

---

**ESTUDO DE DIAGNÓSTICO DE RISCO AMBIENTAL À  
INUNDAÇÕES E SUA CORRELAÇÃO COM A SUSCETIBILIDADE  
À OCORRÊNCIA DE DOENÇA DIARREICA AGUDA NA ZONA  
URBANA DE ITAPIPOCA/CE**

Luis Felipe Santos **MOURA**

Mestrando em Geografia pela Universidade Federal do Ceará

E-mail: felipesantos010186@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1840-6714>

Carlos Henrique **SOPCHAKI**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará

E-mail: carlos.geografia@ufc.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8127-4529>

Maria Elisa **ZANELLA**

Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará

E-mail: elisazv@terra.com.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3475-2705>

Histórico do Artigo:

*Recebido*

*Dezembro de 2022*

*Aceito*

*Fevereiro de 2023*

*Publicado*

*Junho de 2023*

---

---

---

**Resumo:** O objetivo desta pesquisa é estabelecer uma correlação entre os dados de incidência de doença diarreica aguda (DDA) com uma avaliação de risco ambiental a inundações, tendo como área de estudo a zona urbana do município de Itapipoca. A metodologia emprega o mapeamento de risco ambiental que leva em consideração a união de dois mapeamentos: risco natural, onde variáveis ambientais que influenciam a dinâmica de inundação são sobrepostas por método de cartografia de síntese, e de risco antrópico, onde variáveis socioeconômicas que deduzem vulnerabilidade de risco à inundação também são sobrepostas. O mapa de risco ambiental, identificado por setores censitários, é correlacionado com dados de DDA cujo os dados foram disponibilizados pela plataforma do Sistema Informatizado de Vigilância Epidemiológica de Doenças Diarreicas Agudas. O resultado demonstra a partir da espacialização da sobreposição de mapas que há uma correlação existente entre os dados

Revista Equador (UFPI), Vol. 12, Nº 1, Ano, 2023, p. 01 - 19

Home: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

ISSN 2317-3491

analizados, apontando que zonas de maior risco ambiental a inundações são também aquelas de maior suscetibilidade à doença diarreica aguda.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade. Urbanização. Clima e Saúde. Doenças Infecciosas. Cartografia de Síntese.

### **DIAGNOSTIC STUDY OF ENVIRONMENTAL RISK TO FLOOD AND ITS CORRELATION WITH THE SUSCEPTIBILITY TO THE OCCURRENCE OF ACUTE DIARRHEAL DISEASE IN THE URBAN AREA OF ITAPIPOCA/CE**

**Abstract:** The objective of this research is to establish a correlation between data on the incidence of acute diarrheal disease (ADD) with an assessment of the environmental risk of flooding, having the urban area of the municipality of Itapipoca as the study area. The methodology employs environmental risk mapping that takes into account the union of two mappings: natural risk, where environmental variables that influence flood dynamics are superimposed by a synthesis cartography method, and anthropic risk, where socioeconomic variables that deduce vulnerability flood risk factors are also superimposed. The environmental risk map, identified by census sectors, is correlated with DDA data whose data were made available by the platform of the Computerized System for Epidemiological Surveillance of Acute Diarrheal Diseases. The result demonstrates from the spatialization of overlapping maps that there is an existing correlation between the analyzed data, pointing out that areas of greater environmental risk to floods are also those of greater susceptibility to acute diarrheal disease.

**Keywords:** Vulnerability. Urbanization. Climate and Health. Infectious Diseases. Synthesis Cartography.

### **ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO DEL RIESGO AMBIENTAL POR INUNDACIÓN Y SU CORRELACIÓN CON LA SUSCEPTIBILIDAD A LA PRESENCIA DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS EN EL ÁREA URBANA DE ITAPIPOCA/CE**

**Resumen:** El objetivo de esta investigación es establecer una correlación entre los datos sobre la incidencia de la enfermedad diarreica aguda (EDA) con una evaluación del riesgo ambiental de inundación, teniendo como área de estudio el área urbana del municipio de Itapipoca. La metodología emplea un mapeo de riesgo ambiental que tiene en cuenta la unión de dos mapeos: riesgo natural, donde se superponen variables ambientales que influyen en la dinámica de inundaciones mediante un método de cartografía de síntesis, y riesgo antrópico, donde también se superponen variables socioeconómicas que deducen factores de riesgo de inundación de vulnerabilidad. . El mapa de riesgo ambiental, identificado por sectores censales, se correlaciona con los datos de la DDA cuyos datos fueron puestos a disposición por la plataforma del Sistema Informático de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Diarreicas Agudas. El resultado demuestra a partir de la espacialización de mapas superpuestos que existe una correlación entre los datos analizados, señalando que las áreas de mayor riesgo ambiental a inundaciones son también las de mayor susceptibilidad a enfermedades diarreicas agudas.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad. Urbanización. Clima y Salud. Enfermedades Infecciosas. Cartografía de Síntesis.

## INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades tem gerado impactos das mais diversas ordens, desde o crescimento exponencial de populações vulneráveis ao aumento da poluição atmosférica. Um desses impactos está ligado às inundações, que têm se tornado cada vez mais comuns dentro dos ambientes urbanos. Sua ocorrência está associada a uma série de fatores tais como: supressão da mata ciliar, impermeabilização do solo para expansão da malha urbana, moradia irregular, dentre outros. Assim, as inundações deixam de serem fenômenos naturais e passam a ser objeto de risco e vulnerabilidade aos cidadãos trazendo prejuízos sociais e econômicos.

Conforme preconiza em seu Sistema Clima Urbano (SCU), Monteiro (1976; 1990), com interesse excepcional nos mecanismos dos eventos climáticos extremos no subsistema "hidrometeorológico", o autor insere no clima urbano o conceito de risco, integrando o conceito à análise geográfica do clima. Sendo um termo polissêmico, o risco também abarca a relação entre clima e doença que englobam potenciais efeitos à saúde derivados de anomalias na temperatura ou precipitação. Observa-se assim uma noção holística entre clima urbano combinado com a noção de risco natural e vulnerabilidade social.

Dentre as doenças provocadas por inundações podem ser citadas: leptospirose, giardíase, hantavírus, disenteria, febre tifoide, dengue, hepatite, teníase e doença diarreica aguda (DDA). Relativo à doença diarreica, ela é predominantemente transmitida pela água e poderia ser prevenida através do consumo dentro dos padrões de potabilidade, condições adequadas de saneamento urbano e hábitos de higiene. E a população que mais padece desses serviços ainda é notadamente aquela mais vulnerável, pois a contaminação por vírus e bactérias ainda é recorrente nas comunidades carentes e que são potencializadas durante a ocorrência de eventos climáticos extremos.

Estudos preexistentes denotam que o maior risco à DDA ocorre em concentrações populacionais dentro de cidades grandes e médias e naquelas onde a infraestrutura ainda é muito precária (VAZQUEZ et al., 1991). Dessa forma a cidade de Itapipoca, no estado do Ceará se encaixa no perfil de análise conforme os fatores descritos, possuindo grande crescimento populacional e elevado contingente populacional. Sua análise pode tornar-se modelo para avaliação e comparação com outras cidades de mesmo porte.

Tendo em vista os fatos, faz-se importante o monitoramento dessa doença que se torna preocupante à medida que os municípios tendem a se tornar cada vez maiores e mais urbanos e o plano diretor das cidades não conseguem acompanhar o crescimento e a metamorfose urbana.

De acordo com a realidade supracitada, o mapeamento das áreas de risco natural e risco antrópico podem esclarecer os pontos mais vulneráveis que, em conjunto com a espacialidade dos dados da doença, permite avaliar a suscetibilidade de risco a diarreia aguda na zona urbana de Itapipoca. Esta pesquisa justifica-se também na busca por qualidade de vida, prioridade em políticas públicas e redução de populações em risco, além de propiciar a avaliação de riscos através do geoprocessamento ajudando em soluções que auxiliem e atenuem os impactos provocados por inundações urbanas.

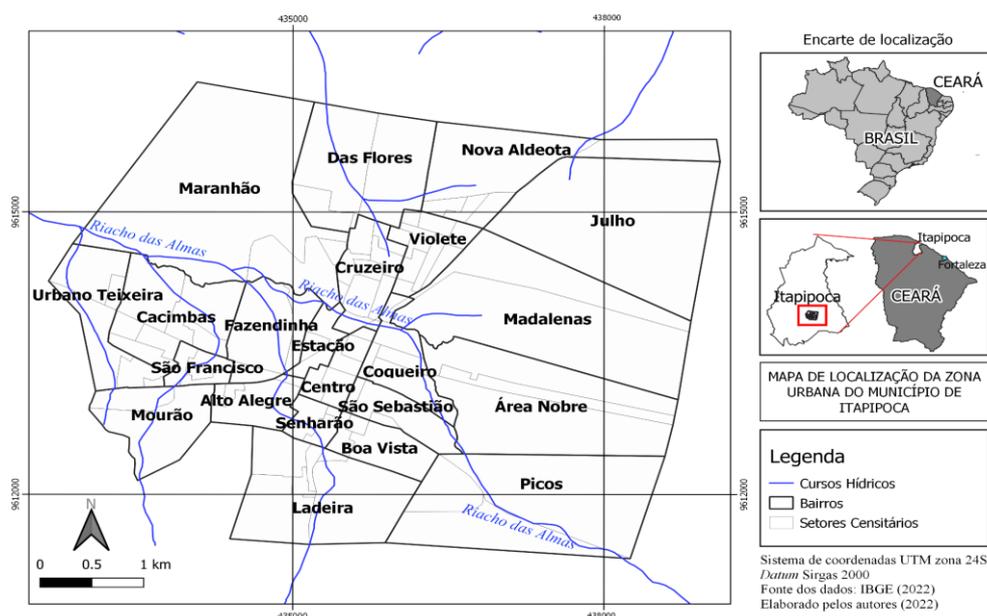
Sendo assim, esta pesquisa tem como objetivo realizar um mapeamento de risco a inundação na zona urbana do município de Itapipoca a partir de variáveis de risco ambiental em conjunto com variáveis do risco antrópico, a partir do método de cartografia de síntese, apoiado em Sistema de informações geográficas (SIG). Em seguida, unir esses dados e formular um mapa de risco ambiental a inundações, logo após, compará-los com a proporção de casos de diarreia aguda dentro da zona urbana de Itapipoca e observar sua espacialidade ao longo dos bairros/setores da zona urbana.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

A zona urbana do município de Itapipoca (cidade de Itapipoca) está localizada na zona norte do estado do Ceará (figura 1), situando-se em meio às bacias do rio Mundaú e Cruxati. Dista aproximadamente 130 km da capital, Fortaleza.

Figura 1 - Mapa de localização, bairros e setores censitários da cidade de Itapipoca



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A cidade possui uma média pluviométrica anual de 1.130 mm e encontra-se no intermédio entre as regiões litorânea, sertaneja e serrana, dando-lhe o codinome de “cidade dos três climas”. Segundo dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, entre 1991 e 2021 (expectativa) a cidade passou de 77.263 habitantes para 131.687, percebendo um elevado crescimento urbano e tornando-se o 7º mais populoso do estado em um crescimento de 70% em três décadas (IBGE, 2021).

### **Cartografia de síntese de risco natural**

Para Ferreira (1993), o risco antrópico em conjunto com risco natural gera o chamado risco ambiental que, segundo o mesmo autor, é elemento chave na avaliação de vulnerabilidade aos riscos (figura 2), abrangendo também as inundações e alagamentos urbanos. Nesta pesquisa, convencionou-se utilizá-la devido a sua praticidade de análise geográfica integrando elementos sociais, econômicos e ambientais.

Figura 2 - Esquema metodológico básico de avaliação de vulnerabilidade aos riscos.



Fonte: Ferreira (1993), adaptado pelos autores (2022).

Para o mapeamento de risco natural, foram levantados alguns fatores que influenciam a dinâmica hidrológica da precipitação, que são elementos naturais que possuem influência direta ou indireta na dinâmica de inundações e alagamentos, incluindo também mapeamentos de riscos preexistentes na área de estudo. Para isso foram utilizados: declividade do relevo obtido por Modelo Digital de Elevação do Projeto Topodata do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais); mapa de mata ciliar e nascentes produzido através do mapa de corpos hídricos do IPECE (Instituto de Pesquisa Estratégia Econômica do Ceará); mapa de índice de NDWI (*Normalized Difference Water Index*) gerado através das bandas 5 e 3 do satélite Landsat-8 Sensor OLI (órbita e ponto 217/063 com data de 18/06/2020), diretamente da Divisão de Geração de Imagens do INPE; mapa de área inundável de pontes construídas através da relação entre o mapa de malha viária e mapa de corpos hídricos; mapa de risco elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM); mapa de solos obtido no portal de dados geoespaciais da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária) e mapa de uso e ocupação do solo obtido através de classificação supervisionada de um empilhamento de bandas 4, 3 e 2 do satélite Landsat-8 Sensor OLI (órbita e ponto 217/063 com data de 18/06/2020), também obtida pelo INPE, conforme preconizam Moura (2021) e Tucci (2009).

A ponderação de pesos foi fundamentada de acordo com a decisão dos autores observando a manifestação e intensidade dos fenômenos na área de estudo através de análise hierárquica. Para cinco fatores (matas ciliares, NDWI, área inundável de pontes, área de risco da CPRM e textura de solos) atribuíram-se pesos conforme suas especificidades que são apenas 1 (baixo) ou 2 (alto). Outros dois fatores (uso e ocupação do solo e declividade), atribuíram-se três pesos que são 1; 1,5 e 2. Para Mendes et al. (2020), estes fatores podem ser denominados, respectivamente, de limitantes e não limitantes, podendo possuir apenas dois graus de risco ou diferentes graus de risco. Para tanto, os pesos estão indicados conforme o quadro 1.

Quadro 1 - Indicadores utilizados para a avaliação de risco a inundação dentro do subsistema natural.

<b>Fator</b>	<b>Risco</b>	<b>Peso</b>
Matas ciliares	Baixo (presença de mata)	1
	Alto (ausência de mata)	2
NDWI	Baixo (valor de -0,27 a 0)	1
	Alto (valor de 0,01 a 0,61)	2
Área inundável de pontes	Baixo (fora da área)	1
	Alto (dentro da área)	2
Área de risco CPRM	Baixo (fora da área)	1
	Alto (dentro da área)	2
Textura de solos	Baixo (arenoso)	1
	Alto (argiloso)	2
Uso e ocupação do solo	Baixo (vegetação seca/úmida; dunas)	1
	Moderado (áreas degradadas)	1,5
	Alto (área urbana; corpos hídricos)	2
Declividade	Baixo (>45%)	1
	Moderado (8% a 45%)	1,5
	Alto (<8%)	2

Fonte: Moura (2021).

A atribuição de pesos e mapeamento das variáveis foram manipuladas e reclassificadas através de ferramentas do software ArcGIS.

Baseado nas operações de média zonal dentro da álgebra de mapas utilizando-se do método de álgebra booleana (BARBOSA et al., 1998), o somatório de todas as variáveis através deste processo para quaisquer pontos da imagem *raster* irá variar de 7 a 14. Tal

método utiliza-se de operadores aritméticos lógicos para combinar mapas temáticos através de seus geocampos. Dentro desta escala tratou-se em princípio dividir o intervalo em cinco hierarquias discretizadas em ambiente computacional SIG que são: muito baixo risco (7 a 8,272), baixo risco (8,273 a 9,545), moderado risco (9,546 a 10,818), alto risco (10,819 a 12,091) e muito alto risco (12,092 a 14).

Para padronizar os dados de risco natural com a cartografia de síntese de risco antrópico que está em uma escala de 0 a 1, convencionou-se intervalar os dados de risco natural também em uma faixa de 0 a 1 através de conversão utilizando-se de uma equação (equação 1) de padronização na ferramenta "calculadora *raster*". Os dados foram, então, convertidos de pixels para o polígono de setores censitários, utilizando-se a ferramenta de "estatísticas zonais" com a função média. Assim, o polígono de setor censitário foi gerado a partir de uma média dos valores dos pixels que estavam dentro dele.

$$Vrp = \frac{Vr - V_{rmax}}{V_{rmin} - V_{rmax}} \quad (1)$$

Onde: **Vrp** → Valor de risco padronizado; **Vr** → Valor original de risco; **Vrmax** e **Vrmin** → Valor máximo e mínimo do risco registrado originais.

### Cartografia de síntese do risco antrópico

Para a avaliação do risco antrópico utilizou-se variáveis provenientes do censo do IBGE de 2010 (IBGE, 2011). Segundo Medeiros (2014), dados do censo podem ser utilizados para estimar o fator de vulnerabilidade social de uma determinada região censitária, conjunto de regiões ou até mesmo de todo um município. Através do banco de dados do IBGE, foram adquiridos quinze indicadores que envolvem fatores sociais e econômicos que possuem relação direta ou indireta com o risco e vulnerabilidade a inundações. Os indicadores estão subdivididos em quatro dimensões: habitação e saneamento, renda, educação, e situação social. Todos os fatores estão pontuados conforme o quadro 2.

Quadro 2 - Fatores derivadas de indicadores do censo do IBGE para avaliar o subsistema humano e social (vulnerabilidade).

Dimensão	Indicador	Descrição	Relação
Habitação e saneamento	% moradores com domicílio próprio	Percentual de moradores residentes em domicílios de propriedade de um ou mais moradores, estando o imóvel integralmente pago ou em processo de aquisição.	Indireta
	% domicílios ligados à rede de	Refere-se ao percentual de moradores residentes em domicílios ligados à rede geral de água	Indireta

	água		
	% domicílios com banheiro ou sanitário	Consiste no percentual de moradores residentes em domicílios com existência de banheiro ou sanitário	Indireta
	% moradores com acesso a esgoto/fossa	Definido pelo percentual de moradores residentes em domicílios ligados à rede geral de esgoto ou com fossa séptica	Indireta
	% domicílios com acesso a serviço limpeza/lixo	Percentual de moradores residentes em domicílios com serviço de coleta de lixo realizada por serviço de limpeza ou em caçamba	Indireta
	% domicílios com acesso a energia	Consiste no percentual de moradores residentes em domicílios que possuem energia elétrica	Indireta
Renda	Renda média mensal	Corresponde ao valor (em R\$) do rendimento nominal médio mensal domiciliar per capita das pessoas residentes em domicílios particulares com rendimento	Indireta
	% domicílios com renda <1/2 salário	Consiste no percentual de domicílios com renda domiciliar per capita inferior a 1/2 do salário mínimo. Esse valor correspondia à R\$ 255,00 em 2010	Direta
	Variância da renda média	Indicador utilizado para avaliar a desigualdade de renda, medindo a variabilidade do valor (em R\$) do rendimento nominal médio mensal domiciliar per capita das pessoas residentes em domicílios particulares com rendimento.	Direta
Educação	% população >15 anos analfabeta	Refere-se ao percentual de pessoas com 15 anos ou mais de idade analfabetas. Segundo o IBGE (2020), um indivíduo é considerado analfabeto caso não saiba ler e escrever pelo menos um bilhete.	Direta
	% chefes de domicílio analfabetos	Consiste no percentual de chefes de domicílios analfabetos. O chefe de domicílios é a pessoa reconhecida pelos moradores como responsável pela unidade domiciliar	Direta
Situação social	Média de moradores por domicílios	Média do número de moradores em domicílios particulares permanentes	Direta
	Razão de dependência	Consiste no percentual da população menor de 14 anos somada à população maior de 64 anos, dividida pela população em idade ativa (15 a 64)	Direta
	% mulheres chefes de domicílio	Definido pelo percentual de mulheres chefes de domicílios em ausência do cônjuge ou companheiro	Direta
	% de agregados à família	Constitui-se no percentual de pessoas agregadas no domicílio em que, não sendo parente pensionista ou empregado, não pagava hospedagem ou nem contribuía para as despesas.	Direta

Fonte: Medeiros (2014), adaptado pelos autores (2022).

Como a maioria dos dados está em formato de percentagem e outros em diferentes formatos (média, variância e razão), fez-se necessário padronizar os indicadores de diferentes formatos considerando intervalos de 0,0 a 1,0 para menor e maior vulnerabilidade, enquanto os valores em percentagem apenas foram convertidos para número comum. Como alguns

indicadores possuem relação direta com a vulnerabilidade, ou seja, quanto mais baixo o valor atribuído ao indicador mais baixo o risco, para estes utilizou-se a equação (2). Já para os fatores com relação indireta, ou seja, quanto mais baixo o valor atribuído ao indicador mais alto o risco, para estes utilizou-se a equação (3).

$$Ips = \frac{Is - Imin}{Imax - Imin} \quad (2)$$

$$Ips = \frac{Is - Imax}{Imin - Imax} \quad (3)$$

Onde: **Ips** → valor padronizado do indicador 'i' no setor 's'; **Is** → valor original do indicador no setor; **Imax** e **Imin** → valor máximo e mínimo do indicador dentro do universo de setores.

Os fatores utilizados para avaliar o risco antrópico derivados do censo do IBGE foram tratados dentro do programa Microsoft Excel onde as variáveis foram normalizadas, padronizadas e ponderadas e, em seguida, foram somadas e aplicadas uma média (equação 4) gerando uma cartografia de síntese. Posteriormente, este dado foi ligado ao dado vetorial da malha censitária dentro da tabela de atributos no programa de sistema de informações geográficas Qgis, para poder representar espacialmente os dados. Em seguida, os dados dos setores censitários foram unidos às suas respectivas malhas vetoriais.

$$IRA = \frac{\sum_{i=1}^n Ips}{n} \quad (4)$$

Onde: **IRA** → Índice de risco antrópico; **n** → número total de indicadores; **Ips** → valor padronizado dos indicadores 'i' no setor 's'.

Os dados de risco antrópico foram, por fim, classificados em cinco classes igualmente distribuídas: risco muito baixo, risco baixo, risco intermediário, risco alto e risco muito alto. Com os mapas de risco natural e risco antrópico formulados, os dois foram submetidos novamente a uma cartografia de síntese com intuito de gerar uma média simples através de álgebra de mapas utilizando-se do método de integração booleana por aritmética simples. Este processo gerou o mapa de risco ambiental às inundações, que por sua vez, foi comparado através de uma sobreposição de mapas com os dados de incidência à DDA.

## Cartografia da espacialização da diarreia aguda

Buffon e Mendonça (2017) analisando de forma sistêmica os mecanismos fundamentais das implicações entre clima e doença diarreica aguda, indica as principais causas, consequências e soluções da problemática. Nos *inputs* (entrada de processos) existem o homem (hospedeiro), o clima (evento climático extremo) e o microorganismo (vetor de doença). Os atributos, que são aqueles que promovem o dinamismo dos elementos nos inputs, mostram fatores que podem intensificar o problema ou atenuá-lo e são: os modos de vida da população, a forma de urbanização e a implementação de políticas públicas (figura 3).

Figura 3 - Sistema Ambiental Urbano aplicado à análise da diarreia aguda.



Fonte: Buffon e Mendonça (2017).

Para atingir os objetivos da pesquisa no que compete a espacialização da DDA, foi realizada uma coleta de dados de atendimento à diarreia aguda extraída através da plataforma do SIVEP/DDA no DATASUS [Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (BRASIL, 2022)]. Os dados foram tabulados conforme dados de incidência absoluta por semanas epidemiológicas e foi calculada uma média entre o intervalo de tempo de janeiro/2017 e agosto/2022 distribuídas espacialmente por bairros.

Os dados adquiridos estão sob a forma de incidência absoluta, ou seja, estão em conformidade de casos totais registrados para cada semana epidemiológica que resultaram em 301 semanas epidemiológicas. Dessa forma, foi possível elaborar a incidência média de casos por semana para cada um dos bairros da zona urbana do município de Itapipoca. Após isso, estes dados puderam ser comparados com o mapa de risco ambiental a inundação e observar se havia ou não correlações.

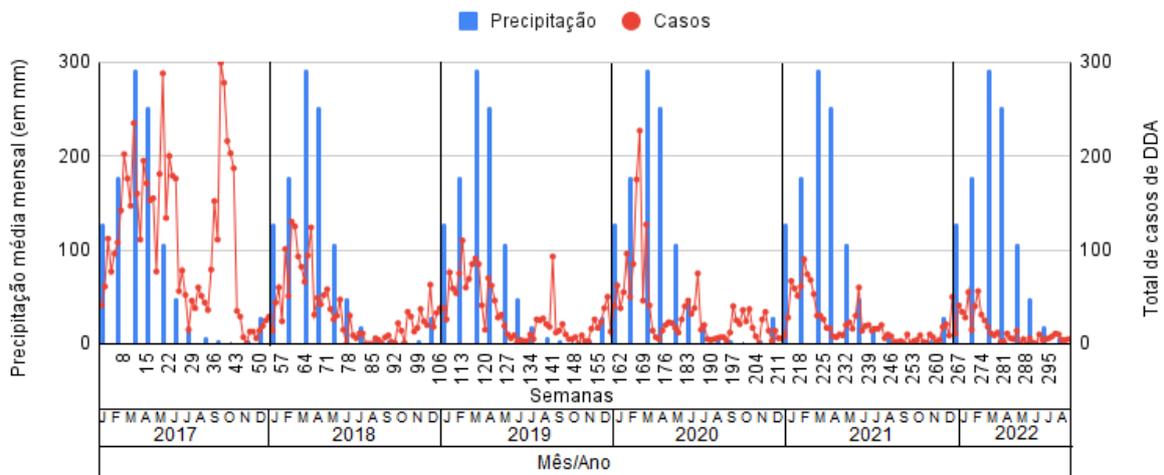
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação dos índices de incidência à diarreia aguda em Itapipoca

Observando a variação temporal dos índices de incidência da diarreia aguda na zona urbana de Itapipoca infere-se, a partir da organização dos dados das semanas epidemiológicas que, em geral, o aumento da DDA está condicionado a quadra chuvosa (janeiro, fevereiro, março e abril), o que pode ser observado considerando a distribuição dos dados de incidência combinados com a média pluviométrica mensal (Figura 4).

Figura 4 - Gráfico para a taxa de incidência combinada com os índices pluviométricos.

### Relação entre taxa de incidência de casos de doença diarreica aguda - DDA e precipitação média mensal



Fonte: BRASIL (2022); FUNCEME (2022). Organizado pelos autores (2022).

Apesar de, no geral, haver um período de queda na estação invernal (período seco), os dados demonstram que há casos em que a taxa de incidência é alta no inverno. Um dos principais motivos pode estar ligado a surtos. Um surto é classificado como registro acima do normal de doenças infectocontagiosas.

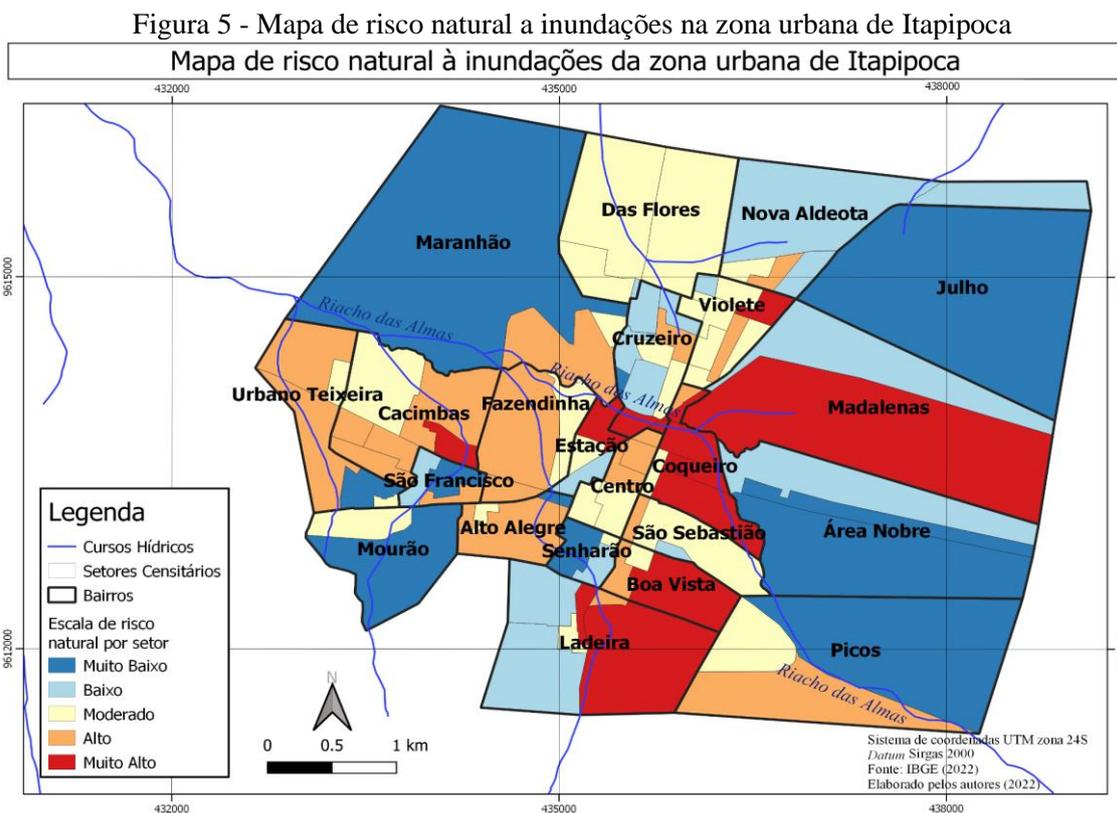
Conforme dados do boletim epidemiológico de surtos da Secretaria Executiva de Vigilância em Saúde e Regulação (CEARÁ, 2022), no Ceará em 2017 houve 37 registros de surtos, 2018 houve 20 surtos, 2019 houve 23 surtos, 2020 houve 9 surtos, 2021 houve 13 surtos e em 2022 não houve surtos (convém destacar que esta pesquisa foi finalizada no decorrer do ano de 2022). Estes surtos tendem também a influenciar as taxas de incidência, assim, anos nos quais ocorrem muitos surtos tendem também a ser anos com grandes taxas de incidência.

Outras explicações da literatura para a ocorrência do aumento de taxas fora do período chuvoso são variadas, para Buffon e Mendonça (2017), as férias escolares das crianças podem ter influência nos índices pois as crianças estão mais tempo expostas às ruas, e para Melli e

Waldman (2009), é reflexo de bactérias de transmissão oral-fecal no verão, e situações virais no período do outono.

### Análise dos mapeamentos de riscos natural e antrópico

O mapa de risco natural a inundações (figura 5) demonstra que os setores localizados mais ao centro e sul da sede urbana são os mais suscetíveis a eventos climáticos extremos, enquanto que as áreas periféricas possuem riscos mais baixos. As áreas centro e sul são aquelas que apresentam alta densidade demográfica e grande incidência de aglomerados subnormais que estão próximos ou em contato com as margens do principal riacho da cidade, o Riacho das Almas, e também outros. Com o forte crescimento urbano, estes cursos hídricos foram sendo suprimidos levando ao ponto de perceber paredes de casas e canos de esgotamento em contato direto com o curso fluvial.



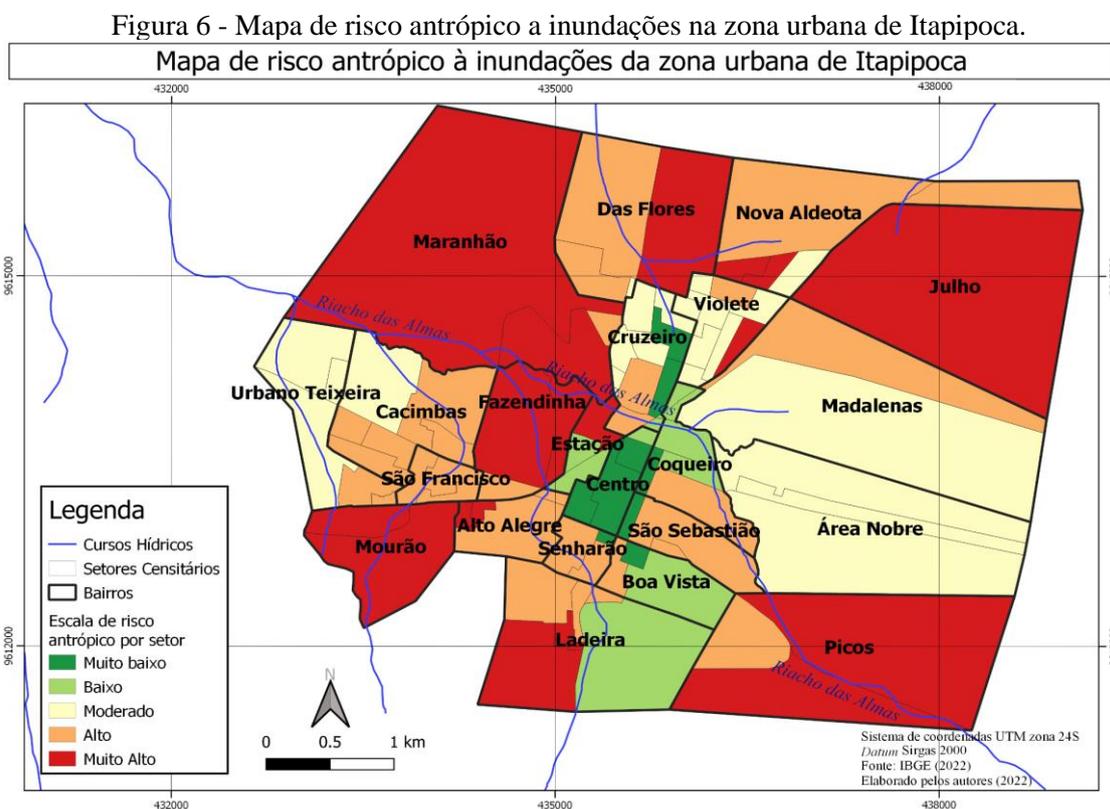
Fonte: Autores, 2022.

Os bairros de maiores índices de risco natural foram Coqueiro e Boa Vista. O primeiro se caracteriza pelo forte contato com os cursos d'água e pela alta taxa de impermeabilização do solo, ou seja, pela concentração de edificações e asfaltamento. O segundo, além de se localizar em uma zona de vales, fica adjacente a um açude denominado Açude da Nação,

dessa forma, também fica muito próximo a corpos hídricos tanto na forma de rios, quanto de açudes. Já em relação aos outros bairros denota-se um padrão onde as zonas periféricas possuem baixo risco por ter uma maior conservação das paisagens naturais, pois estão em processo de urbanização ou em baixo nível de urbanização, enquanto que as zonas de risco alto são aquelas onde prevalece sobretudo concentrações populacionais.

Porém, conforme preconiza Moura (2021) observando pontos específicos de risco a inundações baseados em *pixels*, os pontos de alto e muito alto riscos a inundações ocorrem ao longo de toda a zona urbana e que devido a isso, a análise a partir de setores censitários mascara alguns destes pontos mais específicos.

Já em relação ao mapeamento relativo ao risco antrópico (Figura 6), observa-se, em contrapartida, que as zonas periféricas são as zonas onde há uma maior suscetibilidade de risco antrópico à inundações devido aos baixos padrões de vida, baixo poder aquisitivo da população periférica e também baixo investimento em políticas públicas de saneamento e infraestrutura urbana a nível governamental, muitas dessas zonas possuem povoamento recente e a tendência é que esse crescimento se sobreponha aos recursos naturais gerando vulnerabilidades socioambientais. Bairros que são exemplos dessa dinâmica são: Das Flores, Maranhão, Mourão, Cacimbas e Julho.



Fonte: Autores, 2022.

Observa-se ainda que muitas vezes à montante dos corpos hídricos urbanos, à exemplo Riacho das Almas, há indicadores de alto risco antrópico, neste caso nos bairros Picos e Mourão, bairros que possuem baixos índices de acesso à água, esgoto/fossa e serviço de limpeza municipal. Estas características irão, posteriormente, recair sobre os corpos hídricos quando houver precipitação, portando contaminação a todo um sistema hídrico.

Há ainda indicadores de alta vulnerabilidade na região centro-oeste da sede municipal, esta região onde abarca o bairro Estação e Fazendinha são ainda pouco povoadas e onde há precariedade infraestrutural localizados adjunto do Riacho das Almas. Já os baixos índices dessa região estão no que dizem respeito a baixos índices de variância da renda média, alta média de moradores por domicílio e poucas famílias com renda média de até ½ salário mínimo, demonstrando que famílias carentes tendem a se expandir a estes lugares que muitas vezes são os mais baratos ou insalubres.

Em geral, os bairros localizados próximo ao Centro (porção centro-sul) têm condições infraestruturais e de moradia melhores, além do próprio bairro Centro, bairro Coqueiro e Boa Vista. Bairros periféricos ou bairros em expansão, são aqueles diagnosticados como os de condições de maior vulnerabilidade.

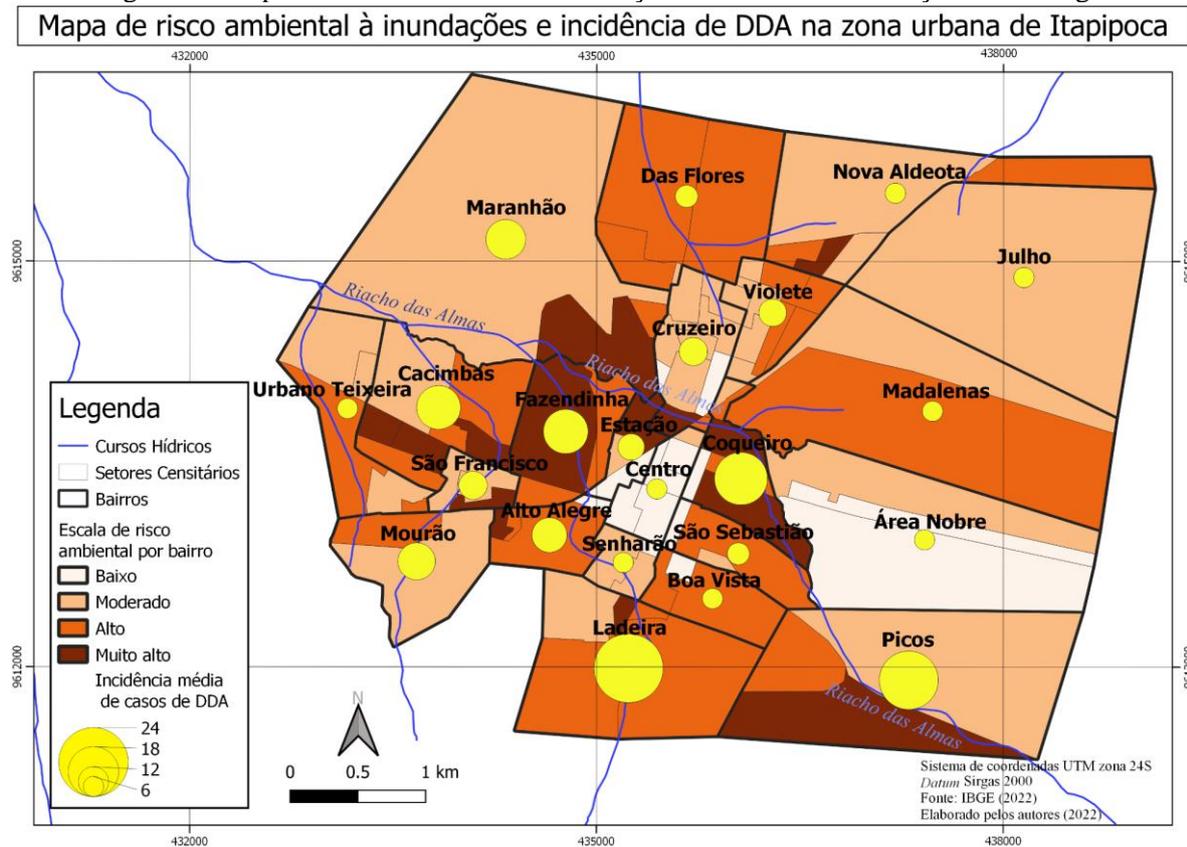
De maneira sucinta, explica um fenômeno comum nas zonas urbanas brasileiras, de que a periferia é aquele lugar onde as populações mais vulneráveis se localizam e se expandem. Perpetuando as segregações sociais, raciais, habitacionais e com políticas públicas que não são amplamente discutidas, gerando ambientes de exclusão ou camadas sociais, criando o que poderia se chamar de urbanização seletiva/desigual. Estas cidades médias, como Itapipoca, apesar de terem relevante autonomia econômica, jurídica e política e capacidade de polarizar o seu redor, abarcam os mesmos problemas de cidades de qualquer porte.

### **Diagnóstico de risco ambiental a inundações e suscetibilidade à ocorrência de DDA**

Reunindo os mapas de risco natural e risco antrópico formula-se o mapa de risco ambiental a inundações. Como ambos os mapas estão divididos em cinco hierarquias, o mapa de risco ambiental também assim está, porém, a classe muito baixa não foi registrada em nenhum setor censitário, dessa forma ficaram quatro hierarquias de risco: baixo, intermediário, alto e muito alto risco. Na zona urbana, as regiões que possuem maiores índices no que concerne ao risco ambiental a inundações são Picos, Ladeira, Alto Alegre, Fazendinha, Cacimbas, Coqueiro e Maranhão.

Observando o índice de risco ambiental com a espacialização da ocorrência de DDA (figura 7) se observa uma relativa conformidade do risco ambiental a inundações com a incidência da taxa de contaminação por DDA, e mais ainda, observa-se que os bairros que possuem corpos d'água também são aqueles mais atingidos por essa problemática. De mesmo modo, a metade sul do mapa, onde aglutinam-se maior parte da população, é onde concentram-se os maiores riscos ambientais à inundações e também maior incidência de casos de DDA.

Figura 7 - Mapa de risco ambiental às inundações e incidência à doença diarreica aguda.



Fonte: Autor, 2022.

A observância da correlação de total de casos de DDA e risco não teve os dados tendenciados pela densidade demográfica ou quantitativo populacional. Observa-se que alguns bairros que possuem grande povoamento, tais como os bairros Coqueiro, Fazendinha, Alto Alegre e Ladeira, por exemplo, tiveram ao mesmo tempo setores com altas taxas de incidência e altas taxas de risco, porém, este nem sempre é um padrão. Regiões pouco populosas como as áreas periféricas, tais como os bairros Picos e Maranhão tem setores com altos índices de incidência em um contexto de uma região menos populosa, indicando que não há relação entre proporção populacional e nível de risco ou taxa de incidência.

As regiões de expansão urbana, como os bairros das Flores, Julho, Nova Aldeota e Mourão, possuem setores onde prevalecem baixos índices socioeconômicos (alto risco antrópico), porém este índice se equilibra com o baixo risco natural a inundações em razão de uma notável conservação das paisagens naturais. Nesses casos, a discrepância entre os índices, o risco ambiental e a incidência de DDA só podem ser melhor discutidos ao serem visualizados de forma pontual e com observações em ida a campo.

A partir da análise da Figura 7 é possível inferir acerca de algumas causas e consequências, bem como tecer considerações a respeito dos níveis de risco ambiental a inundações para toda a zona urbana conforme investigações levantadas em campo entre agentes produtores do espaço e ambiente natural:

**Risco Muito Baixo:** identificam-se com esta classe os setores onde há pouca intervenção dos agentes produtores do espaço sobre áreas naturais, ou onde os indicadores socioeconômicos são bons ou ótimos. Dessa forma, os índices de risco à DDA são muito baixos, porém não são regiões isentas de risco, seja à eventos hidrológicos extremos, seja a suscetibilidade à DDA. Portanto, diante de um plano emergencial de risco é importante incluí-las para casos excepcionais de risco a inundações.

**Risco Baixo:** são setores onde já ocorre uma significativa intervenção humana nas paisagens naturais, como por exemplo, em zonas de expansão de ocupação urbana, ou ainda, prevalece nos setores onde a acessibilidade ao saneamento possui níveis adequados de acesso à saneamento, mas ainda não é completa. Por não ter ainda um nível excelente de saneamento, a exposição à DDA ainda é possível, seja por surto ou eventos adversos. Esses bairros precisam de atenção do poder público que deve intervir na campanha de acesso ao esgotamento sanitário e água potável, no intuito de otimizar a qualidade de vida.

**Risco Moderado:** são setores onde o nível de ocupação já atingiu um grau de formar grandes aglomerados e as paisagens naturais já estão em considerável grau de supressão. Neste nível, o poder público já deveria ter investido largamente no acesso ao saneamento, porém muitas vezes não ocorre, e quando ocorre, é de forma parcial. Dessa forma, a falta de higiene sanitária deixa de ser pontual e passa a ser difusa nestes setores, assim, os riscos à ocorrência à DDA são maiores podendo até, em casos de surtos, se espalhar rapidamente. Além das doenças de veiculação hídrica, a suscetibilidade a outros impactos derivados das inundações ou alagamentos já criam um ambiente de medo e insatisfação da população com a ausência do poder público.

**Risco Alto:** nestes setores, a conservação das paisagens naturais, como os canais hídricos e a vegetação, já se demonstra frágil, implicando potencial perigo de inundação. O

grau de ameaça demonstra uma devastação do meio natural em meio a uma alta taxa de urbanização que não leva em conta os elementos naturais, ou seja, são regiões onde a população é altamente vulnerável no quesito socioeconômico. Por serem regiões onde as inundações são potenciais e as populações vulneráveis, os riscos à DDA também são potenciais, dessa forma, essas localidades podem provocar o surgimento de surtos que podem polarizar para outras regiões, seja corporalmente, ou através de contaminação dos cursos hídricos. Nestas regiões, o poder público deve elaborar planos urgentes de controle a inundações como também deve melhorar a salubridade urbana do bairro.

**Risco Muito Alto:** observa-se em todas as hierarquias que as análises atingem como alvo final o saneamento básico. Nos setores de muito alto risco, estes índices de saneamento são bastante precários, a população residente tem baixíssimos indicadores sociais e econômicos o que as põe em situação de altíssima vulnerabilidade, além disso, os riscos a inundações também são críticos e periódicos, podendo haver também risco de enxurradas. O grau de ameaça merece atenção imediata dos órgãos públicos com soluções inteligentes e caracterização pontual de risco e uma posição de prioridade nos investimentos de políticas públicas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa multicritério adotou diversos parâmetros inerentes aos ambientes naturais e informações socioeconômicas buscando mapear de forma acurada os riscos à inundação. A utilização do número de casos foi imperiosa em indicar as incongruências relativas à relação entre densidade populacional e taxa de incidência, assim, bairros povoados e pouco povoados são analisados de forma imparcial. Apesar dos resultados, se aconselha buscar parâmetros censitários mais recentes já que estes resultados demonstram uma estruturação temporal de risco de meados de 2010, e também, recomenda-se em inovar na busca de outros parâmetros naturais e sociais que se adaptem ao risco a inundações em regiões tropicais semiáridas. Sublinha-se ainda a percepção da problemática de que também muitas regiões podem não demonstrar claramente a incidência, tendo em vista que muitas famílias não procuram os centros de saúde quando há suspeita da doença.

Cabe destacar a importância da preservação das matas de várzea e as adjacências de riachos como essencial para a estabilidade dos ciclos hidrológicos naturais de modo a não afetar a população próxima. Grande parte das soluções perpassa em políticas de limpeza de drenagem urbana regular, pois os leitos acabam sofrendo processo de assoreamento ou se tornam poluídos com o tempo, além de introduzir intervenções estruturais nas áreas de maior

risco com construções de, por exemplo, bacias de infiltração, bacias de retenção, educação ambiental e conservação das matas de galeria ainda residuais nos corpos hídricos. A solução destes problemas implica diretamente na economia de dinheiro público ao reduzir o número de pacientes com DDA e outras doenças de veiculação hídrica nas filas da rede hospitalar, postos de saúde (PSF) e UPAs (Unidades de Pronto Atendimento).

E por fim, compreende-se que esse trabalho possa servir de base para futuros projetos que possam envolver manutenção de sistemas de drenagem, reservatórios de amortecimentos, parques de áreas verdes, ou qualquer outro projeto que venha a minimizar os problemas de inundação decorrentes do processo e expansão da urbanização dentro do município de Itapipoca ou em qualquer outra cidade.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, C. C.; CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de; CREPANI, E.; NOVO, E.; CORDEIRO, J. P. C. Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n. 9, 1998, Santos/SP. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 18 set. 1998, p. 487-500.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Banco de dados do Sistema Único de Saúde - DATASUS, Informações de Saúde, Rede assistencial, Sistema Informatizado de Vigilância Epidemiológica de Doenças Diarreicas Agudas**. 2022. Disponível em: <<http://sivepdda.saude.gov.br/>>. Acesso em: 18 set. 2022.

BUFFON, E. A. M.; MENDONÇA, F. A. Análise integrada da vulnerabilidade à diarreia aguda em Curitiba. **Confins - Revista Franco-Brasileira de Geografia**. São Paulo, v. 4, n. 33. 2017. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/12610>>. Acesso em: 18 set. 2022.

CEARÁ. Secretaria Executiva de Vigilância em Saúde e Regulação (SEVIR). Secretaria da Saúde. **Boletim Epidemiológico: doenças diarreicas agudas (DDA) e doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA)**. 2022. Disponível em: [https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2018/06/Boletim\\_DDA\\_020322.pdf](https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2018/06/Boletim_DDA_020322.pdf). Acesso em: 18 set. 2022.

FERREIRA, A. Geomorfologia e ambiente, contributo metodológico. In: Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia, Porto, n. 2, v.2, 1993, **Anais...** Porto: Universidade de Porto, Out. 1997, p. 1075-1080.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2010: Características da população e dos domicílios - resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE. 2011. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>>. acesso: 19 set. 2022.

\_\_\_\_\_. **Perfil dos Municípios Brasileiros: 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

MEDEIROS, C. B. **Vulnerabilidade Socioambiental do Município de Caucaia (CE): Subsídios ao Ordenamento Territorial**. 2014. 267p. Tese (Doutorado em Geografia). Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

MELLI, L. C. F. L.; WALDMAN, E. A. Tendência temporal e desigualdades na mortalidade por diarreias em menores de 5 anos. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 1, p. 7-21, fev. 2009.

MENDES, Y. S.; RIBEIRO, V. O.; FILHO, A. C. P.; GALBETTI, T. A. S. Álgebra de mapas na elaboração da carta de risco a inundação. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 43,

n.2, p. 349-362, 2020.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. 1976, 181p. Tese (Livre Docência), Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 1976.

\_\_\_\_\_. A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. **Geosul**, Florianópolis, v.1, n.9, p. 80-114, jan. 1990.

MOURA, L. F. S. **Uso do SIG na análise do risco de inundação no município de Itapipoca - CE**. 2021. 35f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

VAZQUEZ, M. L.; MOSQUERA, M.; CUEVAS, L. E.; GONZALEZ, E. S.; VERAS, I. C. L.; LUZ, E. O.; BATISTA FILHO, M.; GURGEL, R. Q. Incidência e fatores de risco de diarreia e infecções respiratórias agudas em comunidades urbanas de Pernambuco, Brasil. **Caderno Saúde Pública**, São Paulo, v. 1, n. 15, p. 163-172, 1991.