

APLICAÇÃO DA ESTRUTURA DPSIR COMO FERRAMENTA PARA IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS ANTRÓPICOS EM UM PARQUE NATURAL MUNICIPAL

Cynthia Valéria Barbosa Gomes Lobato

Universidade Federal do Rio grande do Norte, Programa Regional de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Natal, RN, Brasil.
val803@hotmail.com

Maxwell Ferreira Lobato

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Engenharias, Angicos, RN, Brasil.
wellobato@gmail.com

Diógenes Félix da Silva Costa

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa Regional de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Natal, RN, Brasil.
diogenesfscosta@gmail.com

RESUMO

O objetivo do presente artigo foi aplicar a estrutura DPSIR (Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta) como ferramenta para identificar e avaliar os impactos antrópicos no Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte (PCDNM), localizado em Natal, Rio Grande do Norte. Para isso, foi utilizada uma metodologia de *checklist*, que consiste em uma lista de verificação sistemática para identificar e registrar os principais fatores de pressão exercidos sobre o parque, bem como suas consequências no estado ambiental, nos impactos gerados e nas possíveis respostas de gestão. Os resultados indicam que, apesar do parque ser uma Unidade de Conservação, as atividades humanas têm impactos negativos no ambiente, exigindo medidas de controle e monitoramento, as quais, apesar de propostas no Plano de Manejo através da fiscalização, treinamento e educação ambiental dos seus funcionários e visitantes, não têm se mostrado completamente efetivas.

Palavras-chave: Estrutura DPSIR. Impactos ambientais. Atividades humanas. Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte.

APPLICATION OF THE DPSIR FRAMEWORK AS A TOOL FOR IDENTIFYING ANTHROPOGENIC IMPACTS IN A TROPICAL FOREST MUNICIPAL NATURAL PARK

ABSTRACT

The objective of this article was to apply the DPSIR (Driving Force, Pressure, State, Impact, Response) framework as a tool to identify and assess anthropogenic impacts on the Dom Nivaldo Monte City Park (PCDNM), located in Natal, Rio Grande do Norte. For this purpose, a checklist methodology was used, which consists of a systematic verification list to identify and record the main pressure factors exerted on the park, as well as their consequences on the environmental state, the impacts generated and the possible management responses. The results indicate that, despite the park being a Conservation Unit, human activities have negative impacts on the environment, requiring control and monitoring measures which, despite being proposed in the Management Plan through inspection, training and environmental education of its employees and visitors, have not proven to be completely effective.

Keywords: DPSIR structure. Environmental impacts. Human activities. Dom Nivaldo Monte city park.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é um conceito que busca equilibrar o crescimento econômico, a preservação ambiental e o bem-estar social, garantindo que as necessidades das gerações atuais sejam atendidas sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprirem suas próprias demandas (Brundtland, 1987).

Para se atingir o desenvolvimento sustentável, destaca-se a necessidade de atender a três aspectos cruciais: o primeiro refere-se a acolher, inicialmente, as carências humanas essenciais antes das necessidades menos urgentes; o segundo salienta que tal desenvolvimento deve se encontrar em sintonia com os princípios da natureza e o terceiro que ele se configura como uma preocupação centralizada no ser humano (Moldan; Svatava; Janoušková, 2012; Pramić, 2018).

Dessa forma, com a preocupação pautada na humanidade, se faz necessário que o ambiente seja considerável saudável e harmônico, buscando-se avaliá-lo para compreender como a crescente pressão sobre os recursos naturais pode afetá-lo, seja através do aumento da população (Rehman; Ma; Ozturk, 2022), da urbanização desenfreada (Zahoor; Latif; Khan, 2022) e do consumo excessivo (Wang *et al.* 2022), que tendem a ameaçar a biodiversidade, contribuindo para o aumento do efeito estufa e para as mudanças do clima em geral.

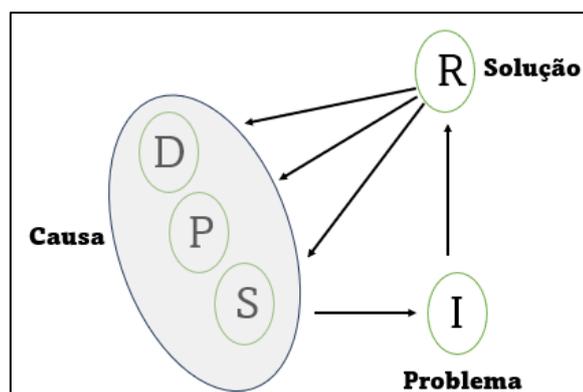
Assim sendo, ainda no contexto da avaliação ambiental, algumas ferramentas desempenham uma função central, como no caso dos indicadores ambientais (Buchmayr, 2022; Cutaia, 2016; Coşkun; Kumru; Kan, 2022;), que ajudam a monitorar o meio ambiente, além de permitir que governos, empresas e sociedade em geral avaliem os impactos de suas ações e políticas sobre a natureza, a economia e o bem-estar social (Rasoolimanesh, 2023), através de dados que auxiliam na tomada de decisões e na definição de metas realistas para promover a sustentabilidade.

Tais indicadores exercem um papel fundamental ao oferecer as informações necessárias para avaliar o avanço nas dimensões ambiental, econômica e social (Böhringer; Jochem, 2007), contribuindo na construção das metas de sustentabilidade, ao mesmo tempo em que fornecem dados relevantes para orientar tomadores de decisão e informar o público em geral sobre o atual estado do meio ambiente, suas fraquezas e seus pontos fortes (Pupphachai; Zuidema, 2017).

No entanto, apesar da importância já consolidada do uso desses sistemas de indicadores, ainda não há consenso na literatura sobre quais devem ser selecionados ou desenvolvidos (Reid; Rout, 2020), apesar de alguns terem a sua importância destacada em diversos artigos, como no caso do modelo DPSIR (*Driver, Pressure, State, Impact, Response*) (Moktadir; Ren, 2023; Quevedo *et al.* 2023; Yussif; Dompok; Gasparatos, 2023), que pode ser traduzido como “Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta”.

Esse modelo, desenvolvido pela Agência Europeia do Ambiente (EEA) (EEA, 1999), é baseado na ideia de que as “forças motrizes” são aquelas que impulsionam as atividades humanas em uma determinada área e, independentemente de positivas ou negativas, exercem “pressões” sobre os sistemas socioecológicos, desencadeando mudanças no “estado” desses sistemas, provocando um “impacto” e, conseqüentemente, influenciando as “respostas” da sociedade a essas mudanças (Gupta; Nishi; Gasparatos, 2021), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Município de Natal (RN): Esquema do modelo DPSIR, 2023



Fonte: SOARES, *et al.* (2011): Adaptação: os autores, 2023.

Devido à sua flexibilidade e habilidade em sistematizar e simplificar as complexas relações em sistemas socioambientais diversos, o modelo DPSIR tem sido amplamente aplicado em diferentes contextos geográficos e temáticos, como na investigação da relação entre a ação humana e o desenvolvimento sustentável nas atividades turísticas e de lazer (Felix, 2017; Mandić, 2020), principalmente em Unidades de Conservação, onde estão inclusos os Parques Naturais.

Esses espaços são concebidos para oferecer atividades recreativas, que combinam elementos da paisagem natural com estruturas destinadas a fins recreativos, culturais e/ou administrativos (Carneiro; Mesquita, 2020; Gai et al., 2022), com destaque para a flora, fauna e outros elementos naturais.

No entanto, apesar de todos os estudos apontando a importância dessas áreas, principalmente para o bem-estar dos seus frequentadores (Hazlehurst *et al.*, 2022; Pramanik e Sharma, 2023), poucas pesquisas têm avaliado de que forma a população impacta esses ambientes e como a ação antrópica pode ser avaliada visando a sua sustentabilidade.

Caracterização da área

No contexto do Estado do Rio Grande do Norte, o Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte (PCDNM), criado em 2008 no município de Natal, ocupa uma área de 154 hectares e conta com uma rica biodiversidade de fauna e flora, incluindo florestas de mata atlântica, cerrado e caatinga, tendo sido projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer, que deixou sua marca, tanto na torre de 45 metros onde está instalado o memorial da cidade, quanto no mirante que permite aos visitantes a contemplação de grande parte das belezas naturais do entorno (Figura 2).

Figura 2 - Município de Natal (RN): Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte, 2024



Fonte: Os autores, 2023.

O PCDNM foi projetado com objetivo de preservar o ecossistema característico de dunas na Zona de Proteção Ambiental 1 (ZPA-1) e o aquífero Dunas/Barreiras, que é considerado um elemento vital no contexto hídrico do Rio Grande do Norte, desempenhando um papel fundamental na sustentabilidade ambiental e no desenvolvimento socioeconômico da região (Anjos; França; Giesta, 2023).

Ele possui grande relevância ecológica e social, sendo amplamente utilizado pelos residentes de Natal e das cidades vizinhas para a prática de atividades físicas e recreativas, podendo contribuir para a diminuição do estresse e do sedentarismo, além de promover melhorias na qualidade de vida dos frequentadores.

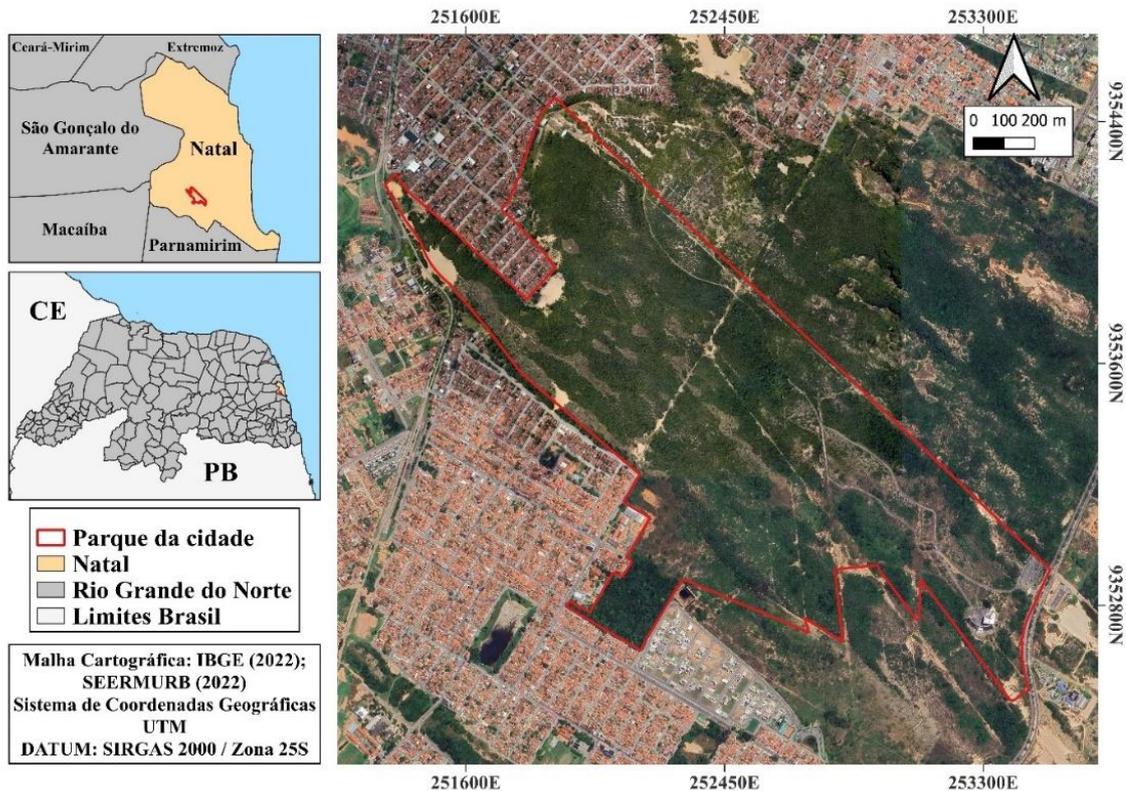
Nesta abordagem, o presente estudo visou avaliar a interconexão entre a conservação da biodiversidade, a qualidade do meio ambiente e o bem-estar da população, a fim de verificar as políticas e práticas de gestão que estão sendo aplicadas a fim de promover a preservação dos recursos naturais, reduzir os impactos ambientais e incentivar a adoção de medidas sustentáveis.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte está situado na Zona de Proteção Ambiental 1 (ZPA-1) no município de Natal/RN, ocupando uma área total 154 hectares, limitando-se aos bairros de Pitimbú, Candelária e Cidade Nova (Natal, 2008), conforme observado na Figura 3.

Figura 3 - Município de Natal (RN): Localização do Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte, 2020



Fonte: Os autores, 2023.

Nesta etapa foi feita uma análise do Plano de Manejo do PCDNM e uma revisão na literatura científica, utilizando as bases de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), *Science Direct*, *SciELO* e *Google Scholar*.

Além disso, foram realizadas expedições de campo com o objetivo de coletar informações essenciais sobre a área, buscando identificar características físicas e biológicas, aspectos da fauna e flora, áreas de vegetação, dunas, trilhas e elementos de valor estético, recreativo e espiritual. Os dados obtidos foram fundamentais para a identificação e análise das variáveis relacionadas a estrutura DPSIR, conforme explicadas a seguir.

Identificação das variáveis do modelo DPSIR

Este passo foi realizado através de expedições de campo, utilizando-se o método *checklist* para identificar e registrar os principais fatores de pressão sobre o Parque, suas consequências ambientais e os impactos gerados, a fim de verificar as possíveis soluções propostas pelos gestores da Unidade de Conservação.

As Forças Motrizes (*Driver*) e as Pressões (*Pressure*) foram identificadas através da observação da área e da revisão na bibliografia disponível, sendo mapeadas as principais atividades e fatores socioeconômicos que impulsionam as mudanças ambientais e podem gerar pressões na região.

O Estado (*State*) do meio ambiente foi verificado tomando como base a condição dos ecossistemas, biodiversidade, qualidade do ar, da água e do solo, em resposta às pressões identificadas anteriormente.

Os Impactos (*Impact*) foram verificados como resultantes das pressões ambientais sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, a fim de compreender como as alterações ambientais estão afetando diretamente a região e suas comunidades.

E, finalmente, para as Respostas (*Response*), foram pesquisadas as informações contidas no Plano de Manejo e na literatura, a fim de compreender quais ações estão sendo tomadas como parte integrante do compromisso com a proteção do meio ambiente local e a promoção do bem-estar humano dos seus frequentadores e dos moradores da região.

Por fim, os resultados obtidos e as suas siglas foram distribuídos em tabelas com o objetivo de plotar um Diagrama Aluvial, que tem como finalidade ilustrar a distribuição dos dados de forma a visualizar como as variáveis Forças Motrizes (D), Pressões (P), Estados (S) e Impactos (I) e Respostas (R) interagem entre si. O diagrama foi plotado utilizando-se o *Software* livre *Rawgraphs* (Rawgraphs, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das forças motrizes identificadas no Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte (PCDNM), detalhando os principais fatores que impulsionam as atividades humanas na área.

Tabela 1 - Município de Natal (RN): Forças Motrizes relacionadas ao PCDNM, 2023

FORÇA MOTRIZ	SIGLA
Atividades de Lazer e Qualidade de Vida	LQV
Utilização de Recursos hídricos	RH
Dados de Pesquisas Científicas	DC
Provisão de espécies vegetais para replantio	PV

Fonte: Os autores, 2023.

O resultado mostra que uma das principais forças motrizes que impulsionou as atividades humanas e gerou pressões ao PCDNM foi aquela relacionada às atividades de lazer e recreação, informação corroborada por Pivoto (2022) ao explicar que essas áreas proporcionam experiências relacionadas ao turismo, lazer, bem-estar e apreciação das paisagens naturais.

Nesse contexto, o Plano de Manejo do Parque cita que, por meio de infraestruturas físicas projetadas para atividades culturais e recreativas em harmonia com o ambiente natural, o espaço tem apoiado esse conjunto de iniciativas estratégicas com o propósito de promover a integração da sociedade com as complexidades ambientais, históricas, culturais e sociais que permeiam a Unidade de Conservação (Natal, 2020).

Por fim, a importância do PCDNM para o lazer e a recreação também foi confirmada em outros estudos (Rebolças; Grilo; Araújo, 2015; Maciel; Lima; Moraes, 2017), que mostram sua relevância enquanto local de trilhas, áreas de piquenique e espaços de convivência, conforme observado na Figura 4.

Em relação aos recursos hídricos, eles são essenciais no equilíbrio ecológico do parque, principalmente através do Aquífero Dunas/Barreiras, que abastece parte do município (Natal, 2020), sendo considerado um elemento vital no contexto hídrico do Rio Grande do Norte, desempenhando um papel fundamental na sustentabilidade ambiental e no desenvolvimento socioeconômico da região (Anjos; França; Giesta, 2023).

Já os dados científicos são outros impulsionadores que geram demandas ao PCDNM, estando associados às atividades de pesquisa e compreensão da natureza, proporcionando a condução de estudos científicos e a coleta de dados sobre a biodiversidade e outros aspectos do ambiente local

(Ramalho; Pimenta, 2010; Cavalcante *et al.*, 2017; Laurentino; Sousa; Oliveira, 2021), bem como à promoção da educação ambiental (Pereira *et al.*, 2020).

Figura 4 - Município de Natal (RN): Áreas de lazer e convivência do PCDNM: A) área de museu, administração e auditório; b) trilhas pavimentadas; C) Torre e mirante; D) Trilha Natural, 2024



Fonte: Os autores, 2023.

Por fim, a última força motriz identificada foi a provisão de espécies vegetais para produção de mudas de espécies da Mata Atlântica, que são utilizadas em projetos de replantio de árvores nativas da mata atlântica nas principais avenidas de Natal/RN, conforme projeto Planta Natal (Natal, c2022; Natal, 2023).

Identificadas as Forças Motrizes, a próxima etapa foi a identificação das pressões, conforme observadas na Tabela 2.

A recreação no PCDNM exerce pressão nos ecossistemas, já que, devido à composição do Parque - que engloba áreas verdes, florestas e outros elementos naturais - cria-se uma atmosfera de tranquilidade e beleza cênica, atraindo visitantes em busca de contato direto com a natureza, conforme respaldado por Rebouças, Grilo e Araújo (2015), podendo ocasionar algum tipo de impacto ambiental, apesar de todo o controle existente no local.

Da mesma forma, a pesquisa científica, apesar de essencial para o conhecimento e conservação, pode gerar pressões devido à coleta de amostras da biodiversidade (Ramalho; Pimenta, 2010; Cavalcante *et al.*, 2017; Laurentino; Sousa; Oliveira, 2021), perturbação de habitats durante estudos e a necessidade de infraestrutura para suportar as atividades de pesquisa.

Ainda relacionado, em partes, com a pesquisa científica, a educação ambiental também exerce pressões por meio de práticas como trilhas interpretativas (Maciel; Lima; Morais, 2017), exposições e palestras (Natal, 2022b), podendo ocasionar a concentração de grupos em determinadas áreas resultando em maior tráfego e potencial impacto nas condições naturais.

Tabela 2 - Município de Natal (RN): Pressões identificadas no PCDNM, 2023

PRESSÃO: ATIVIDADES HUMANAS QUE IMPACTAM O MEIO AMBIENTE	SIGLA
Recreação	R
Pesquisa científica	PC
Práticas de educação ambiental	EA
Eventos Culturais	EC
Eventos religiosos	EV
Coleta e Análise da Água	CA
Perfuração de poços e instalações de bombas de água	PP
Manipulação de espécies símbolo do Parque	ME
Coleta de mat. gen. de animais e espécies vegetais	CMG
Coleta de sementes de espécies vegetais nativas	CS
Coleta de espécies vegetais e animais	CV

Fonte: Os autores, 2023.

Em relação aos eventos culturais e religiosos, existem pressões relacionadas à necessidade de infraestrutura temporária, podendo impactar a paisagem e gerar resíduos em decorrência do aumento do número de visitantes.

Já as atividades de coleta e análise da água, perfuração de poços e instalações de bombas d'água apresentam pressões significativas, envolvendo a manipulação do ambiente aquático, podendo provocar a perturbação de habitats aquáticos e a necessidade de infraestrutura para suportar essas atividades.

Além do mais, verificou-se que a manipulação de espécies símbolo do parque (Costa, 2014; Rego, 2019), a coleta de material genético de animais e espécies vegetais, a coleta de sementes de espécies vegetais nativas e a coleta direta de espécies (Natal, 2022; Natal, 2023), também são fontes potenciais de pressão, demandando abordagens éticas e sustentáveis para evitar impactos negativos nas populações e ecossistemas locais.

Por fim, o próximo passo foi a determinação do estado ou condição do PCDNM a partir das pressões exercidas, cujos resultados podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Município de Natal (RN): Condição do meio ambiente do PCDNM, 2023

ESTADO: CONDIÇÃO DO MEIO AMBIENTE	SIGLA
Aumento do Tráfego de pessoas	ATP
Aumento do Tráfego de veículos automóveis	ATV
Aumento de Espécies vegetais invasoras	EI
Aumento de resíduos sólidos ou orgânicos	ARS
Desequilíbrio da Flora (Aumento na quantidade de espécies invasoras)	DFL
Desequilíbrio da Fauna (Aumento da quantidade de animais que não fazem parte do habitat natural)	DFA

Fonte: Os autores, 2023.

O aumento do tráfego de pessoas e, conseqüentemente automóveis, vem majoritariamente das atividades de recreação e dos eventos culturais organizados no PCDNM, que tem previsão, inclusive, no seu próprio Plano de Manejo, ao citar que se admite eventos de natureza cultural, científica, esportiva e educativa, desde que sejam minuciosamente avaliados pela equipe técnica e obtenham autorização formal por escrito da administração do Parque (Natal, 2020). Esses eventos, apesar de controlados pela administração do parque, podem gerar impactos, que precisam ser conhecidos e controlados, evitando dessa forma maiores danos aos ecossistemas.

Outra condição observada no PCDNM em função das pressões exercidas diz respeito ao possível aumento das espécies vegetais invasoras devido ao fluxo de pessoas e veículos. Em relação a essa problemática, o Plano de Manejo (Natal, 2020) cita que a gestão dos serviços ecossistêmicos deve envolver ações como o controle de espécies invasoras, a promoção da educação ambiental e o estabelecimento de parcerias com diferentes atores envolvidos.

Finalmente, tem-se o possível aumento na quantidade de resíduos sólidos descartados (Figura 5), que pode ser provocado pelo incremento na quantidade de visitantes que buscam o PCDNM para lazer, recreação e demais eventos, podendo provocar o desequilíbrio da fauna e flora, principalmente por causa do incremento do tráfego de pessoas.

Figura 5 - Município de Natal (RN): Resíduos sólidos encontrados no PCDNM, 2024



Fonte: Os autores, 2023.

Já em relação aos Impactos que podem ocorrer no PCDNM por causa da modificação no seu estado inicial, tem-se os seguintes resultados (Tabela 4).

Tabela 4 - Município de Natal (RN): Impactos do PCDNM, 2023

IMPACTO: RESULTADO DAS MUDANÇAS NO ESTADO	SIGLA
Perturbação da fauna e flora	PFF
Aumento da concentração de gases do efeito estufa	AGEE
Alteração da paisagem	AP
Extinção de espécies Vegetais	EV
Extinção de Animais	EA

Fonte: Os autores, 2023.

Apesar de discreta, a perturbação que pode ser observada na fauna e flora local evidencia a influência direta das atividades humanas, fato discutido em diversos estudos realizados em outros parques

naturais, como no trabalho de Freitas (2022), que verificou a existência de alguns impactos ambientais na visitação pública do Parque Nacional da Tijuca, e na pesquisa de Corrêa (2022), que observou o impacto ocasionado pela visitação pública na avifauna dos Parques Naturais Municipais Bosque da Barra e da Freguesia, no Rio de Janeiro.

No PCDNM, esse impacto pode ter relação com a compactação do solo, que prejudica a sua estrutura, diminuindo a permeabilidade, afetando a absorção de água, prejudicando as plantas (Kooch; Piri; Tilaki, 2021; Budakova, 2021) e aumentando os ruídos que perturbam a fauna local, influenciando negativamente (Mohammadzadeh; Mohammadzadeh, 2023) animais sensíveis e interferindo em seus padrões de comportamento, como alimentação, reprodução e comunicação.

Em relação ao aumento na concentração de gases do efeito estufa, esse impacto está ligado principalmente ao incremento da quantidade de automóveis circulantes (Figura 6), nas ocasiões em que o parque recebe eventos (Natal, 2015; Natal, 2022a; Natal, 2022b), podendo ocasionar, a longo prazo, perda de biodiversidade, distorcendo a dinâmica ecológica (Izah, 2023) e ameaçando não só os ecossistemas locais, mas também os visitantes do parque.

Figura 6 - Município de Natal (RN): Automóveis circulando pelo PCDNM, 2024



Fonte: Os autores, 2023.

Outro impacto que foi observado, mesmo que de forma discreta, diz respeito a alteração da paisagem, tendo como evidências o surgimento de trilhas clandestinas (Figura 7), abertas por visitantes em busca de mirantes ou lugares privilegiados para poderem visualizar melhor a paisagem e registrarem o momento em foto ou vídeo.

Cabe salientar que, de acordo com o Art. 13 da Portaria Nº 18 de 31 de julho de 2014, não é permitido, no PCDNM, “o deslocamento fora da trilha pavimentada, sendo restrito o acesso às demais áreas aos agentes da fiscalização preventiva, atividades de monitoramento realizadas por funcionários do Parque autorizados, entre outros” (Natal, 2020, p. 60).

Por fim, o último impacto observado diz respeito a extinção de espécies vegetais e animais no Parque, que pode ser ocasionada, por exemplo, pela extração ilegal de algumas espécies de plantas, como as orquídeas (Ramalho; Pimenta, 2010) ou pela morte de animais, como cobras e lagartos, pelos visitantes.

Para concluir, em relação as respostas do PCDNM aos impactos encontrados, os resultados são visualizados na Tabela 5.

Todas as ações para minimizar os impactos observados no PCDNM são encontradas no seu Plano de Manejo (Natal, 2020), que apresenta as formas como são realizadas as fiscalizações e monitoramento do parque.

Figura 7 - Município de Natal (RN): Trilhas clandestinas encontradas no PCDNM, 2024



Fonte: Os autores, 2023.

Tabela 5 - Município de Natal (RN): Respostas aos Impactos Identificadas no PCDNM, 2023

RESPOSTA	SIGLA
Fiscalização e controle dos Visitantes	FV
Monitoramento da Fauna	MFA
Monitoramento da Flora	MFL
Monitoramento da água	MA
Monitoramento genético	MG
Monitoramento das emissões	ME

Fonte: Os autores, 2023.

Em relação a fiscalização e controle dos frequentadores, o documento prevê a “designação de servidores ou contratação de empresa que ofereça os serviços de segurança patrimonial, ambiental e dos usuários” (Natal, 2020, p. 34).

Além disso, também propõe captação e treinamento básico do efetivo de funcionários e agentes ambientais, ofertando, entre outros, o “Curso básico de controle de visitação, uso público e educação ambiental em áreas protegidas (120 horas)” (Natal, 2020, p. 35).

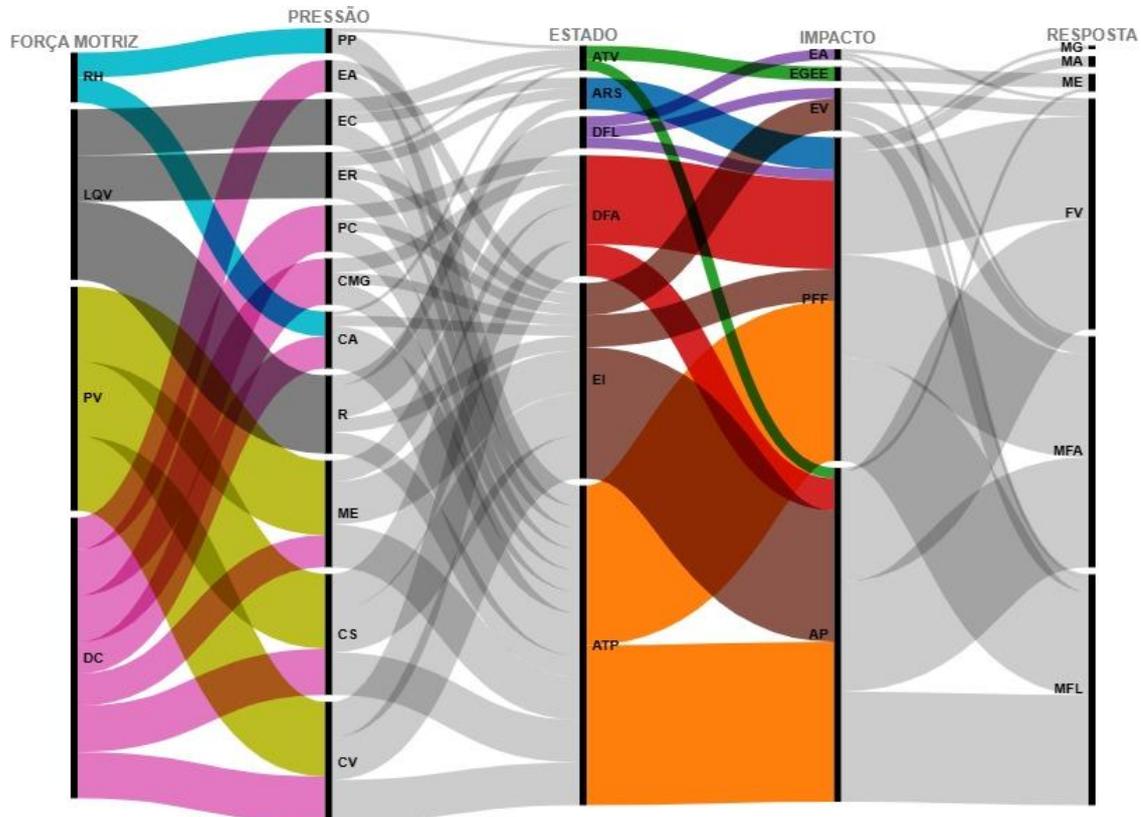
Em relação as formas de monitoramento, o Plano de Manejo também propõe a criação do “Curso básico sobre monitoramento ambiental e desenvolvimento de pesquisa em áreas protegidas (160 horas) – obrigatório para funcionários, gestores e voluntários” (Natal, 2020, p. 35) como uma forma de capacitá-los para compreenderem de que forma o ecossistema local está sendo utilizado e como as ações antrópicas têm afetado o meio ambiente local.

Além do mais, a Gestão do PCDNM tem focado em “capacitar equipe permanente de monitoramento das atividades desenvolvidas na Unidade de Conservação, abrangendo o conhecimento do Plano de Manejo, as definições estratégicas de manejo e fiscalização e o sistema de gestão” (Natal, 2020, p. 60).

No mais, ainda de acordo com o documento analisado, o PCDNM conta com um sistema de monitoramento dos recursos hídricos de “forma temporal, local e regional - para abastecimento local e de outras áreas’ (Natal, 2020, p. 30)

Por fim, para embasar as discussões, na Figura 8 é apresentada um diagrama aluvial, que ilustra a distribuição dos dados de forma a visualizar como as diferentes categorias identificadas anteriormente interagem entre si.

Figura 8 - Município de Natal (RN): Diagrama Aluvial com a relação entre as Forças Motrizes, Pressões, Estado, Impactos e Respostas, 2023



Fonte: Os autores, 2023.

Através do diagrama observa-se que os impactos relacionados à possibilidade de extinção das espécies animais têm relação direta com as atividades de recreação, que se não forem fiscalizadas e monitoradas, podem danificar irreversivelmente o ecossistema local, ocasionando a morte de espécies símbolo do parque, como a *Coleodactylus natalensis* (Lagarto-de-folhíço) (Lisboa; Freire, 2012).

Já o aumento da concentração de Gases do Efeito Estufa tem relação direta com o aumento do tráfego de veículos, principalmente em eventos culturais ou de educação ambiental, que demandam muitos visitantes, assim como nas operações relacionadas a manutenção dos equipamentos de captação e sistema de monitoramento de água, uma vez que o parque “contribui para a preservação do Aquífero Dunas-Barreiras (...) e as áreas naturais do seu entorno formam uma importante área de recarga das águas subterrâneas, que abastecem cerca de 65% do município” (Natal, 2020, p. 10).

Dando continuidade, conforme averiguado, o impacto relacionado com a possibilidade de extinção das espécies vegetais tem relação com o desequilíbrio da flora e a possível inserção de espécies invasoras, cujo risco vem das atividades relacionadas com a recreação e educação ambiental, além dos eventos religiosos e culturais, que podem incrementar a quantidade de visitantes no parque.

A perturbação da fauna e flora, outro impacto observado, está relacionado a algumas pressões, como as advindas da recreação, eventos, manipulação indevida das espécies, atividade de pesquisa científica e práticas de educação ambiental, coleta e Análise da Água, manipulação de espécies símbolo do parque, coleta de materiais genéticos de animais e espécies vegetais, além da coleta de sementes de espécies vegetais nativas, ou seja, quase todas as atividades realizadas no parque.

Para controle, se faz necessário o monitoramento e fiscalização constantes dessas atividades (Lobato; Lobato; Costa, 2024), conforme citado no Plano de Manejo.

Finalmente, em relação ao impacto relacionado à mudança na paisagem, ele está diretamente ligado a manipulação incorreta de espécies vegetais, que pode provocar desequilíbrio, e a coleta de sementes e vegetais, que pode ao longo do tempo, provocar a extinção local de espécies importantes para a manutenção do equilíbrio do parque.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente, o trabalho revelou que os principais impulsionadores das atividades humanas no Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte (PCDNM) geram pressões significativas sobre a área, apesar de seu status como Unidade de Conservação. As forças motrizes identificadas estão relacionadas ao lazer e recreação, à pesquisa científica, à educação ambiental, a eventos culturais e religiosos, além da provisão de espécies vegetais, tendo implicações diretas na conservação e na gestão sustentável do PCDNM.

Além disso, um dos achados mais relevantes foi a pressão exercida pelo lazer e recreação que, embora seja uma força motriz positiva ao promover a integração da sociedade com o ambiente natural, apresenta desafios, como o aumento do tráfego de pessoas e veículos, demandando avaliações criteriosas e autorizações formais para evitar impactos adversos nos ecossistemas.

De forma similar, a pesquisa científica e a educação ambiental, fundamentais para a compreensão da biodiversidade local e para a conscientização do público, também contribuem para pressões, embora em menor intensidade. Isso ocorre, especialmente, devido à coleta de amostras e à perturbação de habitats, que podem afetar as condições naturais.

No que diz respeito aos recursos hídricos, a pesquisa destacou a importância do Aquífero Dunas/Barreiras para o abastecimento do município. Contudo, foram identificados impactos discretos relacionados à coleta e análise de água, perfuração de poços e instalação de bombas, que exigem abordagens éticas e sustentáveis.

Adicionalmente, o trabalho abordou os desafios associados aos eventos culturais e religiosos realizados no parque, como a necessidade de infraestrutura temporária e a gestão eficaz de resíduos.

Por fim, a pesquisa proporcionou uma compreensão aprofundada das forças motrizes e dos impactos antrópicos no PCDNM, ressaltando a urgência de medidas eficazes de gestão, fiscalização e monitoramento contínuo. Muitas dessas medidas já estão previstas no próprio Plano de Manejo, que é um componente crucial para garantir a sustentabilidade e a preservação desse importante patrimônio ambiental.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), a qual agradeço.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, A. M. dos; FRANÇA, V.V.D; GIESTA, J.P. Mapeamento das trilhas oficiais do Parque Estadual Dunas Do Natal – RN. **Geoconexões**, [S. l.], v. 1, n. 15, p. 339–363, 2023. DOI: <http://doi.org/10.15628/geoconexes.2023.14947>.
- BÖHRINGER, C.; JOCHEM, P.E.P. Measuring the immeasurable - A survey of sustainability indices, **Ecological Economics**, Volume 63, Issue 1, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.008>
- BRUNDTLAND, G H *et al.* **Our common future**: by world commission on environment and development. Oxford: Oxford University Press. 1987 Disponível em: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>. Acesso em: 14 set. 2023.
- BUCHMAYR, A. *et al.* A distance-to-sustainability-target approach for indicator aggregation and its application for the comparison of wind energy alternatives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. (2023). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113608>.
- BUDAKOVA, V. S. *et al.* Impact of recreational transformation of soil physical properties on micromolluscs in an urban park. **Biosystems Diversity**, v. 29, n. 2, p. 78-87, 2021. <https://doi.org/10.15421/012111>.
- CARNEIRO, A. R. S.; MESQUITA, L. de B. **Espaços livres do Recife**. 2000. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/450916624/SA-CARNEIRO-Ana-Rita-MESQUITA-Liana-de-B-Espacos-Livres-do-Recife-1-OCR-pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.
- CAVALCANTE, B. P. *et al.* The bromeliads of parque natural municipal Dom Nivaldo Monte. **Unisanta Bioscience**, v. 7, n. 1, p. 84-88, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unisanta.br/index.php/bio/article/view/1163>. Acesso em: 2 ago. 2023.
- CORRÊA, N. C. V. R. **Impactos da Visitação Pública na Avifauna dos Parques Naturais Municipais Bosque da Barra e da Freguesia, Município do Rio de Janeiro**. 2022. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2022. Disponível em: <http://www.bdt.d.uerj.br/handle/1/19931>. Acesso em 30 dez. 2023.
- COŞKUN, S. S.; KUMRU, M.; KAN, M. N. An integrated framework for sustainable supplier development through supplier evaluation based on sustainability indicators. **Journal of Cleaner Production**, 335, 130287. (2022). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130287>.
- COSTA, A. M. de B. *et al.* O Parque da Cidade de Natal: atual estágio de implantação da Unidade de Conservação. **Sociedade e Território**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 28–44, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/3462> Acesso em: 30 abr. 2023.
- CUTAIA, F. The Use of Landscape Indicators in Environmental Assessment BT -Strategic Environmental Assessment: Integrating Landscape and Urban Planning. **Springer International Publishing**. pp. 29–43. 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42132-2_4.
- EEA. **Environmental indicators**: typology and overview. Technical report. D. (1999). Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/TEC25>. Acesso em 15 set. 2023.
- FELIX, R. C. S. *et al.* Application of the DPSIR framework to the evaluation of the recreational and environmental conditions on estuarine beaches of the Amazon coast, **Ocean & Coastal Management**. (2017). <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.09.011>.
- FREITAS, L. B. de. **Sistema integrado de avaliação de trilhas: subsidiando a gestão da visitação em áreas protegidas**. 2022. 351 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <http://www.bdt.d.uerj.br/handle/1/18650>. Acesso em; 4 nov. 2023.

- GAI, S. *et al.* Users' views on cultural ecosystem services of urban parks: An importance-performance analysis of a case in Beijing, China. **Anthropocene**, v. 37, p. 100323, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2022.100323>.
- GUPTA H, NISHI M, GASPARATOS A. Community-based responses for tackling environmental and socio-economic change and impacts in mountain social ecological systems. **Ambio** (2021). <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01651-6>.
- Hazlehurst, MF, Muqueeth, S., Wolf, KL *et al.* Acesso a parques e saúde mental entre pais e filhos durante a pandemia de COVID-19. **BMC Public Health**. 22,800 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13148-2>.
- IZAH, S.C.; IYIOLA, A.I. YARKWAN, B. RICHARD, G. Impact of air quality as a component of climate change on biodiversity-based ecosystem services, **Visualization Techniques for Climate Change with Machine Learning and Artificial Intelligence**, Elsevier, 2023, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99714-0.00005-4>.
- KOOCH, Y; PIRI, A. S.; TILAKI, G. A. D. Conversion of forest to rangelands suppress soil fauna and flora densities during long-term in mountain ecosystems. **Ecological Engineering**, v. 165, p. 106241, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106241>.
- LAURENTINO, I. C.; SOUSA, R. T.; OLIVEIRA, J. I. N. Registros de Lontra longicaudis (Olfers, 1818) em Áreas de Proteção Ambiental com remanescentes de Mata Atlântica no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 11, n. 3, p. 1-4, 2021. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v11n3p1-4>.
- LISBOA, C.M.C.A; FREIRE, E. M.X. Population Density, Habitat Selection and Conservation of Coleodactylus natalensis (Squamata: Sphaerodactylidae) in an Urban Fragment of Atlantic Forest in Northeastern Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 7, n. 2, pág. 181-190, 2012. <https://doi.org/10.2994/057.007.0208>.
- LIU, Xu *et al.* Evaluating the sustainability of marine industrial parks based on the DPSIR framework. Journal of cleaner production, **Journal of Cleaner Production**. v. 188, p. 158-170, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.271>.
- LOBATO, C., V., B., G.; LOBATO, M., F.; COSTA, D., F., da S. Identificação dos Serviços Eossistêmicos como ferramenta para fomentar a gestão ambiental de um parque natural no município de Natal/RN. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. e25219, 2024. DOI: <http://doi.org/10.5585/2024.25219>.
- MACIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C.; MORAIS, A. C. S. de. Utilização da Trilha Ecológica como Instrumento de Educação Ambiental: Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte, Natal/RN. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 1–22, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/11296>. Acesso em: 1 maio. 2023.
- MAJOROŠOVÁ, M. DPSIR framework—a decision—making tool for municipalities. **Slovak Journal of Civil Engineering**, v. 24, n. 4, p. 45-50, 2016. <https://doi.org/10.1515/sjce-2016-0021>.
- MANDIĆ, A. Structuring challenges of sustainable tourism development in protected natural areas with driving force—pressure—state—impact—response (DPSIR) framework. **Environment Systems and Decisions**. 40, 560–576 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10669-020-09759-y>.
- MEDEIROS, R. D. **Proposta metodológica para Avaliação de Impacto Ambiental aplicada a projetos de usinas eólio-elétricas**. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/69834/3/2022_dis_jpmlima.pdf . Acesso em: 24 nov. 2023
- MOHAMMADZADEH, N.; MOHAMMADZADEH, R. The assessment of soundscape quality in historic urban parks: A case study of El-Goli Park of Tabriz, Iran. **Noise & Vibration Worldwide**, <https://doi.org/10.1177/09574565231179>.
- MOKTADIR, M. A.; REN, J. Promoting sustainable management of hazardous waste-to-wealth practices: An innovative integrated DPSIR and decision-making framework, **Journal of Environmental Management**. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118470>.

MOLDAN, B.; SVATAVA JANOUŠKOVÁ, S; Hák, T. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets, **Ecological Indicators**, Volume 17, 2012, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>.

MORAES, C.; D.; ABREU D.; C. **Avaliação de impacto ambiental: uma revisão da literatura sobre as principais metodologias**. 2016. Disponível em: <https://labhidrogeo.paginas.ufsc.br/files/2016/08/AIA-UMA-REVIS%C3%83O-DA-LITERATURA-SOBRE-AS-PRINCIPAIS-METODOLOGIAS.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2023.

NATAL. Prefeitura municipal do Natal. **Parque da cidade: um convite a preservação ambiental**. 2008. Disponível em: https://www.natal.rn.gov.br/storage/app/media/sempla/Livro_Parque.pdf. Acesso em: 30 abr. 2023.

NATAL. Prefeitura do Natal. **Parque da Cidade Dom Nivaldo Monte recebe exposição de fotografias ao ar livre**. 2015. Disponível em: <https://www.natal.rn.gov.br/news/post/23147>. Acesso em: 09 mai. 2023.

NATAL. Prefeitura municipal do Natal. **Plano de manejo do parque natural municipal da cidade do Natal**. 2020. Disponível em: <https://www.natal.rn.gov.br/en/semurb/planodemanejo>. Acesso em: 01 mai. 2023.

NATAL. Prefeitura municipal do Natal. **CEPEMA**. c2022. Disponível em: <https://parquedacidade.natal.rn.gov.br/internas/cepema>. Acesso em: 22 jul. 2023.

NATAL. Prefeitura do Natal. **Parque da Cidade lança domingo (12) o projeto yoga no parque**. 2022a. Disponível em: <https://www.natal.rn.gov.br/news/post2/36978>. Acesso em: 09 mai. 2023.

NATAL. Prefeitura do Natal. **1ª Mostra de Sustentabilidade do Parque da Cidade acontece nos dias 29 e 30 de novembro**. 2022b. Disponível em: <https://www.natal.rn.gov.br/news/post2/22616>. Acesso em: 09 mai. 2023.

NATAL. Prefeitura do Natal. **“Planta Natal” fará plantio de 100 árvores na cidade e reflorestamento às margens do rio Pitimbu**. 2023. Disponível em: <https://natal.rn.gov.br/news/post2/38984>. Acesso em 27 jun. 2023.

OKI, T.; S. KANAE. Global hydrological cycles and world water resources, **Science**, 313(5790), 1068–1072, (2006). <http://doi.org/10.1126/science.1128845>

OLIVEIRA, B. R.; CARVALHO-RIBEIRO, S. M.; MAIA-BARBOSA, P. M. Rio Doce State Park buffer zone: forest fragmentation and land use dynamics. **Environment, Development and Sustainability**, v. 192, n. 39, p. 1–12, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00969-7>.

PEREIRA, D. C. *et al.* Desafios de Educação Ambiental na perspectiva de técnicos do Parque da Cidade Dom Nivaldo do Monte em Natal (RN). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 15, n. 5, p. 196–212, 2020. <https://doi.org/10.34024/revbea.2020.v15.9963>.

PIVOTO, A. S. *et al.* Serviços Ecosistêmicos Culturais em Áreas Protegidas: uma revisão da literatura. **CULTUR-Revista de Cultura e Turismo**, v. 16, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.36113/cultur.v16i1.3270>.

PRAMANIK, S., SHARMA, C. Role of Public Parks and Spaces in Creating Age-Friendly Cities. In: Boloria, N., Sebag, G., Robertson, H. (eds) **The Empathic City. S.M.A.R.T. Environments**. Springer, Cham. 2023. DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-031-32840-4_3.

PRAMIT V. A.S. Raghubanshi, Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities, **Ecological Indicators**, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.007>.

PUPPHACHAI, U.; ZUIDEMA, C.; Sustainability indicators: A tool to generate learning and adaptation in sustainable urban development, **Ecological Indicators**, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.016>.

QUEVEDO, J.M.D. *et al.* Applying the DPSIR framework to qualitatively assess the globally important mangrove ecosystems of Indonesia: A review towards evidence-based policymaking approaches, **Marine Policy**, Volume 147, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105354>.

- RAMALHO, A. M. Z.; PIMENTA, H. C. D. Valoração econômica do dano ambiental ocasionado pela extração ilegal da orquídea *Cattleya granulosa* no Parque Natural Dom Nivaldo Monte, Natal/RN. **Holos**, [S. l.], v. 1, p. 62–82, 2010. <http://doi.org/10.15628/holos.2010.333>.
- RASOOLIMANESH, S.M. *et al.* Systematic scoping review of sustainable tourism indicators in relation to the sustainable development goals, **Journal of Sustainable Tourism**. 1497-1517 (2023). <http://doi.org/10.1080/09669582.2020.1775621>.
- RAWGRAPHS. RawGraphs. Versão 2.0. [s.l.]: DensityDesign Research Lab; Calibro; INMAGIK, 2020. Disponível em: <https://app.rawgraphs.io/>. Acesso em: 23 jul. 2023
- REBOUÇAS, M. A.; GRILO, J. A.; ARAÚJO, C. L. Percepção ambiental dos visitantes do Parque Municipal dom Nivaldo Monte em Natal/RN. **Holos**, [S. l.], v. 3, p. 109–120, 2015. <http://doi.org/10.15628/holos.2015.2240>.
- REHMAN, A., MA, H., OZTURK, I. *et al.* Sustainable development and pollution: the effects of CO2 emission on population growth, food production, economic development, and energy consumption in Pakistan. **Environmental Science and Pollution Research**, 29, 17319–17330 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16998-2>.
- REID, J.; ROUT, M. Developing sustainability indicators -The need for radical transparency. **Ecological Indicators**. (2020). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105941>.
- ROCHA, W. D. O. *et al.* Estimativa de biomassa vegetal e sequestro de carbono no Parque Natural Municipal Flor do Ipê, Várzea Grande, MT. **Multitemas**, [S. l.], v. 22, n. 51, 2017. <https://doi.org/10.20435/multi.v22i51.1284>.
- SANTOS, N. M. **Serviços ecossistêmicos em manguezal: identificação e mapeamento dos serviços de provisão no manguezal do rio Tijupá, Ilha do Maranhão - MA, Brasil**. 2018. 124f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/25407>. Acesso em: 16 abr. 2024.
- WANG J.; HAN, Q; WU, K.; XU, Z.; LIU, P. Spatial-temporal patterns and evolution characteristics of the coordinated development of industrial economy, natural resources and environment in China, **Resources Policy**, V. 75, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102463>.
- YUSSIF, K.; DOMPREH, EB; GASPARATOS, A. Sustentabilidade da expansão urbana em África: uma revisão sistemática da literatura utilizando o quadro Drivers-Pressures-State-Impact-Responses (DPSIR). **Sustainability Science** 18, 1459–1479 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01260-6>.
- ZAHOOR, Z., LATIF, M.I., KHAN, I. *et al.* Abundance of natural resources and environmental sustainability: the roles of manufacturing value-added, urbanization, and permanent cropland. **Environmental Science and Pollution Research**. 29, 82365–82378 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21545-8>.

Recebido em: 26/07/2024

Aceito para publicação em: 27/09/2024