

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NA EROSÃO DOS SOLOS EM PAÍSES TROPICAIS E SUBTROPICAIS

CLIMATE CHANGE AND ITS IMPACTS ON SOIL EROSION IN TROPICAL AND SUBTROPICAL COUNTRIES

CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS IMPACTOS EN LA EROSIÓN DEL SUELO EN PAÍSES TROPICALES Y SUBTROPICALES

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LEURS IMPACTS SUR L'ÉROSION DES SOLS DANS LES PAYS TROPICAUX ET SUBTROPICAUX

Leonardo dos Santos Pereira¹

Gabriel Amorim Thaumaturgo da Silva²

Yuri Luis Sena de Amorim³

Antônio José Teixeira Guerra⁴

1 Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/UFRJ) e Professor da Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro (SME-RIO). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8389-9933>. E-mail: leosgeo@gmail.com.

2 Mestrando em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG/UFRJ). ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3686-4153>. E-mail: gabriel.thaumaturgo@gmail.com.

3 Graduando em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e estudante de iniciação científica da FAPERJ. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0638-4826>. E-mail: yurilsena24@gmail.com.

4 Doutor em Geografia pela Universidade de Londres (Inglaterra) e Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2562-316X>. E-mail: antonioguerreiro@gmail.com.

Introdução

A erosão dos solos é um processo ambiental natural estudado por vários grupos de pesquisas do mundo, devido a sua elevada relação entre os elementos humanos e naturais que compõem o espaço geográfico. Entre os tipos de processos erosivos de maior impacto negativo em países de zonas tropicais, pode-se afirmar que a hídrica é uma das principais que atenua essa problemática. Destaca-se, entretanto, a ação antrópica na intensificação dos processos hidroerosivos, a depender do tipo de uso e manejo dos solos (Quiquerez *et al.*, 2008; Guerra *et al.*, 2017; Pereira *et al.*, 2022; Guerra *et al.*, 2023).

Entender a relação entre o solo e o clima é fundamental para compreender os principais agentes ambientais responsáveis pela erosão e deposição das partículas arrastadas. Quando se trata de ambientes de clima quente e úmido, observa-se que os processos envolvidos na erosão são agravados, principalmente em áreas que não possuem adequado planejamento e gestão das atividades sociais e dos sistemas ambientais (Bryan, 2000; Vezzani; Mielniczuk, 2011; Guerra; Loureiro, 2023).

Jiang *et al.* (2024) e Sanjeevani *et al.* (2024), ao pesquisarem a relação entre os efeitos das mudanças climáticas e os processos atuantes nos solos, comprovaram alterações nas propriedades físico-químicas nesse sistema, principalmente no estoque de carbono orgânico em zonas úmidas e em áreas de maior gradiente de inclinação. Trata-se de uma problemática que influencia em maior *input* de matéria e energia no solo devido a maior frequência e intensidade de eventos pluviométricos, em áreas com maior propensão a processos hidroerosivos.

Tendo como enfoque o território brasileiro, dados do Centro de Previsão Climática da Administração Oceânica e Atmosférica (NOAA), dos Estados Unidos, destacou que o fenômeno El Niño demonstrou forte atividade desde junho de 2023, indicativo de período com suas atividades mais intensas, o que reverbera em impactos climáticos e humanos mais rigorosos. Os dados indicavam chances de 56% de um El Niño forte e de 84% de um moderado, o que influencia diretamente nas dinâmicas socioambientais a nível nacional, aumentando ondas de calor na região Sudeste brasileira, as secas no Norte e na maior umidade no Sul (Figura 1). Fato esse que deixou o estado do Rio Grande do Sul em grave crise climática, devido às intensas chuvas e cheias dos rios, provocando sérios impactos na organização social de diversos municípios do estado (FAPESP, 2023; FAPESP, 2024).



Fonte: Modificado de NCEP Climate Prediction Center (FAPESP, 2023).

Figura 1. Efeitos do El Niño no Brasil.

Segundo Côrtes (2024), os motivos climáticos que culminaram nas tragédias do Rio Grande do Sul são as frentes frias, umidade oceânica e uma barreira de alta pressão. A elevada pressão atmosférica atuante na região Centro-Sul do Brasil impede a passagem das frentes frias em direção ao Norte. A junção desses elementos fez com que chovesse em 10 dias, entre 24 de abril e 4 de maio de 2024, 28% (420 mm) do esperado para o ano inteiro (1500 mm). Acrescido a esses fatores naturais, a falta de planejamento e gestão urbana dos municípios do estado influenciaram na maior magnitude do desastre social, impactando em várias mortes, muitos desaparecidos e feridos; a longo prazo, problemas relacionados a doenças e desabrigados.

Observa-se, desse modo, relação direta entre a maior frequência e magnitude da força cinética da chuva e o seu grau de erosividade (capacidade em causar erosão), principalmente em solos mais frágeis, depauperados por falta de manejos e usos adequados. Estes solos apresentam maior suscetibilidade à erodibilidade (propensão ao processo erosivo), visto a menor complexidade de seu sistema em absorver matéria e energia devido a seus elementos e atributos físicos e químicos estarem degradados (Wischmeier *et al.*, 1971; Wischmeier; Smith, 1978; Morgan, 2005; Guerra, 2017; Guerra *et al.*, 2023).

Assim, a estabilidade dos agregados, permeabilidade dos solos, acidez e porcentagem de matéria orgânica, por exemplo, são parâmetros que indicam o grau de resistência e resiliência de um sistema, pois auxiliam no processamento de matéria e energia do mesmo (Christofolletti 1999; Bertoni; Lombardi Neto, 2010; Vezzani; Mielniczuk, 2011; Pereira *et al.*, 2022).

Portanto, os fenômenos El Niño e La Niña, que provocam alterações nos sistemas atmosféricos e oceânicos do pacífico, demonstram relação direta na intensidade dos processos hidroerosivos. Lee *et al.* (2023), ao analisarem a intensidade erosiva das chuvas nos Estados Unidos, associada às variações climáticas em grande escala causadas pelo El Niño, constataram que, nesses períodos e nas latitudes médias, as precipitações possuem maior grau de erosividade. Assim, áreas mais vulneráveis e susceptíveis à erosão de solos, como ambientes de menor cobertura vegetal, ou sem adequado planejamento ambiental, podem apresentar maior índice de erodibilidade dos solos, devido ao maior grau de erosividade provocada pelas variações climáticas que potencializam o El Niño.

Para a mitigação dessa problemática que impacta os distintos espaços do planeta, principalmente a manutenção dos espaços agricultáveis e a segurança das populações que vivem em áreas de risco, as cidades devem ser pensadas de forma integrada e sem desconsiderar os impactos dos fenômenos e sistemas naturais. Logo, a organização e produção do espaço tem que estabelecer um equilíbrio entre as diversas formas de expressões sociais e os distintos níveis de grau de liberdade do funcionamento dos sistemas ambientais, a fim de se criar cidades inteligentes.

O presente capítulo, portanto, visa aprofundar a discussão das consequências das mudanças climáticas na potencialização dos agentes erosivos em áreas urbanas, sistematizando as causas e consequências desses processos de modo conceitual e teórico. Também se destacam os processos envolvidos na intensificação de voçorocamento na cidade de Buriticupu (MA). Por fim, destaca-se a importância da criação de cidades inteligentes para se pensar novas formas de organização e planejamento territorial e ambiental, como alternativa de enfrentamento a essa nova realidade socioambiental provocada pelas alterações do clima.

Mudanças climáticas e a potencialização dos processos erosivos urbanos

Os impactos causados pelas mudanças climáticas são percebidos ao redor do mundo, especialmente em países tropicais e subtropicais, onde os efeitos podem ser mais intensificados em decorrência dos elevados índices pluviométricos. Em ambientes urbanos e rurais, a aceleração dos processos erosivos é um impacto resultante da complexa interação das mudanças climáticas e das ações humanas. Desse modo, uma vez que o sistema solo possui grande capacidade de estocar carbono orgânico, tipos de manejos e usos inadequados desse recurso, atrelados às chuvas intensas e frequentes, desagregam com maior facilidade a sua estrutura, prejudicando o sequestro de carbono atmosférico e aprofundando os problemas climáticos (Lal, 2018; ONU, 2019; Lee *et al.*, 2023).

O Relatório Mudanças Climáticas e Terras (IPCC, 2019) e o 6º Relatório de Avaliação (IPCC, 2023) apontam que, caso não haja a redução necessária da emissão de gases do efeito estufa, teremos aumento na recorrência de eventos climáticos extremos, tanto em intensidade quanto frequência. Isto é, a ocorrência de eventos climáticos extremos em curto

intervalo de tempo, associado às áreas desmatadas, urbanizadas e impermeabilizadas, irá provocar diferentes impactos socioambientais, como a aceleração dos processos erosivos, a degradação dos solos, a ocorrência de inundações, enchentes e movimentos de massa (Li; Fang, 2016; Eekhout *et al.*, 2018; Ohba; Sugimoto, 2018; Eekhot; Vente, 2019; Duan *et al.*, 2020; Guerra *et al.*, 2023).

Para Cortese *et al.* (2023), a maior parte da população que vive em áreas cada vez mais urbanas, sentirá os impactos desencadeados pelas mudanças climáticas, sobretudo em áreas com a maior concentração de grupos sociais vulneráveis, contribuindo, assim, para o aumento das disparidades socioespaciais nas cidades.

A erosão dos solos é caracterizada como um fenômeno natural, com ocorrências ao redor do mundo, onde possui a capacidade de degradar os solos e modificar drasticamente as paisagens em diferentes escalas. Portanto, é considerada um grande problema ambiental para diferentes países (Jorge; Guerra, 2013; Jiang *et al.*, 2019; Borrelli *et al.*, 2020; Bhattacharya *et al.*, 2020). Além disso, a degradação dos solos poderá atingir níveis irreversíveis para a recuperação, onde grandes hectares de solo podem ser perdidos (Morgan, 2005; Andrade; Freitas, 2018; Bartley *et al.*, 2020; Guerra *et al.*, 2020; Masroor *et al.*, 2022).

A erosão hídrica, frente aos diferentes agentes erosivos, é considerada a mais intensa e sua ocorrência abrange quase toda a superfície terrestre do planeta (Guerra, 2015; Guerra *et al.*, 2015; Santos, 2017; Guerra *et al.*, 2023). Para Guerra (2015), os processos erosivos por ação da água tendem a ser agravados em países tropicais, em decorrência do elevado índice pluviométrico e o acúmulo de precipitação em determinadas estações do ano.

O crescimento desordenado das áreas urbanas promove a retirada da cobertura vegetal para novas ocupações, bem como a pavimentação dos solos para abertura de novas estradas e empreendimentos, desencadeando, assim, a impermeabilização dos solos e conseqüentemente a redução das taxas de infiltração. Contudo, a redução da taxa de infiltração provocará uma sobrecarga no sistema de drenagem, pois aumentará o escoamento superficial e o fluxo de sedimentos, podendo desencadear o assoreamento da rede de drenagem e possíveis focos de enchentes e inundações, além de novos processos erosivos, como a formação de voçorocas, que causam grandes impactos na sociedade (Carvalho *et al.*, 2006; Christofolletti, 2021).

Para Carvalho *et al.* (2016), os processos erosivos são agravados pelo crescimento repentino da população urbana, sem a adoção de planejamento e infraestrutura urbana para a população. Ademais, Guerra (2011) aponta que, o desmatamento atrelado ao crescimento urbano, tende a acelerar os processos erosivos, podendo desencadear impactos e desastres socioambientais, com perdas de vidas e prejuízos materiais, sociais, culturais, entre outros.

Os processos erosivos causam diferentes impactos ambientais e sociais, com ocorrências no próprio local (*onsite*) e em áreas afastadas (*offsite*). Como impactos *onsite*, compreende-se a diminuição da fertilidade dos solos e sua redução da capacidade de retenção de água, entre outros fatores. Em contrapartida, os impactos *offsite* estão associados ao escoamento superficial e o transporte de sedimentos até áreas mais

afastadas da feição erosiva, sendo depositadas em reservatórios, lagos e rios, provocando o assoreamento, além da deposição em áreas agrícolas, ocasionando, também, impactos negativos ao meio ambiente (Guerra; Mendonça, 2007; Fullen; Catt, 2004; Jorge; Guerra, 2013; Guerra *et al.*, 2023).

A cidade de Buriticupu (MA) e o impacto das mudanças climáticas na erosão urbana

A cidade de Buriticupu, localizada no estado do Maranhão, vem sofrendo com o avanço da erosão urbana e com o desenvolvimento de grandes voçorocas. Com as mudanças climáticas em curso e o aumento da recorrência de eventos meteorológicos extremos, sejam em magnitude e frequência, podem acelerar os processos erosivos existentes na cidade. Para Campos (2019), o aumento das médias de precipitação pode superar a capacidade de infiltração do solo, desenvolvendo a formação de poças e o escoamento superficial, podendo gerar ravinas e voçorocas e, conseqüentemente, grandes impactos ambientais para a cidade.

De acordo com os estudos de Marcelino *et al.* (2019) e Campos (2019), a origem das voçorocas em Buriticupu está relacionada a diferentes processos erosivos, sejam por fatores naturais, mas também influenciados por ações antrópicas. Com relação aos fatores naturais, a cidade está localizada em um solo com alto teor de areia e silte, onde há redução da formação de agregados e, conseqüentemente, o aumento do processo erosivo. Além disso, há influência do aumento das médias de precipitação, que aceleram os processos erosivos (Campos, 2019).

Entretanto, os processos erosivos existentes estão sendo acelerados por influência de ações antrópicas. Em Buriticupu, a cobertura vegetal tem sido retirada para dar espaço às práticas agropecuárias, além da impermeabilização dos solos para a pavimentação de vias e construções, que provocam mudanças no escoamento superficial (Marcelino *et al.*, 2019; Campos, 2019).

Além disso, Campos (2019) aponta que o arruamento irregular do bairro Santos Dumont e a falta de estruturas de drenagem, são os principais agravantes dos processos erosivos existentes na voçoroca do bairro. De acordo com os estudos feitos, o bairro está localizado em um terreno de menor declividade em comparação a rodovia principal, onde o arruamento do bairro está perpendicular à rodovia principal. Com isso, há uma convergência do escoamento superficial para o interior do bairro, indo em direção à cabeceira da voçoroca e acelerando os processos erosivos (Figura 2).



Foto Antônio Guerra (2023).

Figura 2. Voçoroca na cidade de Buriticupu, tendo chegado a um estágio de difícil recuperação, devido à sua profundidade que, em alguns pontos, chega a 80 metros.

A voçoroca analisada nos estudos de Campos (2019), apresentava $\cong 420$ metros de comprimento no ano de 2019 (Figura 3). Entretanto, ao visualizá-la no *software Google Earth Pro* em 2024, percebe-se que a cabeceira da voçoroca recuou $\cong 67$ metros (Figura 4), apresentando agora $\cong 467$ metros de comprimento, onde permanece com o avanço em direção ao bairro, engolindo casas e ruas, em decorrência da influência do escoamento superficial proveniente do arruamento irregular existente (Figura 2).



Fonte: *Google Earth Pro* (2024).

Figura 3. Dimensões da voçoroca no bairro Santos Dumont (MA) em 2019.



Fonte: *Google Earth Pro* (2024).

Figura 4. Dimensões da voçoroca no bairro Santos Dumont (MA) em 2024.

Com o avanço dos processos erosivos da voçoroca, há o desencadeamento de impactos *onsite* e *offsite*. Como pode ser visto nas Figuras 2, 3 e 4 e de acordo com as obras de Marcelino (2019) e Campos (2019), uma grande quantidade de sedimentos são carregados para o rio Buritizinho, onde desencadeiam diferentes problemas ambientais e sociais, caracterizados como impactos *offsite*. No ponto de vista ambiental, os autores apontam problemas como o assoreamento do rio Buritizinho e seus afluentes, igarapés, dos açudes da cidade, entre outros corpos hídricos com sedimentos oriundos das voçorocas. Do ponto de vista social, os impactos estão relacionados às atividades desenvolvidas nos rios, como a utilização para a recreação, comércio e lavagem de roupas.

Por outro lado, há também os impactos *onsite*, que ocorrem diretamente na feição erosiva. Na voçoroca do bairro de Santos Dumont, está relacionado a perda de nutrientes do solo, a destruição de ruas, plantações, casas e perda de vidas humana.

No contexto brasileiro, Salomão (2015) aponta que a maioria das cidades estão estabelecidas em áreas de solo arenoso e rasos, onde sofrem com o aumento significativo da erosão, com a formação de ravinas e voçorocas, influenciadas pelo acúmulo de águas pluviais e a falta de infraestrutura urbana básica nas cidades, como é o caso da cidade de Buriticupu, apontada pelos estudos de Marcelino *et al.* (2019) e Campos (2019).

Cidades Inteligentes: resiliência urbana e adaptação às mudanças climáticas

A temática de Cidades Inteligentes está cada vez mais em foco, onde termo começou a ser debatido nos anos 90, com a finalidade de conceituar o fenômeno de desenvolvimento urbano ligado à tecnologia, inovação e globalização, especialmente na perspectiva econômica (Rizzon *et al.*, 2017).

Não há um acordo claro sobre a definição de “Cidades Inteligentes”, entretanto, alguns estudos apontam que o conceito trata de novas tecnologias e suas aplicações no ambiente urbano (Kuikkaniemi *et al.*, 2011; Lui; Petarnella, 2020; Divino; Magalhães, 2024).

Em Albino *et al.* (2015), o autor destaca que uma cidade inteligente pode apresentar diferentes facetas, onde levará em conta o bem-estar das comunidades e a introdução das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs).

Já Dameri (2013), estabelece que as Cidades Inteligentes são definidas por uma área geográfica consolidada, onde o bem estar da população, envolvendo inclusão, participação, qualidade ambiental, desenvolvimento inteligente, originam-se a partir da cooperação entre as tecnologias de informação e comunicação (TICS), a logística, a produção de energia, entre outras variáveis que podem ser inseridas na discussão do conceito.

No Brasil, a definição de Cidades Inteligentes, é apresentado na Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (Brasil, 2021), elaborado pela Secretaria Nacional de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano (SMDRU), atual Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana do Ministério das Cidades. De acordo com a Carta, as Cidades Inteligentes são definidas como:

Cidades comprometidas com o desenvolvimento urbano e a transformação digital sustentáveis, em seus aspectos econômico, ambiental e sociocultural, que atuam de forma planejada, inovadora, inclusiva e em rede, promovem o letramento digital, a governança e a gestão colaborativas e utilizam tecnologias para solucionar problemas concretos, criar oportunidades, oferecer serviços com eficiência, reduzir desigualdades, aumentar a resiliência e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas, garantindo o uso seguro e responsável de dados e das tecnologias da informação e comunicação (Brasil, 2021, p. 14).

Portanto, esta obra está baseada na definição proposta pela Carta Brasileira para Cidades Inteligentes, onde buscaremos discutir as ferramentas necessárias para o desenvolvimento urbano e a resiliência nas cidades, tendo em vista as mudanças climáticas e o aumento da recorrência dos eventos extremos.

A construção de uma cidade resiliente requer integração entre governo, instituições públicas e privadas, bem como a participação de cada cidadão. Cabe destacar que, a gestão de riscos de desastres não é uma responsabilidade apenas da Defesa Civil, mas

sim, da sociedade, onde envolve agentes da universidade, setor público e privado, e a própria população (UNISDR, 2022; CEPED PR, 2010).

Com o aumento de desastres ocorridos em diferentes partes do mundo e os estudos voltados para a reconstrução das áreas atingidas, o conceito de resiliência passou a ser empregado como a habilidade de um cidadão ou comunidade, em se restabelecer após vivenciar situações de crise (como o impacto das inundações e dos movimentos de massa), buscando se fortalecer e se aprimorar em relação ao estado anterior à crise, agindo para minimizar os fatores de vulnerabilidade que aumentam a exposição aos riscos de desastres (CEMADEN, 2020).

Contudo, de acordo com o Escritório das Nações Unidas para a Redução dos Riscos de Desastres (UNISDR), a resiliência pode ser descrita como a capacidade de um sistema (comunidade ou sociedade), diante de situações de perigo, de resistir, absorver, adaptar e se recuperar dos efeitos de uma ameaça de forma rápida e eficiente (UNDRR, 2022).

De acordo com Silva *et al.* (2020), o planejamento urbano ambiental converge para a construção de cidades resilientes, integrando aspectos sociais, ambientais e econômicos. Essa abordagem visa estabelecer estratégias de preservação, prevenção e mitigação, buscando melhorar a qualidade de vida em diferentes contextos locais. A interseção entre sociedade, meio ambiente e parâmetros econômicos determina alternativas para lidar com questões pré-existentes e emergentes, com o objetivo de promover a resiliência urbana e a sustentabilidade.

A integração da resiliência na gestão de riscos e desastres fortalece as perspectivas de desenvolvimento contínuo e sustentável das cidades. Isso ocorre ao estabelecer novas metas que não apenas abordam a resposta durante os desastres, mas também priorizam o planejamento preventivo e a reconstrução das cidades (ONU, 2012; Ferreira *et al.*, 2023).

As circunstâncias de alterações ambientais colocam em alerta a necessidade de formular planos e projetos de governança ambiental nas cidades brasileiras. Para Samed e Gonçalves (2017), os eventos que causam desastres, necessitam de estratégia bem delimitada e devem ser operacionalizadas logo após o início das intercorrências, englobando a preparação, a tomada de decisão e a resposta ao evento.

A fim de implementar o alinhamento das estratégias e operacionalização após as intercorrências, surge a iniciativa Construindo Cidades Resilientes - MCR 2030 (UNDRR, 2020).

A MCR 2030 busca garantir que as cidades se tornem seguras, resilientes e sustentáveis até 2030, buscando atender o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11), que visa “Desenvolver cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”. A iniciativa possui três objetivos estratégicos que ajudam no desenvolvimento de cidades resilientes, sendo visualizadas no Quadro 1.

Quadro 1. Objetivos Estratégicos da iniciativa Construindo Cidades Resilientes 2030.

1. Melhorar a compreensão das cidades sobre o risco, e garantir seu compromisso com a redução do risco de desastres locais e resiliência;
2. Fortalecer a capacidade das cidades em desenvolver estratégias/planos locais para aumentar a resiliência;
3. Apoiar as cidades na implementação de estratégias/planos locais para aumentar a resiliência.

Fonte: Modificado de MCR2030 (2020).

Diante do exposto, iremos trabalhar a partir do segundo objetivo estratégico da MCR 2030, que tem por finalidade desenvolver ferramentas necessárias para o desenvolvimento urbano, a fim de reduzir os riscos e aumentar a resiliência urbana. Portanto, a seguir, discutiremos as ferramentas utilizadas em diferentes cidades, que implementaram a iniciativa “Construindo Cidades Resilientes 2030”. Para isso, todas as partes interessadas devem estar conscientes e bem informadas sobre esses riscos, a fim de promover melhor prevenção, preparação e resposta.

Diante do exposto, é importante que as cidades tenham acesso a ferramentas de análise e monitoramento dos riscos (Tominaga, 2015; CEMADEN, 2020). A fim de aprimorar o estudo de caso sobre os impactos da erosão urbana (voçoroca) na cidade de Buriticupu (MA), apresentaremos três ferramentas e seus exemplos de sucesso, que podem ser implementadas para colaborar na prevenção, preparação e respostas aos impactos oriundos das voçorocas, tendo em vista o avanço dos eventos extremos de precipitação.

A primeira ferramenta utilizada é a infraestrutura verde, que promove a conservação estratégica por meio da identificação, proteção e manejo de redes interconectadas de espaços verdes. Essas redes sustentam funções naturais essenciais enquanto proporcionam benefícios às pessoas.

O conceito de infraestrutura verde ressalta a necessidade de implementar planos sustentáveis de uso do solo em bairros, cidades e estados. Ela facilita um processo colaborativo para identificar valores e objetivos comuns, orientando a tomada de decisões sobre o uso da terra. A infraestrutura verde é fundamental para a manutenção e o crescimento sustentável das comunidades (Vasconcellos, 2015; Guerra *et al.*, 2023).

A infraestrutura verde pode ser usada como estratégia para a redução dos efeitos de ilha de calor urbano, realizando o resfriamento por evapotranspiração e assombramento que ajudam na manutenção de corredores com o ar frio. Também pode ser utilizada como reguladoras da qualidade e quantidade das águas que infiltram nos solos, para armazenar e drenar as águas oriundas do escoamento superficial, reduzindo os riscos a inundações; além de reduzir os impactos dos processos erosivos, em decorrência da adoção de cobertura florestal (Samora-Arvela *et al.*, 2016).

Após o desastre ocorrido em Nova Friburgo, em janeiro de 2011, quando a Região Serrana do Rio de Janeiro foi atingida por fortes chuvas que causaram uma série de desastres socioambientais, a infraestrutura verde foi considerada uma solução essencial para problemas

de drenagem. Implementar seus conceitos e soluções em Nova Friburgo tornou-se uma necessidade urgente para prevenir tragédias semelhantes no futuro (Vasconcellos, 2015).

Por conseguinte, o Centro de Operações Rio (COR), também é um exemplo de ferramenta utilizada para o planejamento das etapas de prevenção, mitigação e respostas. É um complexo de controle localizado na zona central da cidade do Rio de Janeiro que reúne representantes de mais de 30 agências e secretarias, responsáveis por monitorar em tempo real, o funcionamento da cidade por meio de centenas de câmeras espalhadas por bairros (Quadro 2).

Quadro 2. Estágios Operacionais da Cidade do Rio de Janeiro.

ESTÁGIOS	QUANDO:	IMPACTO:
1	Não há ocorrências que provoquem alteração significativa no dia a dia do carioca. Não foram identificados fatores de risco de curto prazo que impactem a rotina da cidade.	Sem ou com pouco impacto para a fluidez do trânsito e das operações de infraestrutura e logística da cidade.
2	Risco de haver ocorrências de alto impacto na cidade, devido a um evento previsto ou a partir da análise de dados provenientes de especialistas. Há ocorrência com elevado potencial de agravamento.	Ainda não há impactos na rotina da cidade, mas os cidadãos devem se manter informados.
3	Uma ou mais ocorrências estão impactando a cidade. Há certeza de que haverá ocorrência de alto impacto, no curto prazo.	Pelo menos uma região da cidade está impactada, causando reflexos relevantes na infraestrutura e logística urbana, e afetando diretamente a rotina da população (ou de parte dela).
4	Uma ou mais ocorrências graves impactam a cidade ou há incidência simultânea de diversos problemas de médio e alto impacto em diferentes regiões da cidade. Os múltiplos danos e impactos causados começam a extrapolar a capacidade de resposta imediata das equipes da cidade.	Uma ou mais regiões estão impactadas, causando reflexos graves / importantes na infraestrutura e logística urbana, e afetando severamente a rotina da população (ou de parte dela).
5	Uma ou mais ocorrências graves impactam a cidade ou há incidência simultânea de diversos problemas de médio e alto impacto em diferentes regiões da cidade. Os múltiplos danos e impactos causados extrapolam de forma relevante a capacidade de resposta imediata das equipes da cidade.	Uma ou mais regiões estão impactadas, causando reflexos graves / importantes na infraestrutura e logística urbana, e afetando severamente a rotina da população (ou de parte dela).

Fonte: Modificado de cor.rio (2024).

O COR foi projetado para ser um centro de comando e controle, de modo que fosse possível monitorar a cidade a partir de câmeras, instaladas em áreas suscetíveis às inundações, movimentos de massa, além do monitoramento das vias urbanas e de locais que servem para a realização de grandes eventos (COR-RIO, 2024).

O Centro de Operações - COR foi estabelecido com o propósito de atuar em duas frentes, com papel importante na atuação da operação e gerenciando das atividades cotidianas da cidade, e como centro de emergência, agilizando a tomada de decisões e promovendo a colaboração entre agências e secretarias, especialmente em situações críticas. Nos primeiros anos de funcionamento, a cidade do Rio de Janeiro avançou na agenda do urbanismo inteligente (Angelidou, 2014).

E, por fim, a terceira ferramenta modelo são os Sistemas de Alerta e Alarme. Em 2011, o Estado do Rio de Janeiro enfrentou uma grande tragédia causada por chuvas torrenciais. Após o ocorrido, o governo federal criou o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN. O órgão é responsável pela coleta de dados oriundos de radares meteorológicos, entre outras ferramentas espaciais, servindo como base para o planejamento de ações para reduzir os riscos inerentes a inundações, movimentos de massas, entre outros impactos que possam vir a causar desastres (Amorim; Silva, 2016; CEMADEN, 2020).

Após o desastre de 2011, foi implementado o Sistema de Alerta e Alarme com a introdução de sirenes em áreas próximas a encostas e com risco de movimentos de massa, além do cadastro de mensagens via SMS (*Short Message Service*) para celulares, alertando sobre a possibilidade de eventos extremos de chuvas, capazes de desencadear impactos socioambientais, além de informações com os contatos da Defesa Civil e/ou a necessidade de evacuar as áreas de risco (Amorim; Silva, 2016).

Portanto, podemos concluir que a adoção dessas ferramentas trouxe diferentes benefícios para a sociedade, onde foi possível prevenir, mitigar e responder aos efeitos da intensificação das mudanças climáticas.

Tais ferramentas poderiam ser implementadas em conjunto com o governo federal e estadual, na cidade de Buriticupu, por exemplo. De certo modo, elas atuariam como prevenção e mitigação aos efeitos dos processos erosivos na cidade, sendo necessário a adoção de ferramentas para a recuperação ou controle das áreas que estão passando por acelerado processo erosivo.

Conclusões

Observa-se que os impactos das mudanças climáticas podem ser severos, como já constatados em algumas áreas do planeta. Entretanto, em áreas tropicais os processos hidroerosivos podem ser mais intensos e acentuar diversos problemas ambientais já existentes, como demonstrado na cidade de Buriticupu (MA).

Entender as cidades de forma que integrem as organizações sociais e os sistemas ambientais de modo sustentável, é uma forma de corroborar na criação das chamadas cidades inteligentes. Desse modo, o poder público pode utilizar desse conceito para aprimorar suas ações e estratégias de planejamento territorial e ambiental, a fim de diminuir prejuízos econômicos, ambientais e sociais.

Apesar de seu enfoque no aprimoramento e uso das tecnologias nas cidades para integrar sistemas de comunicação e transporte, destacou-se que as cidades inteligentes devem pensar no uso dessas ferramentas tecnológicas para tornar o espaço urbano mais resistente e resiliente aos fenômenos e processos ambientais, principalmente nesse período de mudanças climáticas.

Portanto, torna-se urgente compreender, de modo holístico e geossistêmico, a estrutura urbana como um espaço social integrado aos sistemas ambientais, a fim de

criar projetos de gestão e planejamento territorial que sejam capazes de compreender a complexidade de todos os atributos e elementos (sociais e naturais) que se relacionam nas distintas escalas de análise geográfica. Para isso, o profissional de Geografia está preparado para dar sua contribuição, não só em projetos relacionados à prevenção, mas também à recuperação das áreas atingidas.

Referências

- AMORIM, M. F.; SILVA, W. S. A busca da resiliência nas cidades frente ao crescimento dos centros urbanos e os impactos ambientais. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente - ENGEMA, FEAUSP. **Anais[...]**. Disponível em: <<https://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/492.pdf>>. 2016.
- ANDRADE, A. G.; FREITAS, P. L. Prevenção do avanço da degradação e recuperação de terras degradadas. *In*: VILELA, G. F.; BENTES, M. P. de M.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; MARQUES, D. K. S.; SILVA, J. C. B. (Org.). **Vida terrestre: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- ANGELIDOU, M. Smart city policies: A spatial approach. *Cities*, v. 41, p. S3-S11, 2014.
- Albino, V., Berardi, U.; Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. **Journal of Urban Technology**, 22(1), 3-21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- BARTLEY, R.; POESEN, J.; WILKINSON, S.; VANMAERCKE, M. A review of the magnitude and response times for sediment yield reductions following the rehabilitation of gullied landscapes. **Earth Surface Process and Landforms**, 45, 2020.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Rio de Janeiro: Ed. Ícone, 70 edição, 2010.
- BHATTACHARYA, R. K.; CHATTERJEE, N. D.; DAS, K. Sub-basin prioritization for assessment of soil erosion susceptibility in Kangsabati, a plateau basin: a comparison between MCDM and SWAT models. **Science of Total Environment** 734, 2020, p. 1-21.
- BORRELLI, P.; ROBINSON, D.A.; PANAGOS, P.; LUGATO, E.; YANG, J.E.; ALEWELL, C.; WUEPPER, D.; MONTANARELLA, L.; BALLABIO, C.; Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). **Proceedings of the National Academy of Sciences** 117, 2020, p. 21994- 22001.
- BRASIL. **Carta Brasileira para Cidades Inteligentes**. Recuperado 26 de junho de 2023, de Secretaria Nacional de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano. 2021. Disponível em: <<https://cartacidadesinteligentes.org.br/>>.
- BRYAN, R. B. Soil erodibility and process of water erosion on hillslope. **Geomorphology**, v.32, p.385-415, 2000.
- CAMPANELLA, T.J. Urban Resilience and the Recovery of New Orleans. **Journal of the American Planning Association**, Vol. 72, no 2, 2006.

- CAMPOS, A. A. C. **Condicionantes dos Processos Erosivos na Área Urbana de Buriticupu-MA: O caso da voçoroca do Bairro Santos Dumont**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPGeo. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís (MA), 2019.
- CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J. A.; MOTTA, N. O.; FRANCISCO, R. A. Processos Erosivos. *In*: CARVALHO, J. C.; SALES, M.M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S (Orgs). **Processos erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília: Editora FINATEC, 2006, p. 39-91.
- CEMADEN. **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano** [recurso eletrônico]. Organizado por Lourenço Magnoni Junior, Carlos Machado de Freitas, Eymar Silva Sampaio Lopes, Gláucia Rachel Branco Castro, Humberto Alves Barbosa, Luciana Resende Londe, Maria da Graça Mello Magnoni, Rosicler Sasso Silva, Tabita Teixeira e Wellington dos Santos Figueiredo. – 2. ed. – São Paulo: CPS, 2020.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Orgs). **Uma atualização de bases e conceitos**. 15^o ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2021, p. 415-440.
- COR-RIO. **Centro de Operações Rio**. Acesso em maio de 2024. Disponível em: <<https://cor.rio/>>. 2024.
- CORTESE, T. T. P.; SOTTO, D.; AUMOND, J. J. Mudanças climáticas e planejamento urbano: cenários e desafios. *J. Environ. Manag. & Sust.* 12(2), e25704, 2023, p. 1-3. Curitiba, 2017.
- CÔRTEZ, P. L.. **Chuvas no Rio Grande do Sul devastam o Estado, provocando mortes e o deslocamento de populações**. *In*: JORNAL DA USP. 2024. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/radio-usp/chuvas-no-rio-grande-do-sul-devastam-o-estado-provocando-mortes-e-o-deslocamento-de-populacoes/>>. Acesso em: 23/05/2024.
- DAMERI, Renata Paola. Searching for smart city definition: a comprehensive proposal. **International Journal of Computers & Technology**, v. 11, n. 5, p. 2544-2551, 2013.
- DIVINO, S. B. S.; MAGALHÃES, R. A.. Cidades inteligentes sustentáveis: estratégias para implementação e efetivação. **Revista de Direito da Cidade**, 15(4), 1747–1771. 2024.
- DUAN, J.; LIU, Y. J.; YANG, J.; TANG, C. J.; SHI, Z. H. Role of groundcover management in controlling soil erosion under extreme rainfall in citrus orchards of southern China. **Journal of Hydrology** 582, 124290, 2020, p. 1-10.
- EEKHOUT, J. P. C.; HUNINK, J. E.; TERINK, W.; VENTE, J. Why increased extreme precipitation under climate change negatively affects water security. **Hydrology and Earth System Sciences**, 22, 2018, p. 5935-5946.
- EEKHOUT, J. P. C.; VENTE, J. The implications of bias correction methods and climate model ensembles on soil erosion projections under climate change. **Earth Surface Process and Landforms**, 44, 2019, p. 1137– 1147.
- FAPESP. **Sinais do próximo El Niño**. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/>>

wp-content/uploads/2023/06/006-011_notas-329.pdf>. Acesso em 13/03/2024.

FAPESP. **Terra ardente**: Dados consolidados confirmam 2023 como o ano mais quente no planeta desde 1850. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2024/01/048-049_clima_336.pdf>. Acesso em 24/04/2024.

FERREIRA, A.M., MARCHEZINI, V., MENDES, T.S.G. A Systematic Review of Forensic Approaches to Disasters: Gaps and Challenges. **Int J Disaster Risk Sci**, 14, 722–735 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00515-9>.

FULLEN, M. A.; CATT, J. A. **Soil Management** – Problems and Solutions. Oxford, Oxford University Press, 2004.

GONÇALVES, C. Regiões, Cidades e Comunidades Resilientes: novos princípios de desenvolvimento. **URBE** – Revista Brasileira de Gestão Urbana, vol. 9 (2), pp. 371-385.

GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas. *In*: Guerra, A. J. T (Org). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 13-42.

GUERRA, A. J. T., FULLEN, M. A., JORGE, M. C. O., BEZERRA, J. F. R., SHOKR, M. S. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. **Pedosphere**, 27 (1), 27–41. 2017.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; FULLEN, M. A.; MENDONÇA, J. K. S.; JORGE, M. C. O. The effects of biological geotextiles on gully stabilization in São Luís, Brazil. **Natural Hazards**, 75, 2015. doi 10.1007/s11069-014-1449-0

GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C. O.; BEZERRA, J. F. R.; SHOKR, M. S. Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. **Pedosphere**, v. 27, p. 27-41, 2017.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.; RANGEL, L. A.; BEZERRA, J. F. R.; LOUREIRO, H. A. S.; GARRITANO, F. N. Erosão dos solos, diferentes abordagens e técnicas aplicadas em voçorocas e erosão em trilhas. **William Morris Davis Revista de Geomorfologia**, v. 1, 2020, p. 75-117.

GUERRA, A. J. T.; LOUREIRO, H. A. S.. Cap. 1 - Erosão dos Solos e Movimentos de Massa em Áreas Serranas da Mata Atlântica, nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo. *In*: **Erosão em Áreas Tropicais**. Orgs. LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T. Ed.: Interciência. 2023.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. *In* VITTE, A. C e Guerra, A. J. T (Orgs). **Reflexões sobre a Geografia física no Brasil**. 2ºed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2007, p. 225-256.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo - estudo de caso da voçoroca do Sacavém - São Luís - MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2023, v. 24, p. 1-20.

GUERRA, A.J.T. O início do processo erosivo. *In*: Guerra, A. J. T; Silva, A. S; Botelho, R. G. M. (Orgs). **Erosão e Conservação dos solos** – Conceitos, Temas e Aplicações. 10º ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2015, p. 15-55.

IPCC, 2019: **Mudanças climáticas e terras: um relatório especial do IPCC sobre mudanças climáticas, desertificação, degradação da terra, gestão sustentável da terra, segurança alimentar e fluxos de gases de efeito estufa em ecossistemas terrestres** [PR Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, DC Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. Na imprensa.

IPCC, 2023: **O Relatório de Síntese do Sexto Relatório de Avaliação 2023.**

JIANG, C.; ZHANG, H.; ZHANG, Z.; Wang, D.; Model-based assessment soil loss by wind and water erosion in China's Loess Plateau: Dynamic change, conservation effectiveness, and strategies for sustainable restoration. **Global and Planetary Change**, 172, 2019, p. 396-413.

JIANG, M.; LI, H.; ZHANG, W.; LIU, J.; ZHANG, Q.. Effects of climate change and grazing on the soil organic carbon stock of alpine wetlands on the Tibetan Plateau from 2000 to 2018. **CATENA**, Volume 238, 15 April 2024, 107870. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107870>

JORGE. M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos Solos e Movimentos de Massa – Recuperação de Áreas Degradadas com Técnicas de Bioengenharia e Prevenção de Acidentes. In: JORGE. M. C. O.; GUERRA, A. J. T (Orgs). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, p. 7–30.

KUIKKANIEMI, K. JACUCCI, G.; TURPEINEN, M.; HOGGAN, E.; MÜLLER, J. **From space to stage: how interactive screens will change urban life**. IEEE Computer Society, 2011.

LAL, R. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. **Glob. Change Biol.** 24, 3285–3301 (2018).

LEE, J. H.; JULIEN, P. Y.; CHO, J.; LEE, S.; KIM, J.; KANG, W.. Rainfall erosivity variability over the United States associated with large-scale climate variations by El Niño/southern oscillation. **CATENA**, Volume 226, 1 June 2023, 107050. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107050>.

LI, Z.; FANG, H. Impacts of climate change on water erosion: A review. **Earth-Science Reviews**, 163, 2016, p. 94-117.

LUI, M. L. C.; PETARNELLA, L. As cidades inteligentes e os desafios para a implantação da garantia da qualidade de serviços. **R. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 16, n. 39, p. 182-198, jan/mar. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9586>>. Acesso em: 01/05/2024.

MARCELINO, S. F. S. et al. Processos erosivos urbanos e a qualidade dos corpos hídricos em Buriticupu, Maranhão. In: **Revista Geografia em Atos** (Geoatos online), v. 02, n. 09, p. 44-56, 2019.

MASROOR, M. D.; SAJJAD, H.; REHMAN, S.; SINGH, R.; RAHAMAN, M. H.; SAHANA, H.; AHMED, R.; AVTAR, R. Analysing the relationship between drought and

soil erosion using vegetation health index and RUSLE models in Godavari middle sub-basin, India. **Geoscience Frontiers**, v. 13, n. 2, 2022.

MORGAN, R. P. C **Soil Erosion and Conservation**. 3º ed. Inglaterra: Blackwell Publishing, 2005.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. England: Blackwell, 2005.

OHBA, M.; SUGIMOTO, S. Differences in climate change impacts between weather patterns: possible effects on spatial heterogeneous changes in future extreme rainfall. **Climate Dynamics**, 52, 2019, p. 4177–4191.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Environment Foresight, Brief**. Early Warning, Emerging Issues and Futures, Science Division. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Guia para Gestores Públicos Locais**. 102 pág. Nações Unidas: Genebra, 2012.

PEREIRA, L. S.; RODRIGUES, A. M.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; COLIN, A. B.; FULLEN, M. A.. Detrimental effects of tourist trails on soil system dynamics in Ubatuba Municipality, São Paulo State, Brazil. **Catena**, 216, 106431, Part A. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106431>

QUIQUEREZ, A.; BRENOT, J.; GARCIA, J. P.; PETIT, C. Soil degradation caused by a high-intensity rainfall event: Implications for medium-term soil sustainability in Burgundian vineyards. **Catena**, 73, 89–97. 2008. doi:10.1016/j.catena.2007.09.007

RIZZON, F., BERTELLI, J., MATTE, J., GRAEBIN, R. E., & MACKE, J. Smart city: um conceito em construção. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, 2017.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015, p. 229 - 267

SAMORA-ARVELA, A.; FERRÃO, J.; FERREIRA, J.; OLIVEIRA, R.; PANAGOPOULOS, T.; VAZ, E. Infraestrutura verde e alterações climáticas: Um contributo para a mitigação e adaptação do território às alterações climáticas. XV Coloquio Ibérico de Geografia: Retos y Tendencias de la Geografía Ibérica. Murcia, Espanha, 2016, p. 376-380. **Anais[...]**.

SANJEEWANI, H.K. N.; SAMARASINGHE, D. P.; DE COSTA, W. A. J.. Janendra M. De Costa. Influence of elevation and the associated variation of climate and vegetation on selected soil properties of tropical rainforests across a wide elevational gradient. **CATENA**, Volume 237, 30 March 2024, 107823. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.107823>.

SANTOS, R. C. **Avaliação da erosão dos solos na bacia hidrográfica do rio Pequeno, Paraty – RJ**. 2017. Dissertação de Mestrado. PPGG UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, P. P.; Araújo, P. S. R. de. Sustainable urban actions in Salvador City, Bahia State, Brazil (2013-2016). **Research, Society and Development**, 9(8), e319984976. 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.4976>.

SILVA, C. G. T. **Vulnerabilidades e desastres: reconstrução e resiliência.** Departamento de geologia e geofísica marinha/Lagemar/UFF programa de pós-graduação em dinâmica dos oceanos e da terra, Niterói, Tese de Doutorado, 2018.

TOMINAGA, L.K. Inundações. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL R. do (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015d. p. 25-38.

UNDRR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Making Cities Resilient 2030** (MCR20230). 2020. Acesso em maio de 2024. Disponível em: <<https://mcr2030.undrr.org/who-we-are#strategic-objectives>>.

UNDRR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Prevention Web: Desastres de A a Z**, 2022. Acesso em maio de 2024. Disponível em: <<https://www.preventionweb.net/news/disasters-z>>.

UNISDR - CEPED PR. **Parcerias para a construção de cidades resilientes a desastres no estado do Paraná integrando setor público, academia e UNISDR**, pág. 1-388–416. 2010.

VASCONCELLOS, A. A. **Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana.** 1º ed. Curitiba: Editora Appris, 2015, 229p.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O Solo como Sistema.** 1º edição. Ed.: Curitiba, 2011.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning.** Washington, USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 5)

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **J. Soil Water Conserv.**, 26:189-193, 1971.



Artesanato Terena, da Aldeia Kopenoti - Terra Indígena de Araribá, Avaí - SP.
Crédito: Irineu Njhea Terena.