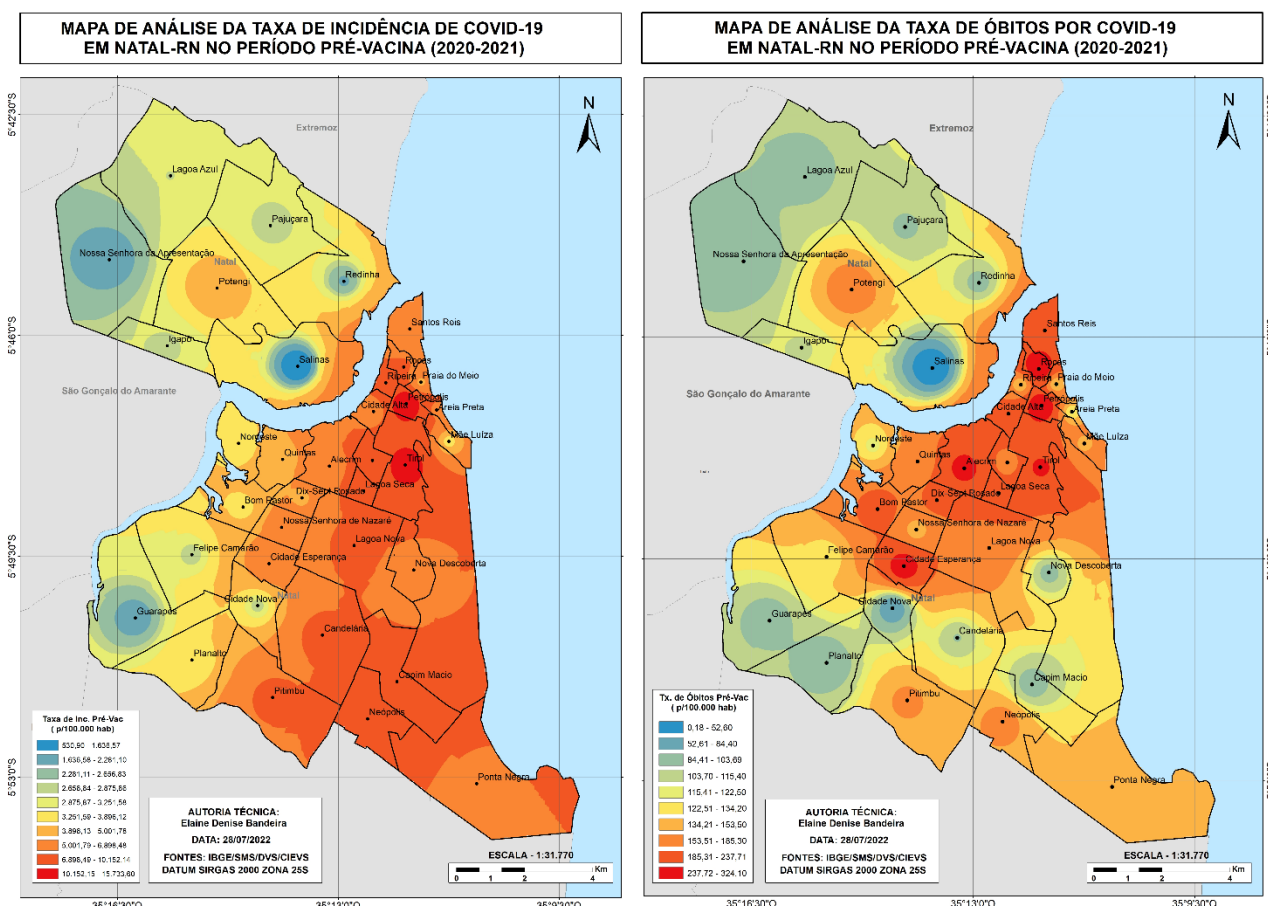
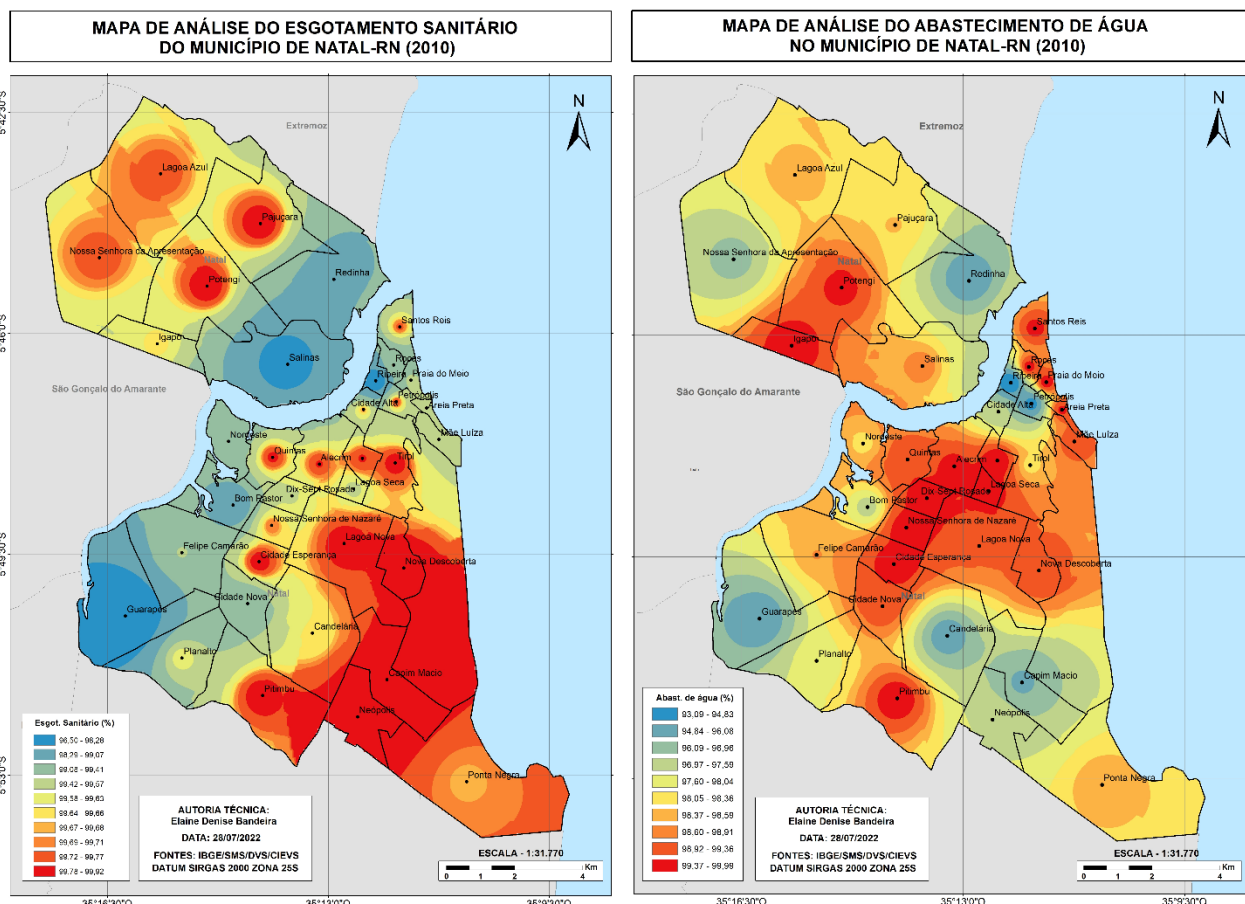


Figura 2: Mapas de análise da taxa de incidência de casos confirmados e de mortalidade por COVID-19 em Natal/RN no período pré-vacina (2020-2021).





**Figura 3: Mapas de análise do esgotamento sanitário e abastecimento de água do município de Natal/RN (2010).**

#### 4.2 Análise dos componentes principais dos casos positivos e óbitos por COVID-19 e das condições socioambientais do município de Natal/RN

A análise de componentes principais mostrou 3 componentes que explicaram um total de 80,3% da variância explicada. O componente principal 1 (CP1) representou 33,8% da variância total explicada. As variáveis envolvidas incluíram a população residente por bairro (0,908), ligações residenciais de água (0,903), residências com acesso à rede geral de esgoto ou pluvial (0,528), produção diária de lixo domiciliar (0,998) descrevem à dimensão situação.

O componente principal 2 (CP2) descreveu o comportamento de variáveis que representou 28,1% da variância total explicada. As variáveis envolvidas incluíram a taxa de crescimento populacional (-0,459), drenagem (0,889), pavimentação (0,899) e taxa de alfabetização (0,792) relacionadas à dimensão forças motrizes.

Finalmente, a componente principal 3 (CP3) descreveu o comportamento de variáveis que representou 18,3% da variância total explicada. As variáveis envolvidas incluíram a população sem abastecimento de água pela rede geral (0,951) e residência sem banheiro nem sanitário (0,823) descritas por características das dimensões pressão e exposição (Quadro 1).

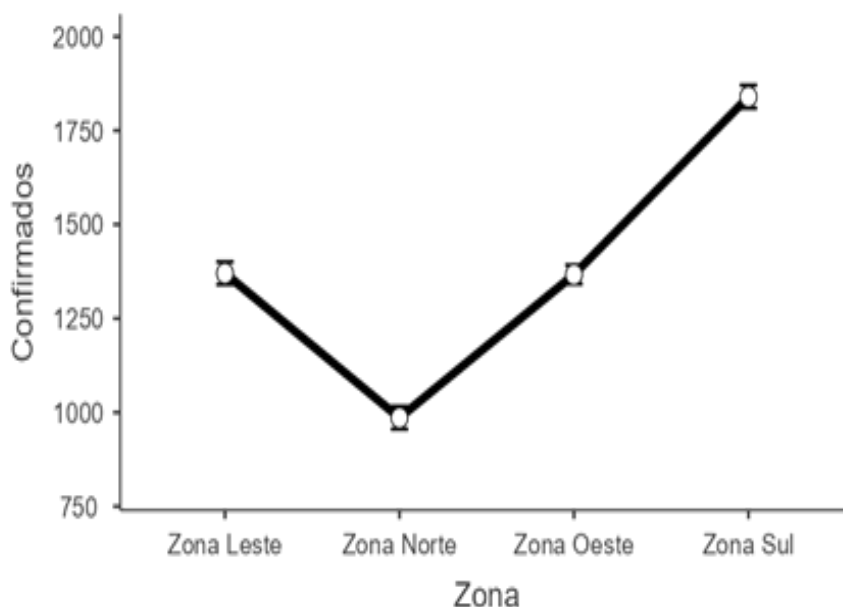
**Quadro 1: Análise dos componentes principais (PCA) do perfil socioambiental de Natal/RN.**

Dimensão	Componente principal	Variáveis envolvidas (%)		Variância total explicada (%)
Situação	(CP) 1	População residente (2017)	0,908	33,8
		Ligações residenciais de água	0,903	
		Residências com acesso à rede geral de esgoto ou pluvial	0,528	
		Produção diária de lixo domiciliar	0,998	
Forças Motrizes	(CP) 2	Taxa de crescimento populacional	-0,459	28,1
		Drenagem	0,889	
		Pavimentação	0,899	
		Taxa de alfabetização	0,792	

Pressão e Exposição	(CP) 3	População sem abastecimento de água pela rede geral	0,951	18,3
		Residência sem banheiro nem sanitário	0,823	

A distribuição de casos positivos por COVID-19 esteve estatisticamente relacionada com a área geográfica (X2 de Wald:2244,0; df:3; p<0.001) quanto os componentes descritos CP1 (X2 de Wald: 11824; df:1; p<0.001), CP2 (X2 de Wald: 396,0; df:1; p<0.001) e CP3 (X2 de Wald: 160,0; df:1; p<0.001) (Figura 4a).

A distribuição de óbitos por COVID-19 esteve estatisticamente relacionada com a área geográfica (X2 de Wald: 19,8; df:3; p<0.001) quanto os componentes descritos CP1 (X2 de Wald: 482,2; df:1; p<0.001), CP2 (X2 de Wald: 23,9; df:1; p<0.001) e CP3 (X2 de Wald: 67,0; df:1; p<0.001) (Figura 4b).



a)



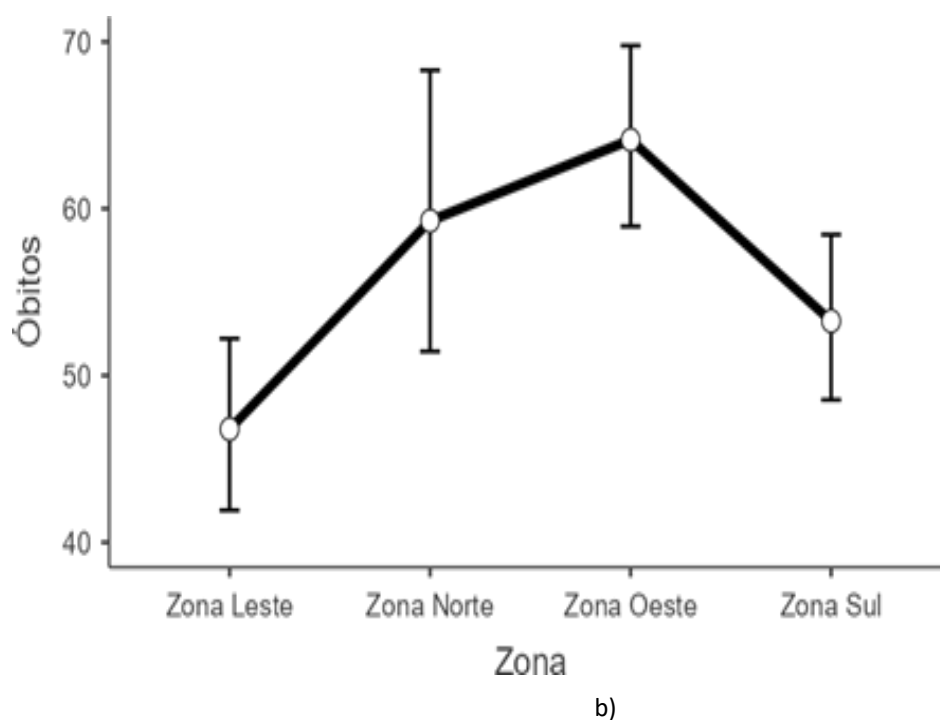


Figura 4: Padrão de casos por COVID-19 relacionados com as condições socioambientais do município de Natal/RN - a) casos confirmados; b) óbitos.

## 5 DISCUSSÃO

Nesse estudo, ao realizar a análise dos componentes principais citados acima, observa-se no gráfico 1 que a maior taxa de casos positivos foi encontrada na região sul do município, contabilizando 1800 casos ao longo do período considerado, em comparação com a região norte que apresentou 1000 casos. Contudo, as maiores taxas de óbitos foram encontradas nas regiões Oeste e Norte do município. Os resultados encontrados descreveram que as áreas com melhores indicadores socioeconômicos e ambientais apresentaram maiores taxas de incidência da COVID-19 (testagens positivas) enquanto as áreas com maior vulnerabilidade social registraram maiores taxas de mortalidade para a doença.

Esses resultados reforçam dados da literatura que destacam que a COVID-19 foi trazida para o Brasil, como também para o município estudado, principalmente, por pessoas residentes das regiões mais desenvolvidas, através de viagens de retorno da Europa (Alves et al., 2021). Nesse sentido, a expansão da pandemia ocorreu principalmente em regiões que concentram os grandes centros econômicos, com alto fluxo de circulação de indivíduos e mercadorias, provocando a disseminação por meio dos diversos modais de transportes, como os aéreos, terrestres e os aquáticos (Guimarães et al., 2020). Ademais corroboram os resultados de autores que mostram que a pobreza é um fator de vulnerabilidade, pois as populações em vulnerabilidade social perpassam por injustiças nos âmbitos econômicos, culturais, sociais, políticos e territoriais, marcadas pelas dificuldades no acesso aos recursos sociais fundamentais à própria manutenção da vida, seja

individual quanto coletiva. Estes aspectos vão desde a má distribuição econômica, a privação do acesso aos recursos materiais, o menor acesso à saúde, à educação e ao saneamento básico, o reconhecimento territorial distorcido, assim como a maior dificuldade de manter a renda, o emprego e o isolamento social (Fraser, 2006; Costa & Costa, 2016; Farias & Leite Junior, 2021). Como também, a perda de bem-estar causada pelo risco ou incerteza de eventos, associada à ausência dos instrumentos necessários para o seu gerenciamento ou respostas ao risco (Ribas, 2007).

Outrossim mostra que esse país é marcado pelas desigualdades sociais injustas e evitáveis, denominada de iniquidades, assim como na saúde, o que dificulta o seguimento das medidas preventivas pelos grupos populacionais historicamente negligenciados que se encontram em situações precarizadas, ocorrendo um maior risco de adoecimento e mortalidade, tanto pela atual pandemia de COVID-19 como por outras doenças relacionadas à desigualdade social (Alves et al., 2021; Donde et al., 2020; Ministério da Saúde, 2021; Souza et al., 2020).

Diante do que foi exposto, é possível atribuir o resultado do elevado número de mortes por COVID-19 em uma ampla subnotificação, principalmente em populações com menor nível socioeconômico (Figura 4b), conforme os fatores citados anteriormente e outros, como: o acesso limitado aos serviços de saúde de acordo com as variações regionais do município, a dificuldade de seguir as medidas de prevenção devido às condições sanitárias e moradias precárias, favorecendo a circulação intensa desses patógenos respiratórios, assim como pela dinâmica política nacional do governo vigente (Orellana et al., 2021; Ribeiro, Lima & Waldman, 2020). Além disso, segundo Ribeiro et al. (2020), os municípios de Natal/RN, Fortaleza/CE e Manaus/AM enfrentaram o colapso de seu sistema de saúde com os piores casos proveniente do crescente número de infecções pelo SARS-CoV-2, tendo em vista às diversas condições epidemiológicas, como as características da transmissibilidade da doença e da presença de pessoas assintomáticas para a COVID-19.

Outro fator que pode estar relacionado à subnotificação no início da pandemia, período referente entre 01/02/2020 à 16/01/2021, é a dificuldade operacional na realização de testes na população, quando ocorria uma diferença entre tempo de realização do teste e o resultado dos exames. Ademais, adotou-se nesse período a tática de testar todas as pessoas com casos suspeitos e que teve contato com casos confirmados, porém essa estratégia ficou impossibilitada por insuficiência da quantidade de testes disponíveis para a população. Devido à baixa capacidade de testagem, o Ministério da Saúde recomendou realizar testes somente em pacientes em casos mais graves (Prado et al., 2020; Pinheiro, 2020; Watson, 2020). Ademais, deve-se considerar que existe uma variação da capacidade de obtenção de resultados entre os hospitais, pois, quanto maior o número de exames à espera de confirmação, mais retardado foi o registro de notificação da doença devido ao grande volume de casos (Phillips, 2020; Prado et al., 2020).

Assim, a restrição dos testes diagnósticos no sistema de saúde brasileiro e local comprometeu o monitoramento da progressão da pandemia, trazendo consequências negativas para o planejamento de recursos e tomada de decisões dos gestores públicos, sobrecarga nos serviços hospitalares, baixa eficácia das medidas de controle, assim como na comparação de cenários futuros com outras regiões e diferentes países (Nogueira et al., 2020; Oliveira, 2020; Prado et al., 2020; Orellana et al., 2021).

A transmissão dessa doença entre humanos ocorre principalmente pelas vias respiratórias, quando pessoas infectadas expelem gotículas por meio do espirro ou tosse, por aperto de mãos e contato em objetos e superfícies contaminadas (Souza & Souza et al., 2020). Por se tratar de uma doença disseminada pelo contato social, foi observado na distribuição espacial das taxas de mortalidade nas Figuras 2 e 4b, referentes a análise dessas taxas com as condições socioambientais do município de Natal/RN que os grupos em situação de vulnerabilidade socioambiental pertencentes às zonas oeste e norte foram os mais afetados.

No que se refere às desigualdades sociais no município de Natal, o estudo de Barbosa et al. (2019) relata na análise espacial do Índice de Vulnerabilidade Social do município apresentando o mesmo padrão observado neste estudo, em que os bairros do distrito sul e leste são áreas que apresentam baixa vulnerabilidade, enquanto as áreas com elevadas vulnerabilidades estão inseridas nas zonas periféricas do oeste e norte. Assim, percebe-se que o padrão ambiental influencia particularmente pelo perfil de vulnerabilidade socioambiental que de acordo com Alves (2013) refere-se como a integração, cumulatividade ou sobreposição espacial de situações privação social e de pobreza combinadas com situações de exposição a risco ambiental, podem ser associadas com alguns componentes, como: exposição ao risco; a capacidade de reagir com esse risco; e dificuldade de adaptação proveniente da materialização das novas circunstâncias (Alves, 2013).

Nesse estudo, por meio da análise da distribuição espacial dos casos de COVID-19 e dos índices de saneamento básico, como o esgotamento sanitário e o abastecimento de água (Figura 2 e 3), foi visto que há condições ambientais diferenciadas entre os bairros do município de Natal/RN.

No que se refere a deficiência de saneamento da capital potiguar, apenas 51,91% do esgoto coletado recebe o devido tratamento, deixando uma grande parcela da população natalense ainda mais vulnerável a uma série de doenças (ABES, 2020).

Essa condição de deficiência no abastecimento de água impossibilita que as pessoas cumpram a higienização básica de lavar as mãos, uma das principais medidas de prevenção de combate ao SARS-CoV-2 indicada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), como também a carência do esgotamento sanitário pode proporcionar o aumento da disseminação dessa doença e de várias doenças infecciosas (Souza et al., 2020).

Assim, alguns estudos sugerem que a baixa ou ausência ao acesso aos serviços de saneamento, como o abastecimento de água e o esgotamento sanitário podem estar associadas às taxas de incidências de casos de COVID-19 ou aos elevados casos de mortalidade por essa doença (Capodeferro & Smiderle, 2020).

Outrossim, mundialmente, assim como na área de estudo, os sistemas de saúde enfrentaram um colapso de emergência sanitária, devido a necessidade de se adaptar a uma sobrecarga crítica nesses serviços, à escassez de equipamentos de proteção individual, a oferta e demanda de leitos hospitalares e equipamentos de ventilação assistida, como também ao reduzido número de profissionais especializados no atendimento de pacientes com sintomas mais severos (Orellana et al., 2021; Lemos et al., 2020; Noronha et al., 2020). Além disso, essa situação também se agravou devido a limitação ou inexistência de redes de atenção à saúde adequadas e de sistemas de vigilância epidemiológica e de óbitos capazes de dar respostas rápidas e efetivas essenciais para

esse cenário pandêmico (Orellana et al., 2020; Noronha et al., 2020; Ribeiro, Lima & Waldman, 2020).

Apesar da evolução na cobertura domiciliar dos serviços de saneamento básico, o contexto brasileiro de áreas não atendidas por esses serviços de saneamento é semelhante, principalmente em áreas de aglomerados urbanos periféricos, de baixa renda e rurais (Saiani & Toneto Júnior, 2010). O município estudado apresenta um cenário similar, diante das proporções exponenciais da propagação do vírus SARS-CoV-2 e da configuração da análise espacial de vulnerabilidade social encontrada nessa capital (Pires, 2020; Matos et al. 2021).

Dessa forma, as condições de acesso aos serviços de saneamento, como a falta de redes coletoras de esgoto doméstico e a democratização do abastecimento de água potável para grupos vulneráveis (Capodeferro & Smiderle, 2020), podem estar associadas às taxas de incidências de casos de COVID-19 ou aos elevados casos de mortalidade por essa doença.

Assim, considerando as desigualdades socioeconômicas entre os bairros da cidade do Natal, pode-se relacionar também as taxas de mortalidade pela doença da COVID-19 à fatores como, subnotificação em áreas mais carentes, a baixa ou ausência de renda para comprar medicamentos, limitação ao acesso aos serviços de saúde, dificuldade de dar continuidade ao tratamento no domicílio e quebra do seguimento das medidas preventivas também reforçam as condições de vulnerabilidade dos distintos estratos sociais, evidenciando que à falta de democratização aos serviços básicos está diretamente atrelada a hierarquização social.

## 6 CONCLUSÃO

O padrão socioambiental influencia particularmente no perfil de vulnerabilidade da população objeto de estudo. Nessa pesquisa, foi possível compreender como as características socioambientais podem ter contribuído na propagação da doença no contexto da cidade de Natal/RN. Foi observado durante o período estudado uma maior taxa de incidência de casos confirmados pela doença em regiões com melhores indicadores socioambientais. No entanto, também foi evidenciado elevadas taxas de óbitos nas regiões mais pobres do município, as quais, conseqüentemente, apresentam maior vulnerabilidade socioambiental. Assim, a subnotificação de casos positivos em áreas mais carentes pode estar associada a falta de atendimento ou atendimento concentrado em outras áreas.

As condições de vulnerabilidade socioambiental mostram que a hierarquização social atrelada à ausência de acesso igualitário aos serviços básicos são fatores de risco para contrair a doença, assim como características necessárias a serem levadas em conta nas estratégias de prevenção e combate ao COVID-19.

Portanto, os fatores de vulnerabilidade socioambiental podem ter influenciado na disseminação da doença no município de Natal/RN, reforçando as iniquidades em saúde existentes, expostas por uma situação emergente de saúde pública.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABES. (2020). Saneamento X Saúde. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. <https://abes-es.org.br/brasil-registra-40-mil-internacoes-por-falta-de-saneamento-nos-primeiros-tres-meses-do-ano-gastos-chegam-a-r-16-milhoes/>.
- Adhikari, S. P., Meng, S., Wu, Y. J., Mao, Y. P., Ye, R. X., Wang, Q. Z., Sun, C., Sylvia, S., Rozelle, S., Raat, H., & Zhou, H. (2020). Epidemiology, causes, clinical manifestation and diagnosis, prevention and control of coronavirus disease (COVID-19) during the early outbreak period: A scoping review. In *Infectious Diseases of Poverty* (Vol. 9, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00646-x>.
- Aguiar, S. (2020). COVID-19: A doença dos espaços de fluxos. *Geographia*, 22(48), 51–74. <https://orcid.org/0000-0001-9041-268X>.
- Alshanqeeti, S., & Bhargava, A. (2022). COVID-19 Rebound After Paxlovid Treatment: A Case Series and Review of Literature. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.26239>
- Alves, H. P. F. (2013). Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. *R. Bras. Est. Pop*, 2, 349–366. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0102-30982013000200002>
- Alves, M. R; Souza, R. A. G, Caló, R. S. (2021). Poor sanitation and transmission of COVID-19 in Brazil. São Paulo. *Medical Journal*, v.139, n.1, p.72-6.
- Aquino, D. S. (2020). Influência do acesso a saneamento básico na incidência e na mortalidade por COVID-19. *Revista Thema*, 18, 319–331. <https://doi.org/10.15536/thema.v18.especial.2020.319-331.1798>.
- Azevedo Ferreira, D., Bernardo da Silva, W., Pontes da Silva, A., Araújo Eloy, M., Vilar Cordeiro, L., & Patrício de Andrade Júnior, F. (2020). EPIDEMIOLOGY OF SEVERE ACUTE RESPIRATORY SYNDROME (SARS) CAUSED BY COVID-19 IN THE STATE OF BAHIA. *HOLOS*, 5, 1–11. <https://doi.org/10.15628/holos.2020.10979>
- Barbosa, I. R., Gonçalves, R. C. B., & Santana, R. L. (2019). Social vulnerability map for the municipality of Natal (Northeast Brazil) at a census sector level. *Journal of Human Growth and Development*, 29(1), 48–56. <https://doi.org/10.7322/jhgd.157749>.
- Brasil, M. DA S. (2011). Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores. *Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores*.
- Brasil (2022). Ministério da Saúde. Brasil recebe primeiro lote de medicamento para tratamento da Covid-19. <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/brasil-recebe-primeiro-lote-de-medicamento-para-tratamento-da-covid-19>. Acesso em 10 jan 2023.



- Calmon, T. V. L. (2020). As condições objetivas para o enfrentamento ao COVID-19: abismo social brasileiro, o racismo, e as perspectivas de desenvolvimento social como determinantes. *NAU Social*, 11(20), 131-136.
- Carvalho, Marília Sá; Pina, Maria de Fátima Sá; Santos, Simone Maria dos. (2000). Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicadas a saúde. *Basic concepts of systems of geographical information and applied cartography the health*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde. 122 p. ilus, mapas, tab. ISBN 85 87943 01 4.
- Capodeferro, M. W., & Smiderle, J. J. (2020). A resposta do setor de saneamento no Brasil à COVID-19. *Revista de Administração Pública*, 54(4), 1022–1036. <https://doi.org/10.1590/0034-761220200324>
- Carvalho, J. A., Teixeira, S. R. F., Carvalho, M. P., Vieira, V., & Alves, F. A. (2009). Doenças Emergentes: uma Análise Sobre a Relação do Homem com o seu Ambiente Emerging Illnesses: an analysis about the relation humans have with Environment. *Revista Práxis*, 1, 19–23.
- Costa, R. F. R., & Costa, G. C. (2016). Pobres no campo, ricos na cidade? Uma análise multidimensional da pobreza. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 54(3), 537–560. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540308>.
- Corvalán, C.; Briggs, D.; Zielhuis, G. (2000). Decision – Making in environmental health from evidence to action. Geneva: World Health Organization.
- Chan, J. F. W. et al. (2020). A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *The Lancet*, v. 395, n. 10223, p. 514–523.
- Croda, J. H. R.; Garcia, L. P. (2020). Resposta imediata da Vigilância em Saúde à epidemia da COVID-19. *Epidemiologia e serviços de saúde : revista do Sistema Unico de Saude do Brasil*, v. 29, n. 1, p. e2020002.
- De Castro-Nunes, P., & Ribeiro, G. da R. (2022). Health equity and vulnerability in the access to COVID-19 vaccines. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 46. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.31>
- Donde, O. O., Atoni, E., Muia, A. W., & Yillia, P. T. (2021). COVID-19 pandemic: Water, sanitation and hygiene (WASH) as a critical control measure remains a major challenge in low-income countries. In *Water Research* (Vol. 191). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116793>.
- Einloft, A. B. N., Moreira, T. R., Wakimoto, M. D., Franceschini, S. do C. C., Cotta, R. M. M., & da Costa, G. D. (2021). Data quality and arbovirus infection associated factors in pregnant and non-pregnant women of childbearing age in Brazil: A surveillance database analysis. *One Health*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100244>.
- Farias, M. N., & Leite, J. D. (2021). Social vulnerability and Covid-19: Considerations based on social occupational therapy. *Brazilian Journal of Occupational Therapy*, 29. <https://doi.org/10.1590/2526-8910.CTOEN2099>

- Figueiredo Santos, J. A. (2020). Covid-19, causas fundamentais, classe social e território. *Trabalho, Educação e Saúde*, 18(3). <https://doi.org/10.1590/1981-7746-sol00280>
- Fraser, N. (2006). Da redistribuição ao reconhecimento? Dilemas da justiça numa era “pós-socialista.” *Cadernos de Campo*, 231–239. <https://doi.org/10.11606>
- Giatti, L., Ribeiro, R. A., Nava, A. F. D., & Gutberlet, J. (2021). Complexidades e omissões emergentes: contrastes entre os contextos socioecológicos das doenças infecciosas, da pesquisa e da política no Brasil. *Genetics and Molecular Biology*, 1(Special).
- Guimarães, R. B., de Castro Catão, R., da Silva Martinuci, O., Pugliesi, E. A., & Matsumoto, P. S. S. (2020). O raciocínio geográfico e as chaves de leitura da Covid-19 no território brasileiro. *Estudos Avancados*, 34(99), 119–140. <https://doi.org/10.1590/S0103-4014.2020.3499.008>.
- Giacobelli, Leandro e GUIMARÃES JR, Paulo R. (2020). Dinâmicas de contágio. Como epidemias se espalham por um país continental? *Guimarães Lab*, s/d. Disponível em: <<https://guimaraeslabbr.weebly.com/voos.html>>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- Guo YR, Cao QD, Hong ZS, Tan YY, Chen SD, Jin HJ, et al. (2020). The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak – an update on the status. *Military Medical Research*; 7:11.
- Huang, X., Wei, F., Hu, L., Wen, L., Chen, K. (2020). Epidemiology and clinical characteristics of COVID-19. *Arch. Iran. Med.*, 23 (4), p. 268-271.
- Kampf, G. et al. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital Infection*, v. 104, n. 3, p. 246–251.
- Lemos DRQ, D'Angelo SM, Farias LABG, Almeida MM, Gomes RG, Pinto GP, et al. (2020). Health system collapse 45 days after the detection of COVID-19 in Ceará, Northeast Brazil: a preliminary analysis. *Rev Soc Bras Med Trop*; 53:e20200354.
- Lima, N. T.; BUSS, P. M.; PAES-SOUSA, R. (2020). COVID-19 pandemic: A health and humanitarian crisis. *Cadernos de Saude Publica*, v. 36, n. 7.
- Lopes de Paiva, I. V., Dantas de Assunção, M. V., Medeiros, M., Alves de Souza Paes, D. C., & Rabelo Moreira, L. N. (2021). THE INFLUENCE OF PASSENGER TRAFFIC IN BRAZILIAN AIRPORTS ON INCREASED CASES OF COVID-19. *HOLOS*, 4, 1–23. <https://doi.org/10.15628/holos.2020.11281>
- Lu, R., Zhao, X., Li, J., Niu, P., Yang, B., Wu, H., et al. (2020). Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet* 395, 565–574. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30251-8.
- Mahase E. (2021). Covid-19: Pfizer's paxlovid is 89% effective in patients at risk of serious illness, company reports. *PubMed*. BMJ. Nov 08;375:n2713.

- Maria N C, Slovic A D. (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. <http://dx.doi.org/10.5380/guaju.v4i1.58642>.
- Maria, N. C.; Medeiros-Sousa, A. R.; Slovic, A. D. (2019). An Environmental Health Typology as a Contributor to Sustainable Regional Urban Planning: The Case of the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP). *Sustainability*, v. 11, n. 20, p. 5800, jan.
- Matos, K. F., Silva, E. L. P., & Borges Neto, I. O. (2021). Covid-19 e vulnerabilidades socioambientais no Brasil: uma análise preliminar. *Anais Do XIV ENANPEGE*.
- Ministério da Saúde. (2022). Painel Covid-19 no Brasil. Secretarias Estaduais de Saúde. Disponível em: <[https://qsprod.saude.gov.br/extensions/covid-19\\_html/covid-19\\_html.html](https://qsprod.saude.gov.br/extensions/covid-19_html/covid-19_html.html)>. Acesso em 10 dez. 2022.
- Moser, C. (1998). The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. *World Development*, v. 26, n.
- Nogueira, André L. et al. (2020). Estimativa da subnotificação de casos da covid-19 no estado de Santa Catarina Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2020/05/aqui.pdf> Acesso em: 04 jan. 2023.
- Noronha K. V. M., Guedes GR, Turra CM, Andrade MV, Botega L, Nogueira D, et al. (2020). Pandemia por COVID-19 no Brasil: análise da demanda e da oferta de leitos hospitalares e equipamentos de ventilação assistida segundo diferentes cenários. *Cad Saúde Pública* 2020; 36:e00115320.
- Noronha, K. V. M., Guedes, G. R., Turra, C. M., Andrade, M. V., Botega, L., Nogueira, D., Calazans, J. A., Carvalho, L., Servo, L., Ferreira, M. F., & Ferreira, M. F. (2020). The COVID-19 pandemic in Brazil: Analysis of supply and demand of hospital and ICU beds and mechanical ventilators under different scenarios. *Cadernos de Saude Publica*, 36(6). <https://doi.org/10.1590/0102-311x00115320>.
- Oliveira, T. M., & Araújo, A. C. O. (2020). Consequências da subnotificação dos casos de COVID-19 para a saúde pública no Brasil. *InterAmerican Journal of Medicine and Health*, 3. <https://doi.org/10.31005/iajmh.v3i0.150>.
- Orellana, J. D. Y., da Cunha, G. M., Marrero, L., Horta, B. L., & da Costa Leite, I. (2020). Explosion in mortality in the Amazonian epicenter of the COVID-19 epidemic. *Cadernos de Saude Publica*, 36(7). <https://doi.org/10.1590/0102-311X00120020>
- Orellana, J. D. Y., da Cunha, G. M., Marrero, L., Moreira, R. I., da Costa Leite, I., & Horta, B. L. (2021). Excess deaths during the COVID-19 pandemic: underreporting and regional inequalities in Brazil. *Cadernos de Saude Publica*, 37(1). <https://doi.org/10.1590/0102-311X00259120>.
- Pinheiro L. Testes para Covid-19: entenda a situação no Brasil e tire dúvidas sobre os exames diagnósticos. 2020 [cited 2020 Apr 16]. Available from: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/04/08/testes-para-covid-19-entenda-a-situacao-no-brasil-e-tire-duvidas-sobre-os-exames-diagnosticos.ghtml>.

- Pires, L. N., Carvalho, L., Xavier, L. L. (2020). COVID-19 e desigualdade: a distribuição dos fatores de risco no Brasil. *Experiment Findings*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27014.73282>.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27014.73282>.
- Pires, R. R. C. (2020). Os efeitos sobre grupos sociais e territórios vulnerabilizados das medidas de enfrentamento à crise sanitária da COVID-19: propostas para o aperfeiçoamento da ação pública Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Recuperado em 1 de maio de 2020, de <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes> » <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>.
- Phillips D. Brazil coronavirus: medics fear official tally ignores ‘a mountain of deaths’. *The Guardian* [cited 2020 Apr 20]. Available from: <https://www.theguardian.com/global-development/2020/apr/04/medics-in-brazil-fear-official-coronavirus-tally-ignores-a-mountain-of-deaths>.
- Portella, S. Luiz dias, José Manuel Mendes, Pedro Santos, Malú Grave, & Ichihara, M. Y. T. (2021). Metodologias para Índices de Vulnerabilidades Socioambientais, Dinâmicas de contágio da COVID 19 e Índice Brasileiro de Privação em Saúde. *Ciência & Trópico*, 45(2). [https://doi.org/10.33148/cetropicov45n2\(2021\)art4](https://doi.org/10.33148/cetropicov45n2(2021)art4).
- Prado, M. F., De Paula Antunes, B. B., Dos Santos Lourenço Bastos, L., Peres, I. T., De Araújo Batista Da Silva, A., Dantas, L. F., Baião, F. A., Maçaira, P., Hamacher, S., & Bozza, F. A. (2020). Analysis of COVID-19 under-reporting in Brazil. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, 32(2), 224–228. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20200030>.
- Ribas, R. P. (2007). Vulnerabilidade à pobreza no Brasil: medindo risco e condicionalidade a partir da função de consumo das famílias. *IPEA - Pesquisa e Planejamento Econômico*, 37(2).
- Ribeiro, H., Lima, V. M., & Waldman, E. A. (2020). In the COVID-19 pandemic in Brazil, do brown lives matter? *Lancet Glob Health*, 8(976–977). <https://doi.org/10.1016/See>.
- Rothenberg, R.; Stauber, C.; Weaver, S.; Dai, D.; Prasad, A.; Kano, M. (2015). Urban health indicators and indices--Current status. *BMC Pub. Heal.*, 15, 494.
- Saiani, C. C. S., & Toneto Júnior, R. (2010). Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). *Economia e Sociedade*, 19, 79–106.
- Sobral, A.; De Freitas, CM. (2010). Modelo de organização de indicadores para operacionalização dos determinantes socioambientais da saúde. *Sau. e Soc.*, 19, 35–47.
- Souza, C. D. F., Machado, M. F., & Do Carmo, R. F. (2020). Human development, social vulnerability and COVID-19 in Brazil: A study of the social determinants of health. *Infectious Diseases of Poverty*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00743-x>.
- Souza, L. P. S. E. et al. (2020). Presença Do Novo Coronavírus (Sars-Cov-2) Nos Esgotos Sanitários: Apontamentos Para Ações Complementares De Vigilância À Saúde Em Tempos De Pandemia. *Vigilância Sanitária Em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, V. 8, N. 3, P. 132–138.

- Souza & Souza et al. (2020). Presença do novo coronavírus (SARS-CoV-2) nos esgotos sanitários: apontamentos para ações complementares de vigilância à saúde em tempos de pandemia. *Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, v. 8, n. 3, p. 132–138.
- Stauber, C.; Adams, E.A.; Rothenberg, R.; Dai, D.; Luo, R.; Weaver, S.R.; Prasad, A.; Kano, M.; Heath, J. (2018). Measuring the Impact of Environment on the Health of Large Cities. *Int. J. Environ. Res. Publ. Heal.*, 15, 1216.
- Stedile et al. (2018). A aplicação do modelo FPSEEA no gerenciamento de resíduos de serviço de saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, n. 11, p. 3683–3694, nov.
- Trindade, E. L., & Fortes, I. G. (2021). Gripe Espanhola e SARS-CoV-2: cem anos de diferença que nos igualam. *Revista Eletrônica Acervo Científico*, 28, e7758. <https://doi.org/10.25248/reac.e7758.2021>.
- Yan, R., Zhang, Y., Li, Y., Xia, L., Guo, Y., Zhou, Q. (2020). Structural basis for the recognition of SARS-CoV-2 by full-length human ACE2. *Science* 367, 1444–1448. doi: 10.1126/science.abb2762.
- Yeo, C.; Kaushal, S.; Yeo, D. Enteric involvement of coronaviruses: is faecal–oral transmission of SARS-CoV-2 possible? *The Lancet Gastroenterology and Hepatology*, v. 5, n. 4, p. 335–337, 2020.
- Walls, A. C. et al. (2020). Structure, function, and antigenicity of the SARS-CoV-2 spike glycoprotein. *Cell* 181, 281–292.e6.
- Watson, K. (2020). Coronavirus: ‘Undocumented explosion’ spreads around Brazil. April 16. BBC [cited 2020 Apr 20]. Available from: <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-52307339>.
- Who. (2020). Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19. Interim guidance, n. 29 July, p. 1–11.
- Zheng, Q.; Ma, P.; Wang, M.; Cheng, Y.; Zhou, M.; Ye, L.; Feng, Z.; Zhang, C. (2023). Efficacy and safety of paxlovid for COVID-19: A meta-analysis. *J. Infect.*; online ahead of print.
- Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., et al. (2020). A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China 2019. *N. Engl. J. Med.* 382, 727–733. doi: 10.1056/NEJMoa2001017.

#### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Lucena, S. V., BANDEIRA, E. D., NAVONI, J. A., SOUZA, J. R., & CUNHA, D. C. S. (2023). ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL SOBRE O PERFIL DE CASOS DE COVID-19 NO MUNICÍPIO DE NATAL/RN. *HOLOS*, 8(39). <https://doi.org/10.15628/holos.2023.15827>

#### SOBRE OS AUTORES

##### E. D. BANDEIRA

Mestra em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-graduação de Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (2023). Possui especialização em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/ Escola Agrícola de Jundiá-EAJ), como também graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto



Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (2021) e graduação em licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Potiguar (2010). Além disso, é pesquisadora do Núcleo de Estudos de Saneamento Básico (NESB) e pós-graduanda a nível de especialização em Educação Ambiental e Geografia do Semi-Árido (2024) pelo IFRN. Atualmente, é servidora pública da Unidade de Vigilância de Zoonoses- UVZ da Prefeitura de Natal, exercendo a função de Agente de Combate às Endemias.

E-mail: elaine.b@escolar.ifrn.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0234-1354>

#### J. A. NAVONI

Possui graduação em Bioquímica pela Universidad Nacional del Litoral (2002), Especialista em Toxicología Categoría III, outorgado pela Asociación Bioquímica Argentina (2009), e doutorado em Farmácia e Bioquímica- Área Toxicologia - Universidad de Buenos Aires (2012). Foi professor da Cátedra de Toxicología e Química Legal (FFyB-UBA) (2003-2018), colaborador no Curso de Graduação em Farmácia/UFRRN (2016-2019) e professor visitante no Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Uso Sustentável dos Recursos Naturais PPGUSRN/IFRN (2018-2022). Atua como professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFRRN) e do Curso de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Associação Plena em Rede (DDMA/UFRRN). Além disso, é Vice-coordenador da Rede Radônio no Rio Grande do Norte (RnRN) e do Laboratório de Radioatividade Natural do Rio Grande do Norte (LARANA). E membro da Asociación Toxicologica Argentina e Sócio Fundador da Sociedad Iberoamericana de Salud Ambiental (SIBSA) e membro da Red de Toxicología de América Latina y el Caribe (RETOXLAC). Tem ampla experiência nas áreas de Bioquímica, Toxicologia e Química analítica, com ênfase em contaminação ambiental e avaliação do risco.

E-mail: navoni.julio@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8715-0527>

#### J. R. SOUZA

Mestre em Ciências Ambientais pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Atualmente, trabalha como professor efetivo, em regime de Dedicção Exclusiva, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Participa do Grupo de Pesquisa Mineral.

E-mail: jairo.souza@ifrn.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8984-1716>

#### D. C. S. CUNHA

Possui graduação em Biomedicina pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2008), mestrado em Bioquímica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2010) e doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Molecular) pela Universidade Federal de São Paulo (2016) na modalidade sanduíche com estágio de 23 meses na instituição estrangeira Albert Einstein College of Medicine of Yeshiva University. Tem experiência na área de Bioquímica, Biologia Molecular e Genética. Atualmente é pesquisadora no Instituto de Medicina Tropical do Rio Grande do Norte e seus estudos estão relacionados as leishmanioses, hanseníase e COVID-19.

E-mail: daysecunha3007@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5278-6832>

#### S. V. LUCENA

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2006), mestrado em Bioquímica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2010) e doutorado em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Molecular pela Universidade Federal de São Paulo (2015). É professora do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva, foi Chefe do Departamento de Ensino (2016 - 2017) e Diretora Geral Pró Tempore (2017 - 2018) do IFMT, Campus Avançado Diamantino. Atualmente está em Cooperação Técnica no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Natal

Central, atuando como Docente Permanente e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Uso Sustentável dos Recursos Naturais (PPgUSRN/IFRN). Foi bolsista de produtividade DIPEQ/CNAT/IFRN 2022. É pesquisadora do Núcleo de Estudos de Saneamento Básico (NESB) e vice líder do Lapern - Laboratório de Inovação e Tecnologia em Recursos Naturais e Economia Circular do IFRN. Além disso, é membro da Sociedad Iberoamericana de Salud Ambiental (SIBSA) e da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Tem interesse e desenvolve pesquisas nas áreas de reaproveitamento de resíduos sólidos, educação ambiental, monitoramento de tartarugas e tecnologias sociais.

E-mail: sheylavLucena@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4572-450X>

**Editor responsável:** Paulo Augusto de Lima Silva



Submetido 14/01/2023

Aceito 01/12/2023

Publicado 27/12/2023